



VIII^{ème} Colloque des Sciences, Cultures et Technologies



VALORISATION DES SAVOIRS ENDOGÈNES,
GAGE D'UN DÉVELOPPEMENT DURABLE

Actes du Colloque

**ATELIER : SCIENCES NATURELLES
ET AGRONOMIQUES**



ACTES DU COLLOQUE



Actes



MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN



VIII^{ème} colloque des Sciences, Cultures et Technologies



Valorisation des savoirs endogènes
gage d'un développement durable



ACTES DU COLLOQUE

Atelier | Sciences Naturelles et Agronomiques

Campus universitaire d'Abomey-Calavi, Benin,
25 au 29 Septembre 2023

VIII^{ème} colloque des Sciences, Cultures et Technologies :
Valorisation des savoirs endogènes, gage d'un développement durable

ACTES DU COLLOQUE

Atelier | **Sciences Naturelles**
et
Agronomiques

Campus universitaire d'Abomey-Calavi, Benin, 25 au 29 Septembre 2023

Le Recteur de l'Université d'Abomey-Calavi, Président du Conseil Scientifique exprime toute sa reconnaissance,

A tous les Enseignants-Chercheurs et Chercheurs de l'UAC, des universités publiques et privées nationales et internationales, qui ont activement participé aux travaux d'évaluation des résumés, des communications en atelier, des posters, et des manuscrits du VIII^{ème} colloque de l'UAC des Sciences, Cultures et Technologies

A tous les partenaires et sponsors pour leur soutien à maints égards à l'organisation du VIII^{ème} colloque de l'UAC des Sciences, Cultures et Technologies.

Professeur Félicien Aouessi

EDITEUR :

Conseil Scientifique de l'Université d'Abomey-Calavi

Téléphone : (+229) 21 36 00 74 ; Fax : (+229) 21 36 00 28 ; Email : conseil.scientifique@uac.bj

COMITÉ EDITORIAL

Directeur de publication : Professeur Aliou SAIDOU
Secrétariat scientifique : Professeure Nadia FANOU FOGNY
 Professeur Adéola Zouri-Kifouli ADEOTI
 Professeur Sylvain KPENAVOUN CHOGO
 Dr (MA) Hospice G. DASSOU
 Monsieur Charles Yves TOSSOU
 Monsieur Denis HOUNGNIMON

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Président : Professeur Lamine Saïd BABA-MOUSSA
Rapporteur : Professeur Sylvain KPENAVOUN CHOGO
Responsable section SNA : Dr (MC) Yann E.Y. MADODE

| | | | |
|------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| Membres : | ADANDEDJAN | Delphine | Professeur titulaire |
| | CHABI | Nicodème | Professeur titulaire |
| | KINDOMIHOU | Valentin | Professeur titulaire |
| | SOHOU | Zacharie | Professeur titulaire |
| | SOSSOUKPE | Edmond | Professeur titulaire |
| | TOSSOU | Monique | Professeur titulaire |
| | ADOLIGBE | Camus | Professeur titulaire |
| | ADISSIN | Luc | Maître de conférences |
| | AGBIDINOUKOUN | Arnaud | Maître de conférences |
| | AHOUNOU | Serge | Maître de conférences |
| | AKELE | David | Maître de conférences |
| | CACAI GLELE | Gilles | Maître de conférences |
| | HONFO | G. Fernande | Maître de conférences |
| | KINDOSSI | Janvier | Maître de conférences |
| | KOUELO ALLADASSI | Félix | Maître de conférences |
| | KPOGUE | Diane | Maître de conférences |
| | MADODE | Yann | Maître de conférences |
| | MAGNON | Yves | Maître de conférences |
| | NOUMAVO | Pacome | Maître de conférences |
| | SALIFOU | Chakirath | Maître de conférences |
| | TCKEKESSI | Célestin | Maître de conférences |
| | VODOUNON | Cyrille | Maître de conférences |
| | ADEHAN | Safiou Bienvenu | Maître de recherche |
| | ARINLOYE | Djalalou Dine | Maître assistant |
| | ADOKO | Marcel | Assistant |

| | | |
|-----------|------------------|------------|
| AMOGOU | Olaréwadjou | Assistant |
| BIO BOUKO | Boni Orou Marius | Assistant |
| IKO AFE | Herbert | Assistant |
| KELOMEY | E. Aude | Assistante |
| LOKONON | Jaures | Assistant |
| ZOSSOU | Norliette | Assistante |

SOMMAIRE

| | | |
|--|---------------------------------|-----|
| Analyse floristique et valorisation des plantes ornementales cultivées dans les villes du grand nokoué (sud-bénin) | Gesso François | 11 |
| Effet de la substitution graduelle de la farine de graine du cultivar RDC de <i>Cajanus cajan</i> sur la croissance des poulets de chair de souche <i>Coob 500</i> | Missoko Mabeki R. | 25 |
| Exploitation des huîtres de la mangrove dans l'aire marine protégée de la somone au sénégal | Sarr S. M. | 37 |
| Formes d'utilisation paysannes et principales menaces sur les formations herbeuses en zones humides de la cuvette congolaise, République du Congo | Bokatola-Moyikola C. | 50 |
| Valorisation des feuilles de manioc (<i>Manihot esculenta</i>) en alimentation mélangée et en libre choix chez le poulet de chair au Congo. | Adzona P. P., Banga-Mboko H. | 64 |
| Effets de la fréquence de nourrissage sur les performances de production des alevins du tilapia du nil (<i>Oreochromis niloticus</i>) en cages flottantes au Togo | Seme K. | 76 |
| Quality perception of chicken produced in benin | Hounhouigan M. H. | 85 |
| Données préliminaires sur la diversité et l'abondance du zooplancton dans le bassin du port autonome de cotonou au bénin | Akodogbo H.H. | 96 |
| Variabilités pluviométriques, activités agricoles et savoirs endogènes en basse-Casamance, Sud Sénégal | Gaye D. | 108 |
| Evaluation des potentialités fourragères du Sud-Bénin | Kpokame M. S. S. | 121 |
| Evaluation de l'efficacité d'un complément alimentaire local à base de l'anacarde pour lutter contre la malnutrition des enfants au mali | Cisse Diallo F. | 136 |
| Influence de différentes zones agroécologiques sur le rendement du système de riziculture intensive à Faranah/Guinée | Baldé M. M. | 149 |
| Diversité des morphotypes de l'hibiscus sabdariffa. L produits au bénin | Houenou A. C. E. | 159 |
| Profitability of fertilizer use in pineapple production in Benin | Padonou E. | 172 |
| Connaissances ethnobotaniques et importances socioéconomiques de l'exploitation du palmier à huile dans le 6 ^{ème} pôle de développement agricole au Sud-Est du Bénin | Zannou D. | 185 |
| Profil nutritionnel des écoliers de quelques écoles primaires publiques dans la commune d'Abomey-Calavi | Akpoli M. L. | 197 |
| Assessment of endogenous soil fertility to update fertilization of maize (zea mays l) crops in the savannah region of Togo | LARE M. | 207 |
| Connaissances locales sur les termitières et leurs domaines d'utilisation au nord bénin | Adatin A. N. G. | 218 |

| | | |
|---|---------------------|-----|
| Effet abortif de l'extrait aqueux des écorces des racines de <i>Rauvolfia Obscura</i> K. Schum (apocynaceae) chez le rat femelle wistar | Ondélé R. | 230 |
| Phytochimie, activités antioxydantes, cytotoxicité et activité anti-inflammatoire des écorces de la tige de <i>Ceiba Pentandra</i> (L). <i>Gaertn</i> (malvaceae) sur les marqueurs cytokiniques de l'inflammation. | Epa C. | 241 |
| Identification des reseaux de fractures et du systeme aquifere capte dans la commune de tanguieta | Daouda Soumeyatou | 256 |
| Diagnostic de l'interprofession karité bénin et etat de conservation actuelle des parcs à vitellaria paradoxa des zones agroécologiques vivrière du sud borgou et cotonnière du centre bénin | SOHOU S. B. A | 268 |
| Analyse de la dynamique récente et future des unités d'occupation du sol dans le bassin versant de la rivière sô (sud-est du bénin) à l'horizon 2100 | Koudérin L. | 278 |
| Valorisation des macroinvertébrés benthiques produits à partir des déjections de porc dans l'alimentation des alevins de <i>clarias gariepinus</i> | Akodogbo H. H. | 290 |
| Utilisation de <i>Nauclea Latifolia</i> et de <i>Morinda Lucida</i> dans le contrôle de la coccidiose du poulet (<i>gallus gallus</i>) au bénin. | Godonou D. R. A. | 303 |
| Effet de la céréale utilisée en alimentation des pintadeaux sur leurs performances zootechniques au niger | Brah N. | 315 |
| Etude comparative des techniques de conservation du poisson dans le débarcadère de Mballing au Sénégal | Sarr S. M. | 324 |
| Dynamique et facteurs influençant la consommation alimentaire des femmes dans neuf (09) aires culturelles au bénin | Noua C. G. | 336 |
| Efficacité technique des producteurs de coton utilisant la culture attelée au bénin | Kpenavoun Chogou S. | 348 |
| In vivo tests of calotropis procera powder on coccidiosis in poultry: the case of goliath chickens | Anagonou S. I. N. | 360 |
| Effets de deux huiles essentielles de plantes aromatiques pour le contrôle de <i>magnaporthe oryzae</i> b.c. Couch et sur les paramètres de rendement du riz au burkina faso | Ouattara S. | 369 |
| Evaluation in vitro de l'efficacité de trois huiles essentielles de plantes aromatiques pour le contrôle de <i>magnaporthe oryzae</i> b.c. Couch, pathogène de la pyriculariose du riz | Ouattara S. | 381 |
| Comparative perception of wrapped lio in a dozen of plant leaves by consumers and female processors in abomey and bohicon | Todohoué C. M. | 395 |
| Prévalence de la démodécie canine en milieu urbain, cas des départements de l'atlantique et du littoral du bénin | Adenile D.A. | 406 |
| Perception des producteurs de la variabilité climatique et de ses effets sur la production du maïs et du soja au centre et au sud du bénin | Atcho J. H. | 413 |
| Impact du conseil agricole sur la productivité et le revenu agricole issus de la production de banane plantain au sud-bénin. | Kpenavoun Chogou S. | 425 |

| | | |
|--|----------------|-----|
| Analyse pollinique des miels du rucher de l'éco-centre de komiguéa :référentiel melissopalynologique pour le contrôle de la qualité du miel | Kenali I. H. | 439 |
| Toxicité aiguë et sub-aiguë des extraits de la recette des feuilles de erio-sema erici rosenii et de neoboutonia melleri | Elion I. R .D. | 452 |
| Impact d'une intervention communautaire utilisant la poudre de feuille de moringa sur la réduction de l'anémie modérée chez les femmes en âge de procréer âge au Bénin | Lalèyè F.T.F. | 465 |
| Potentialités, contexte et historique des aménagements hydro-agricoles au Bénin | Hounsou M. | 480 |
| Possibilités de l'approche des aménagements de bas-fonds au Bénin par le diagnostic rapide de pré-aménagement (diarpa) | Hounsou M. | 491 |
| Variabilité climatique et adaptation basée sur les écosystèmes : cas de la commune de boukoumbé en République du Bénin | Teka O. | 504 |

Analyse floristique et valorisation des plantes ornementales cultivées dans les villes du grand Nokoué (Sud-Bénin.)

Gbodja Houéhanou François GBESSO, *Unité de Recherche Horticole et d'Aménagement des Espaces Verts, Laboratoire des Sciences Végétales, Horticoles et Forestières, École d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts, Université Nationale d'Agriculture, BP 43, KÉTOU, BÉNIN. Email : fr.gbesso@gmail.com*

Résumé

Le secteur de l'horticulture ornementale est en plein essor dans les villes du Bénin et retient de plus en plus l'attention des citoyens. Mais les cultures issues des exploitations restent méconnues du grand public. Cette étude se propose de contribuer à la connaissance et à la valorisation des plantes ornementales cultivées dans les villes du grand Nokoué. 100 stations de production de plantes ornementales ont été investiguées. Dans chaque station, les espèces ornementales cultivées ont été recensées. Pour chaque espèce de plante ornementale, la répartition par famille, type biologique, répartition géographique, et aspects ornementaux a été faite. Des enquêtes ethnobotaniques ont été réalisées auprès des 100 producteurs des différents sites. Au total, 130 espèces ont été recensées appartenant à 73 familles et 95 genres dont les espèces les plus importantes sont les Apocynaceae (7,75%), les Cactaceae (6,97%), les Euphorbiaceae (4,65%), les Rubiaceae (3,87%), Verbenaceae (3,87%) et les Asparagaceae (3,1%). Les Gymnospermes sont représentées par 5 familles soit 6,80 % de la flore. Chez les Angiospermes, la classe des Dicotylédones domine avec 52,10% des familles, 5,30% des genres et 4,80% des espèces. La flore est dominée par les espèces pantropicales et américaines avec respectivement 47,29 % et 37,41 %, soit environ 84,70% des plantes recensées. Les espèces africaines, sont les moins représentées. Huit domaines de valorisation des espèces ont été cités dont le plus important est celui médicinal (52,79%) suivi de l'usage ornemental ou décoration (21,74%). Les usages spirituels et comme bois de construction sont respectivement de 6,01% et 5,72%. L'usage comme dépolluant, médicament, esthétique et aliment sont les plus faibles avec respectivement 3,41% ; 3,45% ; 3,48% et 2,34%. Cette étude constitue une base scientifique solide pour les recherches futures dans le domaine de la floriculture.

Mots clés : Floriculture ; plante d'ornement ; valorisation ; taxon ; conservation, Bénin.

Floristic analysis and valorization of ornamental plants cultivated in the cities of great Nokoué (Southern Benin)

Abstract

The ornamental horticulture sector is thriving in Benin's cities and is increasingly catching the attention of urban residents. However, crops from these plantations remain largely unknown to the public. This study aims to contribute to the knowledge and promotion of ornamental plants cultivated in the cities of the Grand Nokoué. 100 ornamental plant production sites were investigated. In each site, cultivated ornamental species were recorded. For each ornamental plant species, the distribution by family, biological type, geographical distribution, and ornamental aspects were documented. Ethnobotanical surveys were conducted among 100 producers from different sites. In total, 130 species belonging to 73 families and 95 genera were recorded, with the most important species being Apocynaceae (7.75%), Cactaceae (6.97%), Euphorbiaceae (4.65%), Rubiaceae (3.87%), Verbenaceae (3.87%), and Asparagaceae (3.1%). Gymnosperms were represented by 5 families, accounting for 6.80% of the flora. Among Angiosperms, the class of Dicotyledons dominated with 52.10% of families, 5.30% of genera, and 4.80% of species. The flora was dominated by pantropical and American species, comprising approximately 84.70% of the recorded plants, with African species being the least represented. Eight domains of species valorization were identified, with the most significant being medicinal (52.79%), followed by ornamental or decorative use (21.74%). Spiritual and construction wood uses accounted for 6.01% and 5.72%, respectively. Uses such as decontaminant, medicine, aesthetics, and food were the least represented, accounting for 3.41%, 3.45%, 3.48%, and 2.34%, respectively. This study establishes a solid scientific foundation for future research in floriculture.

Keywords : Floriculture; ornamental plant; valorization; taxon; conservation; Benin.

1. Introduction

Au carrefour de la géographie sociale et de l'aménagement de l'espace, l'agriculture urbaine est aussi un sujet d'intérêt dans une approche intégrative de perspectives urbaines et rurales. C'est un phénomène complexe qui amène à passer des frontières. Dans les pays en voie de développement comme dans les pays industrialisés, l'intégration de l'agriculture dans l'aménagement des territoires urbains suscite un intérêt croissant des chercheurs et des aménageurs (Van Veenhuizen, 2006 ; Bonnefoy, 2011 ; Soulard et al., 2011). La végétation procure d'énormes avantages à la ville comme la réduction des soucis écologiques tels que la pollution aérienne et aquatique ; la création d'ombrage qui apaise les îlots de chaleur (Akbari, 2002 ; Nowak et al., 2006 ; Matsuoka et al., 2008). L'horticulture ornementale est un secteur qui présente d'importantes particularités par rapport à l'agriculture en générale. La floriculture, une branche de l'horticulture, et une ramification de l'agriculture urbaine s'occupe de la culture des plantes d'ornements (Radji et Kokou, 2013). Elle regroupe plusieurs types de produits : fleurs et feuillages coupés, plantes en pots, et pépinières. Ces productions ont généré différentes industries notamment la distillerie pour la production d'huile essentielle, la production de substances pour l'industrie pharmaceutiques, les compléments alimentaires et les herbes aromatiques (Widehem et Cadic, 2005 ; Viguier, 2006). Elle donne une garantie d'avoir une ville propre et saine, contribue à la sécurité alimentaire, à la création d'emplois et à la gestion économique des pays (Fall et Fall, 2001 ; Radji et al., 2010). L'être humain entretient des rapports séculaires avec les plantes pour ses différents besoins (Ezebilo et Mattsson, 2010). Les plantes ornementales sont importantes dans la vie de l'homme du point de vue économique dans les grandes villes modernes à cause de l'urbanisation rapide qui a engendré des habitations collectives et des grandes constructions (Kavira Kahola *et al.*, 2012). De plus, la fleur harmonise les émotions et l'environnement en fusionnant les émotions ressenties avec le plaisir du moment présent (Aké Assi, 2010 ; Radji et al., 2010). Le secteur des plantes ornementales représente 6% de la production agricole de l'Union européenne. La production communautaire des fleurs et de plantes est faite sur 160.000 hectares et sa valeur est de l'ordre de 16 milliards d'euros par an (Viguier, 2006). C'est un secteur en expansion tant en volume qu'en valeur. En Afrique tropicale, seuls 10% des surfaces classées comme arables sont cultivées par des petits et moyens agriculteurs sans encadrement ni innovation (Wagner, 2005 ; Wasilwa, 2008 ; Radji et al., 2010). Tout ceci peut être rapporté par rapport aux villes du Bénin (INSAE et FNUAP, 2003 ; Chaperon, 2018). Elle est un vaste milieu facilitateur de plusieurs activités, dont l'agriculture urbaine. Cette activité est jusqu'à nos jours considérée dans notre pays comme une activité minoritaire. Mais il faut constater que la filière de l'horticulture ornementale n'est pas considérée par la population (Hounongbe, 2018). Néanmoins certains horticulteurs dans les zones urbaines et périurbaines s'activent pour répondre à la demande des ménages et à certaines structures publiques et privées. Les plantes d'ornement au Bénin n'ont pas suscité un intérêt particulier de la part des scientifiques, bien que

la flore ornementale soit considérée comme l'un des principaux vecteurs d'introduction de plantes invasives à travers le monde (Reichard et al., 2001 ; Bell et al., 2003 ; Burt et al., 2007). L'expansion de l'horticulture urbaine au Bénin accroît le nombre de taxons et mobilise une importante biodiversité constituée aussi bien de la flore autochtone que d'espèces introduites depuis très longtemps ou récemment. Le plus souvent, la composition floristique des pépinières de plantes ornementales et les profits que les producteurs peuvent en tirer, sont méconnus tout comme les risques d'envahissement de plantes exotiques (Maki et Galatowitsch, 2004). Il est donc important de nos jours de contribuer à la connaissance de ces plantes afin de tirer un plus grand profit du secteur de la floriculture. C'est dans ce cadre que la présente étude se propose d'élaborer un état des lieux qui devra servir à la valorisation des plantes ornementales cultivées dans le grand Nokoué du Bénin. Il s'est agit de caractériser des exploitations et des taxons des plantes ornementales cultivées dans le grand Nokoué (Sud-Bénin). Les enjeux d'un tel diagnostic sont d'une part, une meilleure valorisation et d'autre part, mettre fin à la spéculation et élargir aussi les limites sur la connaissance et l'utilité des plantes ornementales. L'objectif principal de cette recherche est de contribuer à la connaissance et à la valorisation des plantes ornementales cultivées dans les villes du grand Nokoué au Sud-Bénin.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude et stations prospectées

L'étude s'est déroulée dans les localités urbaines du grand Nokoué (Porto-Novo, Sèmè-Podji, Cotonou, Abomey-Calavi et Ouidah). Elles couvrent une superficie de 380 km² et sont situées entre 6°18' et 6°30' de Latitude Nord et entre 2°02' et 2°40' de Longitude Est (figure 1). Le grand Nokoué est caractérisé par un climat subéquatorial humide, avec deux saisons sèches (mi-novembre à mi-mars et mi-juillet à août) et deux saisons pluvieuses (mi-mars à mi-juillet et septembre à mi-novembre) (Adam et Boko, 1994 ; Amontcha *et al.*, 2017). Les fortes précipitations permettent au sol de retenir une importante quantité d'eau pour répondre aux besoins en eau des plantes. Enfin, Le territoire du grand Nokoué est occupé en grande partie de sols hydromorphes, ferrallitiques et ferrugineux tropicaux (Blalogoé, 2014 ; Amontcha *et al.*, 2017). Les sols hydromorphes sont dotés d'une grande capacité de rétention en eau et d'une grande richesse en matières organiques (tourbes). L'effectif de la population est passé de 604.106 habitants en 1979 à 1.388.190 habitants en 2002 pour atteindre 1.984.206 habitants en 2013 (INSAE, 2013 ; Amontcha *et al.*, 2017). En 2025, la région comptera 3.141.482 habitants, soit 25 % de la population béninoise (INSAE, 2013 ; Amontcha *et al.*, 2017).

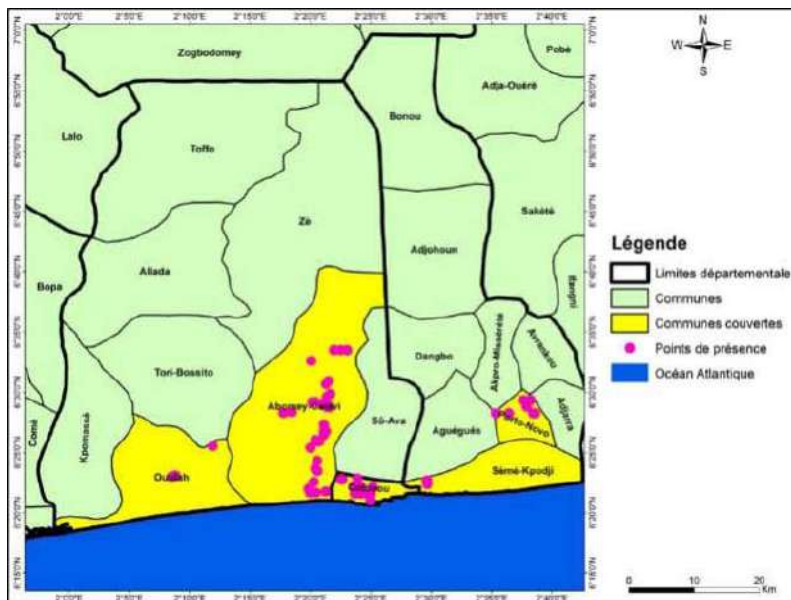


Figure 1: Carte de distribution des stations ou exploitations de plantes d'ornement prospectées

Echantillonnage

Pour ce qui concerne les enquêtes, un échantillonnage stratifié a été effectué permettant ainsi le découpage de la zone d'étude en cinq strates : la ville de Cotonou, la ville de Porto-Novo, la ville de Sèmè-Podji, la ville de Ouidah et la ville d'Abomey-Calavi. Ainsi, la taille de l'échantillon a été calculée avec un degré de confiance de 95 % et un niveau de précision de 10 %, la formule suivante a été utilisée (Dieng *et al.*, 2019) :

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

Où n est la taille de l'échantillon ; N est la taille de la population ; e le niveau de précision (Israël, 1992 ; Dieng *et al.*, 2019).

2.2. Inventaire et identification des taxons

L'inventaire a été effectué dans 100 stations en adoptant la méthode itinérante, c'est-à-dire faire le tour de la parcelle et recenser toutes les espèces qui y sont cultivées. Pour chacune de ces plantes, les caractères botaniques ont été décrits sur place et le nom vernaculaire a été rapporté (Dieng *et al.*, 2019). Une fois au laboratoire, les caractères botaniques de chaque plante ont été comparés à ceux décrits dans les flores de Hutchinson et Dalziel (1972) et de Berhaut (1971-1991) et les travaux de Dieng *et al.* (2019). La détermination des espèces a été réalisée à l'aide des flores de Hutchinson et Dalziel et de Berhaut (Dieng *et al.*, 2019). La classification utilisée est celle d'APG III (2009).

2.3. Analyse de la flore

Pour analyser la flore ornementale, il a été élaboré le spectre taxonomique, biologique et chorologique (Dieng *et al.*, 2019).

Le spectre taxonomique : Pour chaque espèce recensée et identifiée, son nom scientifique (nom de genre + épithète spécifique) et sa famille lui ont été attribués. Ainsi, le nombre total, d'espèces, de genres et de familles de la flore ornementale a pu être étudié.

Le spectre biologique : Pour réaliser le spectre biologique, les espèces ont été classées selon leur type biologique. Et pour ce faire, nous avons utilisé la classification de Raunkier adaptée à la zone tropicale où la saison défavorable correspond à la saison sèche (Lebrun, 2008). Cette classification distingue 8 formes biologiques qui sont : les phanérophytes (P), les nanophanérophytes (Np), les chaméphytes (C), les hémicryptophytes (H), les géophytes (G), les thérophytes (T), Hydrophytes (Hy), et les plantes parasites (Par).

Le spectre chorologique : Pour l'élaboration du spectre chorologique, les espèces ont été classées selon leur origine géographique. Pour ce faire, les informations proviennent essentiellement des flores de Hutchinson et Dalziel (1972) et de Berhaut (1971-1991) et Dieng *et al.*, (2019). On y distingue les Espèces Africaines (Af), les Espèces Afro-américaines (Am), les Espèces Afro-américaines et Asiatiques (Am As), les Espèces Afro-asiatiques (As), les Espèces Afro-américaines et australiennes (Amu), les Espèces Afro-malgaches (Ma), les Espèces Afro-malgaches et asiatiques (Mas), les Espèces Afro-malgaches-asiatiques et américaines (Masu), les Espèces africaines et polynésiennes (Af-Poly), les Espèces afro-asiatiques tropicales (AsT), les Espèces Africaines et méditerranéennes (Af-Me), les Espèces africaines tropicales (AfT), les Espèces afro-asiatiques et méditerranéennes (As Me), les Espèces afro-malgaches et polynésiennes (Ma-Poly), les Espèces afro-asiatiques subtropicales (As-SbT), et les Espèces Pantropicales (Pt).

Pour l'évaluation et l'interprétation des résultats, la proportion en pourcentage de chaque type biologique et affinité biogéographique ont été calculée (Dieng *et al.*, 2019).

2.4. Détermination des domaines de valorisation des plantes cultivées

Pour cette étude, un inventaire a été effectué dans 100 stations en adaptant la méthode itinérante. Pour chacune des espèces, les domaines de valorisation ont été recensés. Les organes utilisés pour chaque espèce ont été aussi identifiés. Une fois de retour du terrain, la proportion en pourcentage de chaque domaine et organes ont été calculée. Par ailleurs, les tests d'indépendance de Khi-deux entre les domaines d'usage et les organes utilisés et de corrélation entre les différents organes recensés ont été effectués.

3. Résultats

3.1. Structure globale de la flore

Au total, 130 plantes ornementales appartenant à 54 familles et 96 genres. Le nombre de genres regroupant au moins deux espèces est de 22 et contient à lui seul 86 espèces horticoles et environ 55,5 % des espèces horticoles ornementales enregistrées.

3.2. Spectre taxonomique

La figure 2 présente le spectre taxonomique de la flore des espèces ornementales recensées dans les exploitations horticoles, dans lesquelles les angiospermes constituent 91,8% des familles, les gymnospermes 6,8% avec cinq familles et les fougères avec une seule famille soit 1,3%. Chez les angiospermes, prédominance des dicotylédones qui la classe des dicotylédones représentent 61,24% contre 33,33% des monocotylédones, 53,6 % des genres et 61,24 % des espèces. Les groupes gymnospermes et ptéridophytes représentent respectivement 5,3% et 1,1% des genres répertoriés. En termes de diversité spécifique, les fougères représentent respectivement 4,65% et 0,7% des espèces.

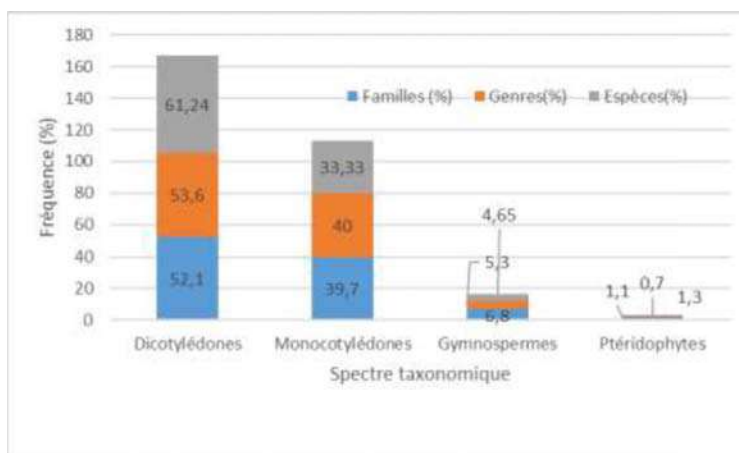


Figure 2: Spectre taxonomique

3.3. Répartition par famille

Huit familles d'espèces prédominent, représentant 45,58 % des espèces répertoriées, soit un total de 48 espèces. Ces familles sont les Euphorbiaceae (06 espèces), les Apocynaceae (10 espèces), les Cactaceae (9 espèces), les Moraceae (05 espèces), les Malvaceae (04 espèces), les Rubiaceae (05 espèces), les Araceae (04 espèces). Les Verbenaceae (05 espèces) et les Poaceae (4 espèces) (Tableau 4). Les cinq autres familles sont relativement bien représentées. Il s'agit des familles suivantes : Crassulaceae ; Cycadaceae ; Fabaceae ; Labiatae ; Nyctaginaceae, soit au total 18,49 % (Tableau 4). Les autres espèces (35,93 %) sont réparties en 38 familles (figure 3)

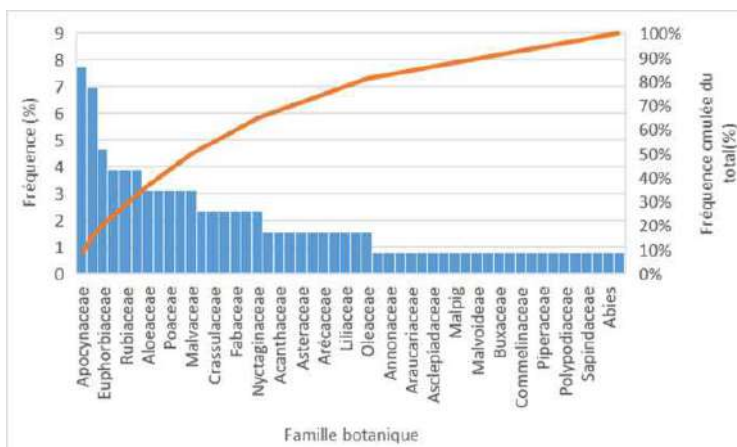


Figure 3: Répartition par famille botanique

3.4. Spectres biologique et chorologique

La plupart des espèces sont des phanérophytes (34,88%), qui sont de grandes plantes à feuillage décoratifs ; les nanophanérophytes et les chaméphytes représentent respectivement 30,23% et 19,37% des espèces. Les plantes terrestres, les Thérophytes et les algues ne représentent que 8,52 %, 6,20 % et 0,77 % des espèces répertoriées (tableau 3). Dans l'ensemble, les espèces vivaces représentent environ 99,33% de cette flore ornementale contre environ 0,77% d'espèces annuelles (thérophytes) (figure 4).

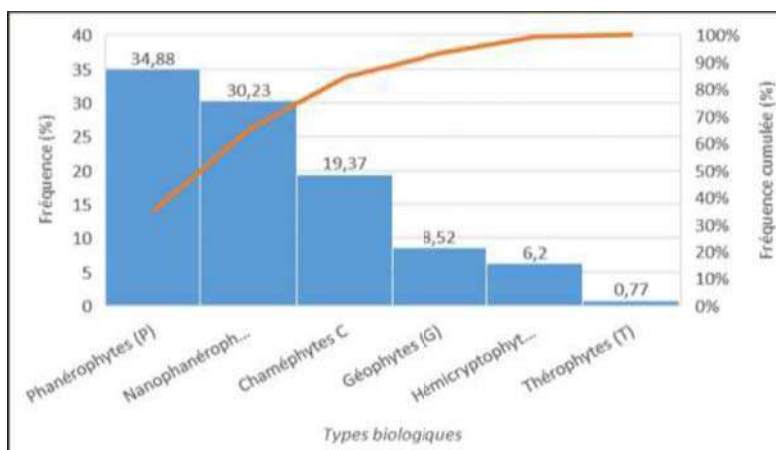


Figure 4: Types biologiques des plantes ornementales recensées

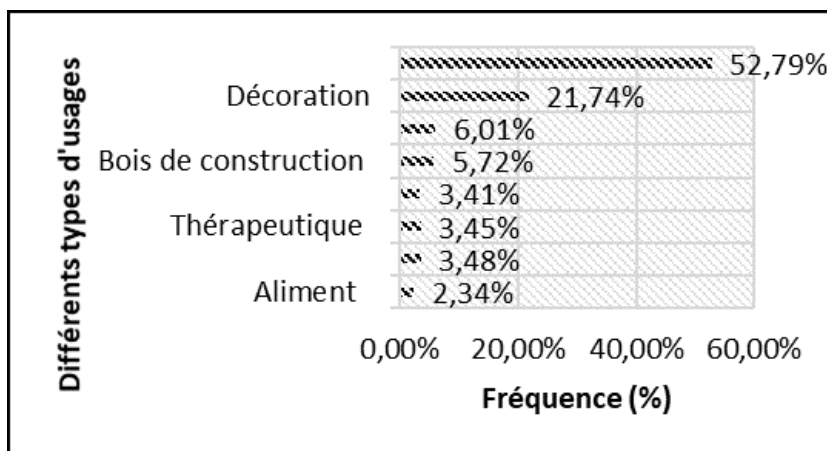
Par ailleurs, cette flore est dominée par les espèces pantropicales et américaines, représentant respectivement 56,58 % et 30,23 % et environ 13,17 % de toutes les plantes identifiées (tableau 8). Les espèces africaines sont sous-représentées, avec moins de 20 % des espèces dans chaque catégorie (Tableau 3).

Tableau 4 : Répartition des plantes selon leur affinité biogéographique

| Affinités biogéographiques | Fréquence (%) |
|-------------------------------|---------------|
| Espèces pantropicales (Pt) | 56,58 |
| Espèces afro-américaines (Am) | 30,23 |
| Espèces africaines (Af) | 13,17 |
| Total | 100 |

3.5. Domaines de valorisation des plantes ornementales cultivées

Dans le cadre de cette étude, huit domaines de valorisation des espèces ont été recensés auprès des acteurs. Ce sont au total huit (08) catégories d'usage des espèces qui ont été cités par les enquêtés. Les plantes ornementales sont plus utilisées dans les pratiques médicinales (52,79%) suivies de l'usage ornemental ou décoratif (21,74%), les fréquences d'usage spirituel et comme bois de construction sont respectivement de 6,01% et 5,72%. L'usage comme dépolluant, médicament, esthétique et aliment sont les plus faibles avec respectivement 3,41%, 3,45%, 3,48%, 2,34% (Figure 5).

**Figure 5** : Domaines de valorisation des espèces recensées

Test d'indépendance de Khi-deux

X-squared = 3162.6, df = 36, p-value < 2.2e-16, il y a une dépendance entre les domaines d'usage et les organes utilisés (P-V < 0,05)

La figure 5 indique clairement une forte attraction entre l'usage de la feuille dans les domaines médicinal, décoratif, spirituel, alimentaire et de dépollution. Ce qui implique que l'usage des feuilles des plantes est fortement lié à ces domaines précités. Les rameaux sont utilisés dans les domaines thérapeutiques et médicinaux, les fleurs, les tiges, et les touffes dans les domaines décoratifs. Il se remarque également une dépendance entre les tiges, les rameaux dans le domaine médicinal, et puis faiblement des feuilles

dans le domaine esthétique. Par ailleurs, l'usage de la fleur et les feuilles est indépendant (répulsion) respectivement aux domaines médicinal et décoratif. En revanche, la feuille, la fleur et la tige sont les organes les plus utilisés en usage médicinal.

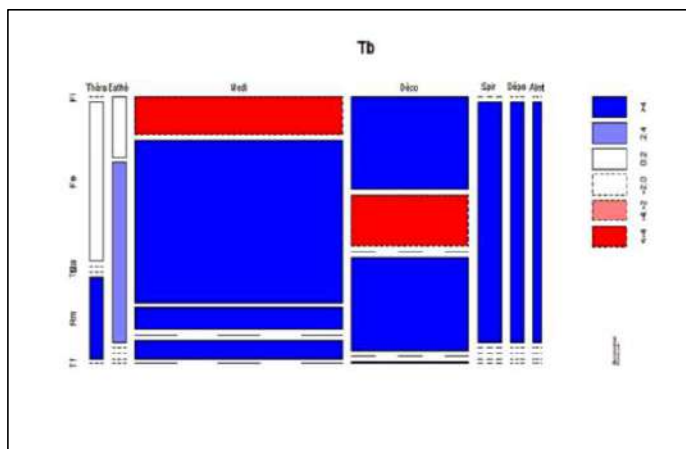


Figure 5 : Relation entre les domaines de valorisation et les organes utilisés

Fl=Fleur, Fe= Feuille, Tf=Touffe, Rm=Rameaux, Tg=Tige, Ra=Racines ; Théra= Thérapeutique, Esthé= Esthétique, Médi= Médicinale, Déco= Décoration, Spir= Spirituel, Dépo= Dépolluant, Almt= Aliment.

Cases bleu=Attraction, Cases rouge= répulsion, Case blanches = proches des effectifs attendus sous l'hypothèse d'indépendance.

Discussion

Caractérisation des taxons

La biodiversité des sites de production florale dans les communes du grand Nokoué situé au Sud du Bénin est très riche avec 130 différentes espèces ornementales. Au sein des 130 espèces recensées, 80 espèces ont été déjà recensées par Houndégnon (2014). Cette valeur dépasse celles rapportées dans les études de (Dieng, 2014) et (Gaye, 2018), qui ont identifié respectivement 102 et 38 espèces. Cette différence de richesse des communautés végétales peut s'expliquer par le fait que l'étude de (Dieng, 2014) n'a été réalisée que sur 25 sites, ou par l'introduction de nouvelles espèces au fil du temps. (Gaye, 2018), en revanche, ne traitait que des plantes d'intérieur médicinales et pouvait expliquer les différences de richesse spécifique. Les sites de production sont généralement localisés dans les zones résidentielles ou dans les quartiers réservés à la catégorie des hauts fonctionnaires ou des entrepreneurs souvent propriétaires de belles maisons. Les abords des voies principales sont également des zones de prédilection de ces cultures. Par ailleurs La contribution exclusive à la connaissance des plantes ornementales à l'issu de ce travail est de 45 espèces (33,12%). Cette augmentation serait due à la qualité du sol de la ville qui est très riche en matière organique, très propice à la culture des plantes et aussi à la

disponibilité des pépiniéristes sur le terrain pour l'entretien de ces plantes. La plupart de ces espèces sont des plantes d'eau. Cette absence serait due au fait que ces espèces ne se seraient pas vulgarisées. Evaluer par rapport à la flore ornementale du Togo qui, elle est riche de 612 espèces (Radji et al., 2010, Dieng et al., 2019), et la flore ornementale de Dakar riche de 225 espèces (Dieng, 2019), sur le plan quantitatif la flore ornementale du Bénin présente une diversité d'espèces dissemblables. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'au Togo, Radji et al. (2010) ont fait un inventaire complet dans toutes les pépinières des villes du Togo. Par rapport au nombre de genre, 246 ont été recensés par Radji et al. (2010), contre 159 par Radji et al. (2019) En outre, 54 familles ont été recensées dans cette présente étude contre respectivement 72,37 et 61 familles par Radji et al. (2010), Dieng (2014) et Radji et al. (2019). La différence entre le nombre de familles s'expliquerait par des considérations taxonomiques notamment l'utilisation de la classification APGIII qui range, les Caesalpiniaceae dans la famille des Fabaceae, et les Asclepiadaceae dans la famille des Apocynaceae. En effet, les Dicotylédones y représentent 63,11% contre 69,5% pour la flore vasculaire, alors que les Dicotylédones y sont représentées à 29,33% contre 28,8%. Les Plantes ornementales dans le sud-est du Bénin Le tableau 3 présente la répartition par famille des espèces de plantes ornementales répertoriées dans les villes du Grand Nokoué. Cette flore est dominée par huit familles comprenant 45,58% des espèces répertoriées, 48 espèces au total. Ces familles sont les Euphorbiaceae (06 espèces), les Apocynaceae (10 espèces), les Cactus (9 espèces), les Moraceae (05 espèces), les Malvaceae (04 espèces), les Rubiaceae (05 espèces), les Araceae (04 espèces). Verbenaceae (05 espèces) et Gramineae (4 espèces). Ces résultats sont similaires à l'étude de Dieng (2014), qui a montré que les cinq grandes familles de plantes ornementales de la ville de Dakar étaient incluses : Euphorbiaceae (13,73%), Palmaceae (11,76%), Araceae (8,82%), Apocynaceae (8,82 %) et Agaraceae (7,84 %) Cette flore est dominée par huit genres, représentant 23,22 % des espèces répertoriées et un total de 130 espèces. Ces genres sont *Jatropha* (4 espèces), *Croton* (4 espèces), *Euphorbia* (4 espèces), *Echinocereus* (5 espèces) et *Aloe* (4 espèces). Ces résultats ne confirment pas ceux rapportés par Radji et al. (2010) qui ont montré que les plantes d'intérieur du Togo sont dominées par cinq genres : *Begonia* (12 espèces), *Opuntia* (10), *Philodendron* (9 espèces chacun), *Ixora* et *Water Lily* (8 espèces). Cela n'a pas non plus été confirmé par Dieng (2019) qui a montré qu'il existe cinq genres : *Nephrolepis* (7 espèces), *Ficus* (6 espèces), *Kalanchoe* (5 espèces), *Euphorbia* (5 espèces) et *Polycias* (5 espèces). Géographiquement, les espèces pantropicales et afro-américaines représentent plus de la moitié de la population végétale. Les plantes ornementales sont dominées par les espèces pantropicales et américaines, qui représentent respectivement 56,58 % et 30,23 %. Cette proportion est comparable à 32,35% des plantes d'intérieur de la ville de Dakar (Dieng, 2014). La dominance de ces espèces pantropiques peut s'expliquer par leur localisation continentale et éventuellement par l'adaptation de ces espèces aux conditions bioclimatiques locales (Noba et al., 2004). Concernant les espèces strictement africaines, elles ne représentent que 13,17% des plantes

ornementales du Grand Nokoue. Cette faible proportion d'espèces africaines a également été notée au niveau des plantes ornementales du Togo et des plantes du Sénégal, les espèces africaines ne représentant que 18% des plantes ornementales du Togo (Radji et al., 2010) et celle du Sénégal des plantes ornementales de 8% (Dieng, 2019)

Valorisation des plantes ornementales

L'utilisation des plantes ornementales renseigne sur le niveau de vie et de cultures. Dans le cadre de cette étude, huit domaines de valorisation des espèces ont été recensés auprès des acteurs. Les plantes restent le principal réservoir de nouveaux médicaments. Environ 75 % des médicaments sont dérivés de plantes et de nouveaux médicaments sont développés chaque année (Fouchet et al., 2000). Les pays africains ont de longues traditions médicinales et un savoir-faire traditionnel basés sur les plantes médicinales (Scherrer et al., 2005). Environ 80 % de la population des pays en développement utilise la médecine traditionnelle pour les soins de santé primaires (Jiofack et al., 2009, 2010 ; CIB-UNESCO, 2010 ; Betti et Mebere, 2011 ; Dibong et al., 2011 ; Ngono et al., 2011), soit en raison du manque de tradition culturelle, ou d'autres alternatives, notamment la difficulté d'accès aux traitements conventionnels ou le coût élevé des médicaments conventionnels (Tabuti et al. 2003 ; Okafor et Ham, 1999 ; Cunningham, 1993). La majorité des espèces médicinales de cette étude sont utilisées à 52,79 % pour traiter les maladies contre 49% de la flore ornementale du Togo qui est à usage médicinale. Ceci est cohérent avec les travaux de (Mehdioui et Kahouadji, 2007) qui retrouvent chacun 65% des mêmes usages. Les populations pensent que le contact avec les arbres et autres végétaux est bénéfique pour le bien-être humain (Brethour et al., 2007 ; Watson, 2006 ; Waylen, 2006 ; Ulrich, 1989). Waliczek et al., (2005) soutiennent l'idée que le jardinage est un passe-temps qui peut augmenter la satisfaction de vivre et améliorer la santé globale (Brethour et al., 2007 ; Gardner, 2006). Dans cette étude et comparativement aux résultats de Biley (2001) et de Barloy (1984), la fréquence d'utilisation spirituelle des plantes ornementales était de 6,01% et 5,72%. La plus faible est l'utilisation en désintoxication thérapeutique, cosmétique et alimentaire avec des parts de 3,41% 3,45% 3,48% 2,34%. (Biley, 2001 ; Barloy, 1984) Il existe des plantes qui inspirent toutes sortes de croyances. Certains sont considérés comme utiles ou chanceux (dans le cas de *Crotons zambesicas* et de *Panchira aquatica*), tandis que d'autres sont considérés comme malveillants ou sorciers (cas des *Cactus*). La présence ou l'absence d'espèces dans un habitat peut avoir des effets positifs ou négatifs sur les activités des habitants. Ce fait est appelé superstition. En fait, les superstitions sont des croyances en des manifestations de pouvoirs mystiques associées à des actions, des objets ou des phénomènes (Anonyme, 1993). (Biley, 2001) décrit différents types d'arbres qui peuvent être plantés à proximité des hôpitaux. Dans les hôpitaux, les patients, les visiteurs et le personnel bénéficient non seulement de l'esthétique du bois, mais aussi de ses pouvoirs mystiques. Les plantes à fleurs sont considérées comme porte-bonheur et on enregistre une augmentation des ventes de ces espèces. (Aké et Assi, 2002).

Conclusion

Cette étude constitue une contribution significative à la connaissance et à la valorisation des plantes ornementales cultivées dans les villes du grand Nokoué, au Sud-Bénin. L'analyse floristique a révélé une diversité remarquable avec 130 espèces répertoriées appartenant à 73 familles et 95 genres. Les Apocynaceae, les Cactaceae, les Euphorbiaceae, les Rubiaceae, les Verbenaceae et les Asparagaceae se distinguent comme les familles les plus importantes. Elle a également mis en lumière la prédominance des angiospermes, en particulier des dicotylédones, ainsi que la prédominance des espèces pantropicales et américaines. Par ailleurs, les usages les plus courants des plantes ornementales sont à des fins médicinales et décoratives, bien que d'autres utilisations telles que les usages spirituels et comme bois de construction soient également notables. Les résultats soulignent l'importance de cette flore ornementale dans plusieurs aspects de la vie urbaine, allant de ses utilisations pratiques à sa contribution à la biodiversité locale. Pour des recherches futures, il serait bénéfique d'approfondir l'étude de la dynamique de cette flore dans les écosystèmes urbains, notamment en examinant son impact sur l'environnement et la biodiversité locale. De plus, une exploration plus détaillée des propriétés médicinales des plantes identifiées et leur potentiel pour le développement de nouveaux produits pharmaceutiques serait une direction prometteuse. En outre, il serait intéressant de conduire des études sur la durabilité de la culture de ces plantes ornementales, en tenant compte des pratiques agricoles durables et de leur intégration dans les politiques urbaines pour assurer une gestion efficace et respectueuse de l'environnement.

Références

- Adam, KS. ; Boko, M. (1994). Le Bénin. EDICEF, Paris 96 p.
- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from popow pants.
- Aké-Assi, E. (2002). Contribution à l'étude des plantes ornementales cultivées dans la région d'Abidjan et de San-Pédro, en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, volume 1- Texte et Iconographie. UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan.
- Aké Assi, E. ; N'Guessan K., Akédrin, TN. (2010). Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Côte d'Ivoire, Tome III 324-325.
- Akoègninou, A; Van Der Burg, WJ; Van Der Maesen, LJG. (2006). Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Leiden, Pays Bas 1034
- APG III. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161 105-121.
- Amontcha, AAM.; Djègo, JG; Loubégnon, TO; Sinsin, BA. (2017). Typologie et répartition des espaces verts publics dans le grand Nokoué (Sud Bénin). *European Scientific Journal*, 13(21) 79-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n.21p79>
- Bell, CE; Wilen, CA; Stanton; AE. (2003). Invasive plants of horticultural origin. *Hortscience* 38 14-16.

- Blalogoé, CP. (2014). Stratégies de lutte contre les inondations dans le grand Cotonou : diagnostic et alternative pour une gestion durable. Thèse de Doctorat Unique, Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi 242 p.
- Burt, JW; Muir, AA; Piovia-Scott, J; Veblen, KE; Chang, AL. (2007). Grossman, JD; Weiskel, HW. Preventing horticultural introductions of invasive plants: potential efficacy of voluntary initiatives. *Biological Invasions* 909-923.
- Dieng, B; Mbaye, MS; Mballo, R; Diouf, M; Diouf, J; Diouf, N; Gueye, FK; Ka, SL; Sydibe, M; Camara, AA; Noba, K. (2019). Caractérisation de la flore ornementale de la région de Dakar (Sénégal), *Journal of Applied Biosciences* 138, 14029-14041. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v138i1.3>
- Dieng, B; Mbaye, MS; Diouf, M; Diouf, J; Diouf, N; Noba, K. (2020). Plantes ornementales potentiellement invasives des pépinières et jardin botanique de Dakar (Sénégal), *International Journal of Current Research* 12(7), 12517-12521. DOI: <https://doi.org/10.24941/ijcr.39240.07.2020>
- Dieng, B. (2014). Plantes ornementales de la ville de Dakar : caractérisation de la flore, clé de détermination des taxons et photothèque. Mémoire de master 162 p.
- Ezebilo, EE; Mattsson, L. (2010). Socio-Economic Benefits of Protected Areas as Perceived by Local People around Cross River National Park, Nigeria. *Forest Policy and Economics* 12, 189-193. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.019>
- Fall, ST. Fall, AS. (2001). Cités horticoles en Sursis. L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes du Sénégal. CRDI, Ottawa (Ontario), Canada. 150 p.
- Gaye, A. (2018). Plantes ornementales médicinales de la région de Dakar (Sénégal) : caractérisation des taxons et valeurs thérapeutiques. Mémoire de master 53 p.
- Hounongbe, C. (2018). Aménagement des espaces verts au Bénin, plaidoyer pour l'implication des horticulteurs. *Environnement*, 3 p.
- Hutchinson, J., Dalziel, J. M. (1972). Flora of West Tropical Africa. Crown Agents of the Colonies, London 646 p.
- INSAE (2003). Recensement général de la population et de l'habitation en République du Bénin. Ministère de la Prospective, du Développement et de l'Évaluation de l'Action Publique du Bénin, Cotonou, 12 p.
- INSAE (2013). Résultats provisoires du RGPH 4. Cotonou, Bénin, MDAEP - Ministère du Développement, de l'Analyse Economique et de la Prospective 8 p.
- Kavira Kahola, P; Kambale katembo, J; Malombo tshimanga, B; Shalufa Assani, N. (2016). Etat de lieu des charbons de bois dans la ville de Kisangani, Centre d'Echange d'Informations de la RD Congo, Université de Kisangani, mémoire 23 p.
- Lebrun, J-P; Stork, AL. (2008). Tropical African flowering plants : ecology and distribution, Mimosaceae - Fabaceae (incl. Derris). *Conservatoire Botanique de Genève* 3 p.
- Maki, K; Galatowitsch, S. (2004). Movement of invasive aquatic plants into Minnesota (USA) through horticultural trade. *Biol Conserv* 118, 389-396.
- Noba, K; Ba A. T., Caussanel, J-P. Mbaye MS; Barralis, G. (2004). Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal). *Webbia*, 59 (2), 293-308.
- Nowak, D. J. Crane, DE; Stevens, JC. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban forestry and Urban greening*, 4, 115-123.
- Radji, R; Kokou, K; Akpagana, K. (2010). Étude diagnostique de la flore ornementale du Togo. *Int.J. Biol. Chem. Sci.* 4(2) 491-508.

- Radji, R ; Kokou, K. (2013). Classification et valeurs thérapeutiques des plantes ornementales du Togo, Vertigo -a la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], 13(3) | décembre 2013, mis en ligne le 30 décembre 2013, consulté le 24 octobre 2022. DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.14519>
- Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. Oxford Clarendon Press 632.
- Reichard, RJ; Riggio, RE; Smith, M. (2009). Development of a new self-report measure of transformational leadership. Paper presented at the Academy of Management (AOM), Chicago, IL, August 9–11.
- Soulard, C-T ; Margétic, C ; Valette E. (2011). Innovations et agricultures urbaines durables. *Norois* 221, 7-10.
- Van Veenhuizen, R. (2006). Cities Farming for the Future, La Haye, RUAF Foundation, IDRC and IIRR, 460.
- Viguié, M. (2006). Les perspectives économiques des secteurs de l'horticulture. Avis et rapports du Conseil Économique et Social. Paris 184.
- Wagner, B. (2005). Forging the missing link: New efforts to build sustainable local markets for thousands of small-scale farmers in Kenya. Rodale Institute. *The Newfarm* 6, 6-12.
- Wasilwa, LA. (2008). Horticulture et alimentation. CTA, Wageningen 3 p.
- Watson, G. (2006). Overview of the Canadian Horticulture Industry. Introduction to the Floriculture Crop Profile Series. Centre pour la lutte antiparasitaire d'AAC
- Widehem, C. et Cadic. A. (2005). La filière horticole ornementale française – structure, acteurs et marchés. Eds. INRA. 184 p.

Effet de la substitution graduelle de la farine de graine du cultivar *RDC* de *Cajanus Cajan* sur la croissance des poulets de chair de souche Coob 500

MISSOKO MABEKI Richard^{1*} ; MASSENGO BANTSIMBA Van Jupsie¹, Parisse AKOUANGO².

1. **Auteur Correspondant : MISSOKO MABEKI Richard ; Congo Brazzaville ;**
Email : richard_mabeki@yahoo.fr; Tél : (00242) 068559504 / 040122411
2. **MASSENGO BANTSIMBA Van Jupsie ; Congo Brazzaville ; vanmassengo24@gmail.com**
3. **Parisse AKOUANGO ; Congo Brazzaville ; parakouango@yahoo.fr**

RÉSUMÉ

Ce travail vise à évaluer les effets de l'incorporation des graines du cultivar *RDC* de *Cajanus cajan* dans les rations sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse des poulets de chair au Congo. Pour réaliser cette étude, 48 poussins de deux semaines d'âge ont été répartis selon un dispositif complètement randomisé en quatre lots de 12 sujets chacun correspondant à quatre types de rations expérimentales (T0%; T7%; T14% et T21%) contenant respectivement 0; 7; 14 et 21% de farine de graines de *Cajanus cajan* en substitution graduelle du tourteau de soja. Chaque lot a été subdivisé en deux sous-lots de six sujets. La consommation alimentaire a été mesurée journalièrement et les pesées des sujets de façon hebdomadaire. Les résultats obtenus montrent que l'incorporation de la farine de graines de *Cajanus cajan* a diminué la vitesse de croissance, la consommation et l'efficacité alimentaire des sujets proportionnellement au taux d'incorporation de cette farine. Cependant, elle n'a entraîné aucun effet néfaste significatif sur les caractéristiques de la carcasse et des organes des poulets de chair à sept semaines d'âge. De même, cette incorporation n'a induit aucune coloration jaune de la peau et de la graisse abdominale des carcasses des oiseaux comparés aux sujets témoins.

Ces résultats montrent que l'utilisation de la farine de graines du cultivar *RDC* de *Cajanus cajan* pourrait être incorporées dans l'alimentation du poulet de chair à des teneurs allant jusqu'à 14% pour réduire des coûts de productions au Congo.

INTRODUCTION

La problématique de la valorisation des élevages au Congo, représente un défi primordial dans le développement de notre pays, elle est un atout dans la diversification des activités économique d'un pays. Ainsi, pour pouvoir contribuer véritablement à la lutte contre la pauvreté et réduire des problèmes de déficit en protéine animale, il s'avère nécessaire et indispensable d'améliorer et de promouvoir la production des animaux à cycle court dont la volaille de type chair. Le gouvernement du Congo soutient le développement de l'élevage à travers plusieurs projets (PDAC, PRODIVAC, Plan National de Développement Agricole 2022-2026). Mais, malgré la volonté des pouvoirs publics, le développement de ce secteur est encore limité par diverses contraintes, parmi lesquelles figure en bonne place l'alimentation qui représente 75 à 80% du cout de production en aviculture au Congo (AKOUANGO, 2020).

L'alimentation des volailles plus précisément des poulets de chair dont l'importance n'est plus à démontrer, est un facteur limitant le développement de ce secteur au Congo en raison de la rareté et la cherté des matières premières conventionnelles disponibles (maïs, farine de poissons, concentré, son de

blé, tourteaux de soja). Le tourteau de soja demeure la source protéique la plus utilisée et disponible, importé pour la plupart ce qui conduit à une hausse du coût de l'aliment sur le marché. Cette situation a pour corolaire les importations massives des produits d'origine animale et trouver des solutions pour y remédier, demeure une priorité pour le Congo (AKOUANGO, 2020).

Plusieurs études menées par différents auteurs (Meriem, 2004 ; Ayssiwede *et al.* 2010; Ossebi, 2010 et Missoko, 2011), ont démontré que l'utilisation des ressources locales non conventionnelles améliore les paramètres zootechniques des volailles et parmi elle, figure en bonne place les graines de *Cajanus cajan* (Mula et Saxena, 2010). La valeur nutritive des graines de *Cajanus Cajan* est comparable à celle du haricot commun. En effet, elle est connue pour être une excellente source de protéines (Angandza, 2021). En République du Congo, il a été signalé par (Angandza, 2021) que le cultivar *RDC* et la variété *ICP 7035* de *Cajanus cajan* s'adaptent bien dans les conditions pédoclimatiques du Congo. Les feuilles et les graines peuvent être incorporées dans l'aliment des animaux d'élevage pour réduire les coûts de production. C'est dans cette optique que cette étude a été menée.

L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'effet de la substitution graduelle de la farine de graine du cultivar *RDC* de *Cajanus cajan* dans l'aliment sur les performances de croissance chez les poulets de chair de souche Coob 500.

MATERIEL ET METHODES

Site et période d'étude

L'expérimentation s'est déroulée à la ferme de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF) de Brazzaville, Université Marien NGOUABI ; la période allant de Septembre à Novembre 2021. C'est une ferme expérimentale qui est située dans l'enceinte de l'ENSAF, dans l'arrondissement 1 Makélékélé, quartier Moukoudzigouaka dans le département de Brazzaville. Le climat de la zone d'étude est de type tropical humide Bacongolais (Samba et Mounda., 2007), caractérisé par deux saisons : une saison de pluie (octobre en mai) et la saison sèche (juin en septembre).

Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué des graines du cultivar *RDC* de *Cajanus cajan* écrasé en farine en vue de son incorporation dans l'aliment.

Collecte et transformation des graines de *Cajanus cajan* (Cultivar RDC)

Les graines du *Cajanus cajan* cultivar *RDC* ont été collectées essentiellement dans le département de la Bouenza, précisément à Bellevue à proximité de la SONOCC dans la communauté urbaine de Loutété notamment dans les champs du Groupement pour l'Étude et la Conservation de la Biodiversité pour le Développement (GECOBIDE). Des gousses portant les graines ont été décortiquées et transportées à l'ENSAF où elles ont été étalées de façon homogène et peu épaisse pendant 1 à 2 jours sous un bâtiment semi ouvert et bien aménagé. Celles-ci ont été

alors transformées en farine à l'aide d'un broyeur à maille de 4 mm de diamètre. La farine de graine est conditionnée dans un sac d'environ 25 kg pour être gardée jusqu'à usage. Les autres matières premières ordinaires (maïs jaune, tourteau de soja, son de blé, calcaire, et autres) ont été achetées au niveau des marchés de la place

Matériel animal

Cheptel expérimental : acquisition et suivi des poussins

L'expérimentation a porté sur 48 poussins de souche Cobb 500. Ces poussins après achat ont été gardés pendant deux semaines au cours desquelles ils ont été nourris avec l'aliment commercial de type démarrage. Les poussins ont été vaccinés contre la maladie de Newcastle, la maladie de Gumboro, Bronchite infectieuse et traités contre les coccidioses aviaires, déparasités.

METHODES

Préparation du bâtiment, dispositif expérimental et contrôle des performances

Le bâtiment ayant servi à l'expérimentation été vidé, nettoyé avec de l'eau savonneuse et désinfecté à l'eau de javel deux semaines avant la mise en place des sujets soit juste après le démarrage des poussins.

Les matériels d'élevage (mangeoires, abreuvoirs...) ont été lavés et désinfectés. Le dispositif expérimental a été aménagé avec des cages grillagées qui ont permis de constituer les différents lots et sous-lots. A la veille de la mise en place des sujets, la surface de chaque cage a été couverte par une couche épaisse de la litière (copeaux de bois). Un thermo hygromètre a été installé pour le contrôle de la température et l'hygrométrie.

Les mangeoires, abreuvoirs et autre matériel de contrôle de performance (balance, bague d'identification et les fiches de collecte des données) ont été placées dans les différents sous-lots. Avant l'installation des sujets, un examen physique a été réalisé pour s'assurer de l'aptitude physique des animaux puis une identification a été faite à l'aide des marques d'identification (bague).

Les sujets ont été répartis selon un dispositif aléatoire complètement randomisé en quatre lots de 12 sujets chacun de poids sensiblement égal et correspondant aux quatre traitements alimentaires (GCC₀ % ; GCC₇ % ; GCC₁₄ % et GCC₂₁ %). Chaque lot a été divisé en deux sous-lots de six sujets chacun.

Formulation des rations expérimentales

A partir des matières premières (tableau 1) quatre aliments expérimentaux de type croissance-finition pour poulets de chair ont été formulés. Il s'agit d'une ration contenant 0 % (GCC 0%) de la farine de graine du cultivar RDC de *Cajanus cajan* et trois autres rations contenant respectivement 7 % (GCC 7 %), 14 % (GCC 14 %) et 21 % (GCC 21 %) de la farine du cultivar RDC de *Cajanus cajan*.

Chaque ration a été distribuée aux lots correspondants selon le dispositif expérimental. Les aliments ont été servis dans les mangeoires de type siphoides à un rythme de deux fois par jour (matin et soir). De l'eau potable a été distribuée à volonté dans les abreuvoirs de type siphoides en plastique avec une capacité de 10 litres. Ces derniers ont été nettoyés à un rythme d'une fois par jour.

Tableau 1. Formule alimentaire

| INGREDIENTS | ALIMENT A BASE DE GRAINE CAJANUS CAJAN(%) | | | | |
|------------------------------------|---|------------|------------|------------|------------|
| | ALIMENT TEMOIN(%) | GCC0% | GCC7% | GCC14% | GCC21% |
| Maïs | 64,49 | 64,49 | 64,49 | 64,49 | 64,49 |
| Son de blé | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| CMV | 2,08 | 2,08 | 2,08 | 2,08 | 2,08 |
| huile d'arachide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Graine <i>Cajanus Cajan</i> | 0 | 7 | 14 | 21 | 21 |
| Tourteau de Soja | 21,04 | 14,04 | 7,04 | 0,04 | 0,04 |
| Farine de poisson | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Calcaire | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| méthionine | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| lysine | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Collecte des données

Consommation alimentaire et paramètre d'ambiance

La consommation alimentaire journalière a été obtenue au moyen de la pesée des quantités d'aliments distribuées et refusés par jour. Ces données ont été enregistrées sur une fiche de collecte des données alimentaire et de suivis. Les paramètres d'ambiance (température et hygrométrie) ont été enregistrés quotidiennement au moyen d'un thermo hygromètre à un rythme de trois fois par jour (matin, midi et soir).

Poids vif a l'âge type

A partir de deux semaines, des pesées hebdomadaires et individuelles des sujets ont été réalisées durant toute l'expérimentation à l'aide d'une balance électronique de marque GIMA-5000 de portée 5 Kg avec une précision de ± 1 g. Cette opération a permis de déterminer le poids vif des animaux qui par la suite a été enregistré dans les fiches de pesée des animaux.

Caractéristique de la carcasse

A la fin de l'expérimentation, huit poulets (deux poulets /lot) ont été prélevés au hasard et pesés individuellement. Ils ont été abattus, plumés et éviscérés en vue d'évaluer l'effet des traitements alimentaire sur les caractéristiques de la carcasse et des organes. Ainsi, le poids des carcasses, des organes (foie, cœur, poumons, gésiers, intestins), coloration de la peau et des graisses et le rendement carcasse ont été évalué par traitement.

Traitement et analyse des données

L'analyse des résultats obtenus et la comparaison des moyennes entre les différents traitements, ont été effectuées par le test d'analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel Statistical Package for the Social Science (SPSS) et complété par le test de Duncan lorsque le test d'ANOVA a montré une différence significative.

RESULTAT

Paramètres d'ambiance

Les températures enregistrées au sein du bâtiment de l'expérimentation étaient légèrement élevées le matin et le soir (25 ; 87°C 0 26 ; 66°C) puis relativement élevées à midi (26,46°C à 30,04°C). Quant à l'hygrométrie, elle était comprise entre 69,01 à 75,14% dans la matinée 74,60 à 76,70%, à midi et entre 69,50 à 73,54% les soirées (tableau 2).

Tableau 2. Evolution de la température et de l'hygrométrie durant l'expérimentation

| Semaine | Température (°C) | | | Hygrométrie (%) | | |
|---------|------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | Matin | Midi | Soir | Matin | Midi | Soir |
| 3 | 26,83 | 29,71 | 28,53 | 75,14 | 74,60 | 73,54 |
| 4 | 27,77 | 30,04 | 28,66 | 69,93 | 74,60 | 67,90 |
| 5 | 27,01 | 27,59 | 27,63 | 69,01 | 75,04 | 66,60 |
| 6 | 25,87 | 26,46 | 26,53 | 70,14 | 76,70 | 69,50 |
| 7 | 27,20 | 29,11 | 28,27 | 71,36 | 74,75 | 69,35 |

Effets des traitements alimentaires sur les performances de croissance

Effets sur le poids vif

L'évolution du poids vif des poulets par traitement alimentaire au cours du temps est illustrée par la figure 3. Pendant, les 2^{ème} et 3^{ème} semaines d'âge, aucune différence significative n'a été notée sur les poids vifs des poussins des différents traitements alimentaires T0% (678,12 g), T7% (666,16 g), T14 (658,14 g) et T21% (648,83 g). Cependant, dès la quatrième semaine d'âge jusqu'à la fin de l'expérimentation à sept semaines d'âge, il a été noté une diminution significative du poids vif des sujets des traitements T7%, T14% et T21% comparés aux sujets du traitement témoin. L'incorporation de la farine de graines de *Cajanus cajan* a diminué le poids vif des sujets de 4,84 % ; 21,42 % et de 23,39 % respectivement, pour les traitements T7% (2278 g), T14% (1881g) et T21%(1834 g) par rapport au témoin T0% (2394g).

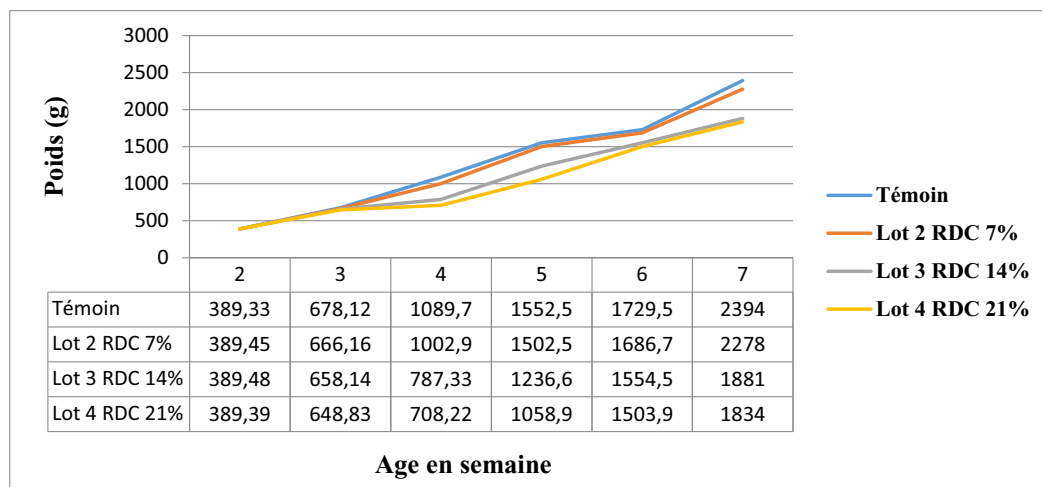


Figure 3 : Evolution du poids vif des animaux

Effets sur le gain moyen quotidien (GMQ)

Les GMQ obtenus chez les sujets des différents traitements alimentaires sont consignés dans le tableau 3. Pendant toute la durée de l'expérimentation (entre la deuxième et la septième semaine d'âge), les oiseaux des traitements T 7%, T14% et T21% ont présenté des GMQ plus bas que ceux du traitement T0% de façon significative ($P < 0,05$) à partir de la quatrième semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation (septième semaines).

Tableau 3. Effet de l'incorporation de la farine de graine de *Cajanus cajan* dans la ration sur le gain moyen quotidien (GMQ).

| Paramètre | Age en semaine | Traitements Alimentaires (RDC) | | | | Valeur de P | Signification |
|--------------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|---------------|
| | | T 0% | T 7% | T 14% | T 21% | | |
| GMQ (g/j) en fonction du temps | S2_S3 | 40,55±0,98 ^b | 38,52±1,41 ^{ab} | 37,52±1,20 ^{ab} | 36,62±0,61 ^a | 0,001 | S |
| | S3_S4 | 58,29±0,702 ^a | 48,66±0,77 ^b | 18,95±0,70 ^c | 9,48±1,41 ^d | 0,00 | S |
| | S4_S5 | 72,37±0,69 ^b | 65,62±1,41 ^c | 63,96±0,30 ^b | 49,32±1,08 ^a | 0,00 | S |
| | S5_S6 | 64,07±0,70 ^d | 45,47±0,08 ^c | 26,96±0,91 ^b | 24,45±1,18 ^a | 0,00 | S |
| | S6_S7 | 95,42±0,70 ^c | 84,96±0,70 ^b | 47,14±0,70 ^a | 46,48±0,94 ^a | 0,00 | S |

a,b,c,d : Les moyennes suivis de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil de 5%.

Légende : S : significatif ; NS : non significatif

Effets sur la consommation alimentaire

L'effet de l'incorporation de la farine de graine de *Cajanus cajan* sur la consommation alimentaire est présenté dans le tableau 4. Il ressort de ce tableau que l'ingestion de l'aliment été influencé par l'incorporation de la farine de graine de *Cajanus cajan*. La consommation quotidienne d'aliment est plus

faible dans les lots expérimentaux contenant la farine de graines de *Cajanus cajan* comparé au lot témoin. Une différence significative ($P < 0,05$) a été notée du début jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Tableau 4. Consommation alimentaire

| Paramètre | Age (en semaine) | Traitements Alimentaires (RDC) | | | | Valeur de P | Signification |
|--|------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|---------------|
| | | T 0% | T 7% | T 14% | T 21% | | |
| Consommation alimentaire moyenne (g/j) | S2_S3 | 584,57± 0,40 ^b | 567,99± 3,23 ^b | 560,64± 0,10 ^b | 473,00± 34,54 ^a | 0,01 | S |
| | S3_S4 | 897,92± 2,92 ^a | 879,99± 4,04 ^b | 845,42± 7,07 ^c | 554,15± 7,04 ^d | 0,00 | S |
| | S4_S5 | 1199,50± 0,70 ^c | 1169,42± 14,1 ^{bc} | 1129,43± 7,07 ^b | 854,14± 21,21 ^a | 0,00 | S |
| | S5_S6 | 1475,00 ± 35,35 ^c | 1354,00 ± 19,8 ^b | 1292,00± 9,89 ^b | 1025,00 ± 35,35 ^a | 0,00 | S |
| | S6_S7 | 1800,00 ± 00,00 ^c | 1765,00± 21,2 ^c | 1521,50± 30,4 ^b | 1250,00 ± 49,5 ^a | 0,00 | S |

a,b,c,d: Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil de 5%.

Légende : S : significatif ; NS : non significatif

Effets sur l'indice de consommation

Le tableau 5 ci-dessous présente les résultats de l'effet des différents traitements alimentaires sur l'indice de consommation des poulets de chair. Il en ressort de ce tableau 5 que la consommation des sujets est plus élevée proportionnellement au taux d'incorporation de la farine de graines de *Cajanus cajan* par rapport avec la ration témoin. Cette variation a été significativement différent ($P < 0,05$) à partir de la quatrième semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Tableau 5. Indice de consommation

| Paramètre | Age en semaine | Traitements Alimentaires (RDC) | | | | Valeur de P | Signification |
|--------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|---------------|
| | | T 0% | T 7% | T 14% | T 21% | | |
| Indice de Consommation moyenne | S2_S3 | 2,02 ± 0,00 ^b | 2,05 ± 0,01 ^b | 2,08± 0,00 ^b | 1,82± 0,13 ^a | 0,05 | NS |
| | S3_S4 | 2,18 ± 0,00 ^a | 2,61 ± 0,01 ^b | 6,54± 0,05 ^c | 9,33± 0,11 ^d | 0,00 | S |
| | S4_S5 | 2,34 ± 0,02 ^a | 2,43± 0,06 ^{ab} | 2,51± 0,04 ^{bc} | 2,59 ± 0,00 ^c | 0,01 | S |
| | S5_S6 | 2,30 ± 0,07 ^d | 4,06± 0,03 ^c | 7,35± 0,10 ^b | 8,33± 0,19 ^a | 0,00 | S |
| | S6_S7 | 2,70 ± 0,00 ^a | 2,98± 0,03 ^b | 4,66± 0,09 ^c | 3,78± 0,14 ^d | 0,00 | S |

a,b,c,d : Les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil de 5%.

Légende : S : significatif ; NS : non significatif

Effets sur les caractéristiques de la carcasse et des organes

Les résultats relatifs aux effets de l'incorporation de la farine de graine de *Cajanus cajan* sur les caractéristiques de la carcasse et des organes des poulets de chair sont consignés dans le Tableau 6. Il résulte de ce tableau que l'incorporation de la farine de graine de *Cajanus cajan* n'a entraîné aucun effet néfaste significatif sur les caractéristiques de la carcasse et des organes des poulets de chair à sept semaines d'âge. De même, cette incorporation n'a induit aucune coloration jaune de la peau et de la graisse abdominale des carcasses des oiseaux des traitements à base de graines de *Cajanus cajan* comparé aux sujets témoins.

Tableau 6. Caractéristiques de la carcasse et des organes

| Traitement | GCC0% | GCC7% | GCC14% | GCC21% | Signification |
|------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| PV | 1798 ±70 ,71b | 1593,50± 122,3ab | 1417,00 ±128,96a | 1595,00± 7,07ab | NS |
| PCV | 1243,50± 21,92b | 1122,50± 111,0ab | 926,00± 98,99a | 1193,50± 92,63b | NS |
| PC-P | 143,5 ±50,50a | 1386,50± 132,32a | 1328,00± 114,55a | 1453 ,50± 50,50a | NS |
| RC | 69,18 ±1,50ab | 70,38 ±1,56ab | 65,30± 1,05a | 74,84 ±6,13b | NS |
| PF | 42,50± 7,78a | 43,00 ±12,73a | 33,50 ±3,54a | 42,50 ±7,78a | NS |
| PC | 7,50 ±0,71a | 6,50 ±0,71a | 60 ±1,41a | 7,50 ±0,71a | NS |
| PR | 2,00 ±0,00a | 1,50± 0,71a | 1,50± 0,71a | 2,00 ±0,00a | NS |
| PG | 57,50 ±10,61a | 66,00 ±11 ,3 1a | 54,50 ±3,54a | 57,50 ±0,61a | NS |
| PI | 101,00 ±19,79a | 110,00± 19,79a | 109,00 ±15,55a | 101, 00± 19,79a | NS |
| PO | 231,50 ±14,84a | 222,50 ±45,96a | 237,00 ±65,05a | 231,50 ±14,84a | NS |
| RO | 80,92 ±4,32a | 86,94 ±1,62b | 93,73± 0,42a | 91 ,12± 0,88a | NS |

a,b : Les moyennes suivis de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes au seuil de 5%.

Légende : S : significatif ; NS : non significatif

DISCUSSION

Les température et l'hygrométrie relative de l'air enregistré dans cette étude ont varié respectivement entre 25,87°C à 30,04°C et 69,01% à 76,70%. Ces résultats ne sont pas conforme aux paramètres d'ambiance préconisé par Bordas et Minvielle (1997) et divers auteurs qui recommande une température de 27-28°C et une hygrométrie variant entre 40-70% au sein d'un bâtiment d'élevage. Les valeurs que nous avons enregistré s'expliqueraient par le fait que notre expérimentation s'est déroulé en fin de saison sèche ,début saison de pluie, caractérisé par des fortes chaleurs et une grande humidité.

L'incorporation de la farine de graines de *Cajanus cajan* a diminué le poids vif des sujets de 4,84 % ; 21,42 % et de 23,39 % respectivement pour les sujets des traitements T 7% (2278 g), T 14% (1881g) et T 21%(1834 g) par rapport au témoin T0% (2394g). Cette diminution est plus marquée chez les sujets nourrit avec l'aliment 21%. Cette baisse de poids s'expliquerait par le niveau d'incorporation de graine plus élevé qui entraîne une plus grande ingestion de facteurs antinutritionnels dont les tanins qui déséquilibrent l'absorption des nutriments (Hamad, 2000). Des observations similaires ont été faites par de nombreux auteurs en utilisant les graines de légumineuses comme source de protéine. C'est le cas de Traore et al. (2018) qui, en incorporant les graines de *Cajanus cajan* au taux de 10 % ; 13 % et 16 % dans la ration du poulet local en Côte d'Ivoire avaient obtenu une diminution des poids vifs suivant un niveau croissant d'incorporation. Okandza et al. (2017) en incorporant entre 0 % et 9 % la féverole en substituant le tourteau de soja dans la ration du poulet de chair. De même Atakoun (2012) au Sénégal lors de ses travaux sur le poulet de chair de souche cobb 500, nourri avec des graines de Bissap (*Hibiscus sabdariffa*) incorporées entre 0 % et 15 % dans la ration.

Les poids vifs obtenus au cours de notre essai sont inférieurs à ceux enregistrés par Ayssiwèdé et al. (2009) au Sénégal qui ont enregistré des poids vifs de 2210g chez les poulets de chair en station à six

semaines. Par contre, nos poids vifs sont meilleurs à ceux obtenus par Diaw *et al.* (2010) au Sénégal et Mukhtar (2007) au Soudan qui ont respectivement enregistré des poids vifs de 991g et 1356,9g chez des poulets de chair en station à six semaines.

Les sujets nourris à base d'aliment expérimental ont présenté les GMQ plus bas que ceux du traitement T0% ($P < 0,05$) à partir de la quatrième semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation (septième semaines). Cette baisse de la vitesse de croissance s'expliquerait vraisemblablement par le type de traitement appliqué aux graines. En effet, durant notre expérimentation le traitement appliqué aux graines de *Cajanus cajan* était le séchage au soleil. Ce type de traitement n'a certainement pas permis d'éliminer les facteurs antinutritionnels contenus dans les graines de *Cajanus cajan*. Selon Metayer *et al.* (2003), ce sont les tanins qui en se combinant avec les protéines, réduisent la rétention de la fraction azotée contenu dans la ration et entraînant ainsi une réduction du GMQ. Nos résultats sont semblables à ceux obtenus par Traore *et al.* (2018) qui ont trouvés que le gain pondéral des sujets variait selon le taux d'incorporation de graines de *Cajanus cajan* dans la ration.

L'incorporation de la farine de graines de *Cajanus cajan* dans la ration des poulets de chair a diminué de façon significative la consommation alimentaire notamment chez les sujets recevant les rations T7%; T14%et T21% par rapport aux sujets témoins T0%. La baisse de la consommation est d'autant plus marquée que le taux d'incorporation est élevé de pareilles diminutions observées chez les sujets nourris à la farine de graines de *Cajanus cajan* ont été observées par Traore *et al.* (2018) chez le poulet local. De même, Ani et Okeke (2003) ont montré que l'incorporation à plus de 27% de *Cajanus cajan* avait un effet dépressif sur la consommation alimentaire chez le poulet de chair. Le même constat a été fait par Atakoun (2012) chez les poulets de chair en incorporant la farine de graines de bissap dans les rations à des teneurs allant de 0 à 15%. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Mukhtar (2007) et Kwari *et al.* (2011).

L'indice de consommation des sujets est plus élevé proportionnellement au taux d'incorporation de la farine de graines de *Cajanus cajan* comparé avec la ration témoin, ceux-ci de façon significative ($P < 0,05$) à partir de la quatrième semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation. Ce résultat explique que les sujets ayant reçu de l'aliment à base de graine de *Cajanus cajan* n'ont pas valorisé leur aliment au même titre que les sujets témoins. Nos résultats sont semblables avec ceux obtenus par Mukhtar (2007), qui a rapporté une détérioration significative de l'indice de consommation avec le niveau d'incorporation chez les poulets de chair nourris à base de graines de bissap en comparaison au témoin. Ce dernier a expliqué cette augmentation de l'indice de consommation par le goût acide et la mauvaise odeur des graines de bissap qui occasionnent une détérioration de l'appétit pour cette ration. Par contre, Okandza *et al.* (2017) ont également rapporté cette détérioration de l'indice de consommation. Mais selon eux cette augmentation de l'indice de consommation pourrait être due à une hypertrophie pancréatique et la

réduction de l'efficacité alimentaire causée par les facteurs antitrypsiques de la fève. Nos résultats se rapprochent ceux rapportés par Sabi (2014) qui en utilisant des graines de Bissap dans l'alimentation chez les poulets de chair, a rapporté une légère détérioration de l'indice de consommation avec l'inclusion des graines de bissap dans la ration. Cependant, les analyses statistiques n'ont montré aucune différence significative entre les indices de consommation des sujets nourris aux rations à base de graines par rapport aux sujets témoin au seuil de 5 % durant toute l'expérimentation.

L'inclusion de la farine de graines de *Cajanus cajan* n'a eu aucun effet néfaste sur le rendement carcasse des sujets par rapport aux témoins. Les rendements carcasses (65,50 % - 74,84 %) obtenus à l'issue de notre essai sont proches de ceux obtenus par Missohou et al. (1996) et de Ciewe (2006) dans diverses conditions. Nos résultats sont inférieurs que ceux obtenus par Koné (2010) ; Ayssiwèdé et al. (2009). Cette différence pourrait se justifier par le fait que ces auteurs avaient utilisés une ration contenant une énergie métabolisable plus élevée par rapport à nos rations.

La similarité obtenue pour les poids du foie, cœur, poumons, rate, gésier et intestin des sujets des traitements T7%; T14% et T21% par rapport au traitement témoin T0%, explique que les graines de *Cajanus cajan* n'ont pas d'effets néfastes marqués sur le fonctionnement de ces organes. Contrairement à nos résultats, Mukhtar (2007) a observé avec l'augmentation du taux d'incorporation de graines de bissap, une diminution du rendement carcasse et une augmentation du poids de foie par rapport au lot témoin. Selon cet auteur, l'augmentation du poids du foie peut être liée à la nécessité de cet organe d'augmenter son efficacité pour la détoxification des dérivés toxiques contenus dans le bissap, y compris le tanin en s'hypertrophiant. Cependant, Okandza et al. (2017) ont observés une diminution du poids du foie lors de leurs travaux en incorporant la fève dans les rations des poulets de chair. Selon eux, cet effet est dû certainement à la réduction de l'efficacité alimentaire. La diminution du poids du gras abdominal s'expliquerait aussi par la diminution du poids du foie, qui réduit le taux de stockage du glycogène d'où mobilisation de la graisse abdominale comme source d'énergie.

CONCLUSION

Le développement du secteur avicole au Congo repose sur la levée de certaines contraintes dont figure l'alimentation, l'incorporation de la farine des graines du cultivar RDC de *Cajanus cajan* jusqu'à 14 % dans la ration alimentaire des poulets chair de souche Coob 500 au Congo Brazzaville n'a entraîné aucun effet négatif sur les performances de croissance des poulets. Ces résultats montrent que l'utilisation de la farine de graines du cultivar RDC de *Cajanus cajan* pourrait être incorporées dans l'alimentation du poulet de chair à des teneurs allant jusqu'à 14 % pour réduire des coûts de productions et reste une alternative pour produire à cout très bas les poulets de chair au Congo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKOUANGO P., 2020.** Forum Congo à Amsterdam : Investir dans l'agriculture au Congo, Pays-Bas, 18p.
- Angandza. G.S., 2021.** Caractérisation agro-morphologique et valeurs alimentaires de *Cajanus cajan* (L.) Millsp dans les conditions pédoclimatiques de Loutété en République du Congo. Mémoire de Master recherche en Sciences Agronomiques, ENSAF, UMNG, République du Congo, 49P.
- Ani. A. et Okeke. G., 2003.** La substitution de la farine de soja par le pois d'angole (*Cajanus cajan*) dans l'alimentation des poulets de chair In NSAP, Acte de la 28^{ème} conférence. Ibadan, pp 10-12.
- Atakoun d. F., 2012.** Performances zootechnico-economiques des poulets de chair nourris aux rations a base de farine de graines d'*hibiscus sabdariffa* L. (bissap) au Sénégal. Thèse Méd Vét. Dakar.
- Ayissiwede S.B., Azebazé S.P.A. et Missohou A., 2009.** Essais de substitution du maïs par le sorgho dans la ration : effets sur les performances zootechniques des poulets de chair, RASPA Vol.7 N0S : 25-32.
- Ayissiwede S.B., Chrysostome C., Ossebi W., Dieng A., Hornick J.L. Et Missohou A., 2010.** - Utilisation digestive et métabolique et valeur nutritionnelle de la farine de feuilles de *Cassia tora* (Linn.) incorporée dans la ration alimentaire des poulets indigènes du Sénégal.- *Revue Méd. Vét.*, **161**(12) : 549-558
- Bello H, 2010.** Essai d'incorporation de la farine des feuilles de *Moringa oléifera* dans l'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal : Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Thèse : Méd. Vét. Dakar.
- Bordas A. et Minvielle F., 1997.** Réponse à la chaleur des poules pondeuses issues des lignées sélectionnées pour une faible (R-) ou forte (R+) consommation alimentaire résiduelle. *Genet. Sel. Evol.*, **29** : 279-290
- Ciewe Ciake S. A., 2006.** Evaluation de l'effet de la nature et du niveau de la matière grasse alimentaire sur la productivité du poulet de chair. Thèse: Méd.Vét. : Dakar.
- Diaw M.T., A. Dieng, G. Mergeai, M.Sy, J-L. Hornick., 2010.** Effets de la substitution du tourteau d'arachide par la fève de coton conventionnel en production de poulet de chair au Sénégal, *Tropicultura*, 28, 3, 139-147.
- Hamad, B. 2000.** Effect of feeding corticated and decorticated (*C.Cajanus*) seeds on broiler chicks performance. Animal Production Thesis. University of Khartoum.
- Kone A. 2010.** Effets de l'incorporation du tourteau de neem (*azadirachta indica* a.juss) afaibles doses dans l'aliment et dans la litière sur les performances zootechniques et l'état sanitaire du poulet de chair. Thèse : Méd.Vét. : Dakar.

- Kwari, I.D., Igwebuike, J.U., Mohammrd, I.D. and Diarra, S.S. 2011.** Growth hematology and serum chemistry of broiler chickens raw or differently processed sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) seed meal in a semi-arid environment. *International Journal Poultry Science*, 2(1): 22-27.
- Meriem B.E.H., 2004.** Community Decision Making Aids for Improved Pasture Resources in the Madiama Commune of Mali. PhD: Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University
- Metayer, J, Barrier-Guillot, B, Skiba, F, Crepon, K, Bouvarel, I, Marget, P, Duc, G, Lessire, M, 2003.** Valeur alimentaire et utilisation de différents types de féveroles chez le poulet et le coqadulte. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 26 et 27 mars 2003.
- Missohou A. Ndiaye S. Assane M., 1996.** Growth performance and carcass traits in broilers: comparison among commercial strains in Senegal. Actes Inst. Agron. Veto, Vol. 16 (3): 5-9
- Missoko M. R. (2011).** Essai d'incorporation de la farine des feuilles de *Cassia tora* dans l'alimentation chez les poulets locaux du Sénégal : Effets sur les performances zootechniques de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Thèse méd vét. Dakar.
- Mukhtar, A.M. 2007.** The Effect of feeding rosella (*Hibiscus sabdariffa*) seed on broiler chick's performance. *Research Journal of Animal and Veterinary Science*, 2:21-23
- Mula M.G. et Saxena K.B., 2010.** Lifting the Level of Awareness on Pigeonpea – A Global Perspective. *Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*. 11-42.
- Okandza, Y., Mopoundza, P., Dimi Ngatse, S., Halbouche, M. & Akouango, P., 2017.** Influence de la substitution graduelle de tourteau de soja par la féverole sur la croissance et la conformation de la carcasse chez les poulets de chair. *Journal of Applied Biosciences*, 110: 10714-10720
- Ossebi W., 2010.** Etude digestive, métabolique et nutritionnelles des farines de feuilles de légumineuses incorporées dans des rations alimentaires chez les poulets locaux du Sénégal : ca des feuilles de *Moringa oleifera* (lam.), de *Leucaena leucocephala* (lam.) et de *Cassia tora* (linn.). thèse Méd. vét.: Dakar.
- Sabi S., 2014.** Performances zoo technico-économiques des poulets de chair (cobb500) nourris aux rations à base de la farine des graines de la variété verte de bissap (*hibiscus sabdariffa*, linn.) Au Sénégal. Thèse méd vét. Dakar.
- Traore B., Orsot B., Komara M., Ouattara S., Dofara S., 2018.** Effet du niveau protéique et du traitement des graines de pois d'angole (*Cajanus cajan* (l.) Huth, 1893) sur la croissance du poulet local (*Gallus gallus domesticus*, Linnaeus 1758) en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* édition Vol.14, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

Exploitation des huîtres de la mangrove dans l'Aire Marine Protégée de la Somone au Sénégal**Serigne Modou SARR¹, Eugénie Marie Mossane SENE¹ et Rodolphe COLY²**¹Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale, Université Alioune Diop de Bambey, Sénégal*auteur correspondant : serignemodou.sarr@uadb.edu.sn tél : +221 775990276²Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de la Transition Ecologique**RESUME**

Au Sénégal, l'exploitation d'huîtres génère un revenu important pour les populations. L'étude sur les huîtres menée dans l'Aire Marine Protégée de la Somone est une contribution à la connaissance de l'exploitation des produits conchylicoles de la mangrove au Sénégal. Des observations sur le terrain, des entretiens et enquêtes auprès de personnes ressources et de tous les acteurs de la filière ont été menés. Quatre sites d'exploitation huître ont été géoréférencés. Les résultats des enquêtes ont montré que sur les trois sites pratiquant l'ostréiculture les tailles individuelles marchandes obtenues sont différentes par endroit. Le premier site a donné des individus de *Crassostrea gigas* diploïde pour des tailles marchande de [10,3 ; 12,4] cm. Le deuxième et troisième sites ont produit *Crassostrea gigas* triploïde et *Crassostrea gasar* pour une taille marchande respectivement de [8 ; 13,6] cm et de [7 ; 12,7] cm. Le quatrième site appartenant au groupement des femmes appliquant la collecte de *Crassostrea gasar*, les individus ont des tailles marchandes de [6,1 ; 11,4] cm. Dans ce groupement, la totalité des membres collectent les huîtres sans coupe des racines de *Rhizophora*. Elles en prélèvent annuellement jusqu'à 13,184 tonnes. Chaque année, les quantités d'huîtres obtenues diminuent à cause des prélèvements non encadrés dans les mangroves surtout de juvéniles [1,4 ; 4,3] cm. Il faut un plan d'aménagement et de gestion de la mangrove avec un repos biologique pour diminuer la surexploitation du stock d'huîtres.

Mots-clés : exploitation, huîtres, aire, marine, protégée, durable, mangroves.**ABSTRACT**

In Senegal, oyster exploitation generates significant income for the populations. The study on oysters carried out in the Somone Marine Protected Area is a contribution to the knowledge of the exploitation of shellfish products from the mangroves of the Marine Protected Areas of Senegal. Field observations, interviews and surveys with resource people and all stakeholders in the sector were carried out. Four oyster fishing sites have been georeferenced. The results showed that on the three sites practicing oyster farming the individual marketable sizes obtained are different by location. The first site gave individuals of diploid *Crassostrea gigas* for commercial sizes of [10.3; 12.4] cm. The second and third sites produced *Crassostrea gigas* triploid and *Crassostrea gasar* for a market size respectively of [8; 13.6] cm and [7; 12.7] cm. The fourth site belonging to the group of women collecting *Crassostrea gasar*, the individuals have marketable sizes of [6.1; 11.4] cm. In this group, all members collect oysters without cutting the *Rhizophora* roots. They take up to 13,184 tonnes annually. Each year, the quantities of oysters obtained decrease due to unsupervised harvesting in the mangroves, especially juveniles [1.4; 4.3] cm. We need a development and management plan for the mangrove with biological rest to reduce the overexploitation of the oyster stock.

Keywords: exploitation, oysters, area, marine, protected, sustainable, mangroves.

INTRODUCTION

Au Sénégal, les mangroves sont d'une importance capitale pour l'équilibre environnemental et alimentaire des sociétés insulaires. Elles regroupent d'importants sites d'exploitation de coquillages et autres produits de mer qu'il faut préserver de façon durable pour assurer la survie de nombreuses communautés des zones insulaires et côtières (NDOYE et MOITY-MAIZI, 2010). Ces dernières constituent un lien entre les milieux terrestres et marins, contribuant significativement à leur équilibre. Elles diffèrent des écosystèmes continentaux par le fait qu'elles sont soumises à des conditions bioécologiques variables (oxygénation, pH, conductivité, salinité, température entre autres). Ainsi, elles se caractérisent par différents services écologiques, systémiques, biologiques avec une diversité associée d'où leur richesse et leur complexité (MARIUS, 1985). Mais malheureusement, les pratiques actuelles des acteurs pour la collecte et la préparation des coquillages ne militent pas toutes en faveur d'une durabilité des mangroves (NDOYE et MOITY-MAIZI, 2010). Il urge dès lors, compte tenu de cette situation préoccupante, d'inverser la tendance par l'atténuation des pressions et menaces sur les mangroves, pour accroître leur superficie. Cela entre dans les perspectives de gestion durable et de mise en valeur des écosystèmes aquatiques pour ralentir et/ou freiner leur dégradation. Dans ce sens, la politique de l'Etat du Sénégal est matérialisée par la mise en place d'un réseau d'Aires Marines Protégées (AMP). Ainsi l'AMP de Somone notre zone d'étude possède une superficie de 128,5 hectares de mangrove. L'exploitation des mollusques bivalves est activité génératrice de revenus pour la populations dans la périphérie de l'aire protégée (AMPS, 2021). Dans le cadre de la gestion des AMP du Sénégal, la Direction des Aires Marines Communautaires Protégées (DAMCP) mène une stratégie nationale pour celles-ci dans laquelle la recherche scientifique et particulièrement le suivi écologique constituent des activités très importantes pour la prise de décision. C'est dans ce contexte qu'est initiée cette étude qui porte sur l'exploitation des produits conchylicoles de la mangrove de l'Aire Marine Protégée de la Somone : cas de la production d'huîtres.

L'objectif général est de contribuer à la connaissance de l'exploitation des produits conchylicoles de la mangrove des AMP.

Pour se faire, l'étude vise de manière plus spécifique les objectifs suivants :

- cartographier les sites d'exploitation huître de l'AMPS et identifier les différentes parties prenantes à la filière ;
- décrire les méthodes d'exploitation des huîtres utilisées par les acteurs ostréicoles ;
- déterminer les tailles des huîtres de l'AMPS dans chacun des sites ;
- analyser le mode d'exploitation des huîtres pratiqué par les femmes et ressortir les impacts potentiels sur la dynamique des mangroves.

II. Matériel et Méthode

II.1.1. Localisation du site

L'Aire Marine Protégée de la Somone (AMPS) est située à 80 km de Dakar sur la route de Mbour entre 14° 30 et 14° 50 Nord et 17° 10 Ouest, en aval du bassin versant de la Somone (Fig.1). Elle appartient à la région de Thiès, au département de Mbour et à cheval entre la commune de Somone et celle de Sindia.

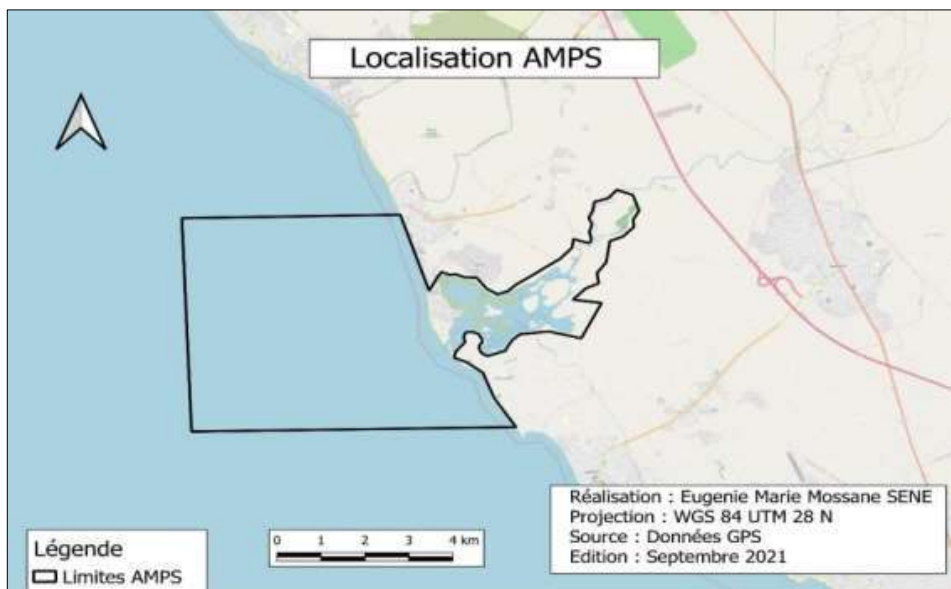


Figure 1 : aire marine protégée de la Somone

II.1.2. Matériel biologique

Les mangroves se développent en eau salée ou saumâtre sur des sols vaseux, sableux ou coralliens (VIDAL, 1991). Les espèces de la mangrove sont bas-branchues, de faible diamètre présentant des pneumatophores chez le genre *Avicennia* et des racines échasses chez le genre *Rhizophora* (TOSTAIN, 2010). La mangrove sénégalaise est constituée de 6 espèces appartenant à 3 familles : les Rhizophoraceae avec *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora mangle* et *Rhizophora harrisonii* ; les Verbenaceae avec *Avicennia germinans* ou *nitida* ; et les Combretaceae représentées par *Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erectus* (SOW et al., 1994).

Les huîtres de leur nom vernaculaire wolof « yoxoss » sont des bivalves naturellement diploïdes dont la charnière est constituée d'un ligament élastique corné permettant d'articuler les 2 valves par l'intermédiaire d'un muscle adducteur situé au milieu de la coquille. Ce système de fermeture permet une bonne étanchéité fournissant la capacité à l'animal de survivre émerger plusieurs heures en gardant de l'eau. **L'intérieur de la coquille est lisse et blanc mat.** L'huître possède tous les organes simplifiés des animaux supérieurs en particulier les systèmes respiratoire, nerveux, digestif et circulatoire (le sang est un liquide légèrement bleuté) (TINE, 2015). Dans l'AMPS, 3 types d'huîtres sont exploitées : l'huître locale *Crassostrea gasar* (Fig.2), l'huître japonaise *Crassostrea gigas* diploïde (Fig.3) et l'huître triploïde de *Crassostrea gigas* (Fig.4) qui est un Organisme Vivant Modifié (OVM). *Crassostrea gigas* diploïde et triploïde ont été introduites avec des naissains provenant de France par certains exploitants. L'huître de palétuvier se développe bien pour des températures de 23 à 31° C (ANSA et BASHIR, 2007).



Figure 2 : morphologie de *Crassostrea gasar* (**Source** : SENE, 2021)



Figure 3: morphologie de *Crassostrea gigas* diploïde

Figure 4 : morphologie de *Crassostrea gigas* triploïde

II.1.3. Matériel de collecte

La réalisation de ce travail a nécessité un certain nombre de matériels à savoir :

- des fiches d'enquête et des guides d'entretien;
- un pied à coulisse pour mesurer les tailles des huîtres ;
- une balance commerciale et une bassine pour la pesée des huîtres ;
- un GPS (modèle Garmin GPS 73) pour obtenir les coordonnées géographiques ;
- le logiciel Sphinx (version SphinxPlus.V5.Tui Te) pour l'élaboration des fiches d'enquête et des guides d'entretien ;
- un appareil photographique numérique pour la prise d'images ;
- un véhicule et une pirogue motorisée pour les déplacements sur le terrain ;

II.2. Méthodes

II.2.1. Revue documentaire

La revue documentaire sur l'écosystème mangrove et les huîtres est réalisée à l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR) au niveau de la bibliothèque, puis à l'AMPS à travers le Plan d'Aménagement et de Gestion (PAG) et les rapports mensuels, les thèses et les mémoires de fin d'études trouvés dans l'internet.

II.2.2. Collecte de données

Les promoteurs de la filière huîtrière sont au nombre de 4 : le groupement de femmes « Wa Dekh Gui » (42 femmes) et les 3 producteurs individuels. Nous avons utilisé un questionnaire pour le groupe des femmes. Les

promoteurs individuels (3 personnes) ont été enquêtés avec un guide d'entretien. Ces enquêtes ont porté généralement sur leur identification, les caractéristiques de leur site et huître, la méthode de collecte ou de production, la vente, leur revenu, les impacts probables sur la mangrove et les recommandations.

Pour mesurer les tailles des huîtres (les longueurs en centimètre) des ostréiculteurs, l'échantillonnage nécessitait la connaissance du poids ou du nombre total d'huîtres produits qui ne pouvaient être déterminés sans sortir de la Lagune tous les pochons d'huîtres matures. Vu l'étendue de chaque parc ostréicole et pour ne pas altérer la qualité des produits, on avait choisi de mesurer un lot de 20 huîtres adultes (pour chaque type d'huître du site) prises au hasard parmi celles en fin de cycle de production pour obtenir l'intervalle des tailles marchandes. Les tailles des huîtres du groupement de femmes ont été déterminées en effectuant la moyenne des mesures d'un lot 10 pour plus grandes et aussi celle d'un lot des 10 pour les petites huîtres de chaque membre après la collecte, donc 20 huîtres par femme analogiquement au nombre pour les ostréiculteurs, pour établir si des huîtres de tailles non marchandes (7cm en moyenne) sont également récoltées et avoir l'intervalle des tailles d'huîtres du groupement pour chaque type de lot.

II.3.3. Traitement de données

La saisie et le traitement de données ont été effectués à partir des logiciels et tableurs suivants :

le logiciel Sphinx (version SphinxPlus. V5. Tui Te) : pour le dépouillement ;

le logiciel QGIS (version 3.18.2 Zürich) : pour la réalisation des cartes ;

le tableur Microsoft Excel : pour l'élaboration des courbes, diagrammes et tableaux ;

III. Résultats

III.1. Catégorisation des exploitantes

III.1. 1. Profil des femmes du groupement

Malgré la position stratégique des villages de Thiafoura, de Sorokhassap et de la commune de Somone, toutes les femmes (100 %) s'activant dans la collecte d'huîtres au niveau de l'AMPS proviennent du village de Guéréo. La majorité des exploitantes (Fig.5) est de l'ethnie lébous avec 76,19 % ; puis les sérères avec 21,43 % ; l'ethnie toucouleur est la moins représentée avec 2,38 %.

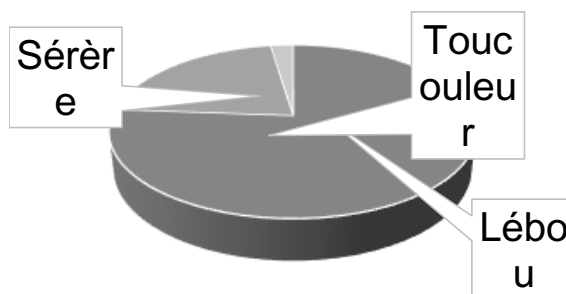


Figure 5 : Ethnie des femmes du groupement

III.1.2. L'âge et la situation matrimoniale des femmes du groupement

Les enquêtes révèlent que 92,86 % des femmes sont mariées et que 7,14 % sont veuves (figure 6). Le nombre de femmes analphabètes et celui d'instruites à l'arabe sont sensiblement égaux avec respectivement 40,47 % et 42,86 %, les femmes ayant effectué le cycle primaire constituent le reste avec 16,67 %.

L'analyse de la figure 10 montre que 3 tranches d'âges apparaissent plus représentatives concentrant à elles seules les 83,33 %. Il s'agit de : la tranche d'âge]30 ; 40] ans avec 33,33 %, la tranche d'âge]40 ; 50] ans avec 26,19 % et la tranche d'âge]50 ; 60] ans avec 23,81 %. S'en suit les tranches d'âge]60 ; 70],]20 ; 30] et]70 ; 80] ans pour respectivement 9,52 %, 4,76 % et 2,39 %. Le même constat est établi avec la figure 11 pour le nombre d'enfants, 3 tranches sont beaucoup plus représentatives regroupant les 80,95 %. Il s'agit de : la tranche [3 ; 4] enfants pour 28,57 % des femmes, des tranches [5 ; 6] et [7 ; 8] enfants pour des pourcentages de femmes égaux à 26,19 %. Les tranches [1 ; 2], [9 ; 10], [11 ; 12] enfants sont minoritaires avec respectivement 11,90 %, 4,76 % et 2,39 %.

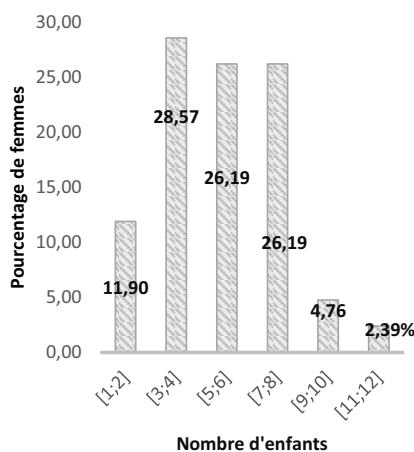
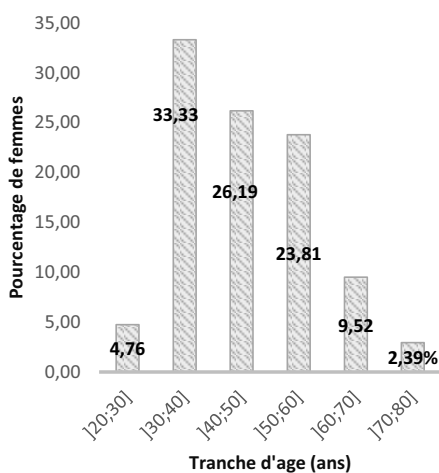


Figure 6 : Age moyen des femmes du groupement Figure 7 : Nombre d'enfants par femmes du groupement

III.1.3. Moyen de transport des femmes jusqu'à leur site d'exploitation

Le moyen de transport des femmes jusqu'au site dépend de la marée (Fig.8). En cas de marée basse 85,71 % des femmes ayant des habitations à distance de la lagune effectuent le trajet d'abord en charrette à 50 FCFA puis traversent la lagune à pieds. Les femmes vivant à proximité de la lagune, les 14,29 % quant à elles n'effectuent que la traversée de la lagune à pieds. En cas de marée haute, c'est juste la traversée de la lagune à pieds qui est remplacée par la traversée en pirogue à 200 FCFA pour toutes les femmes.

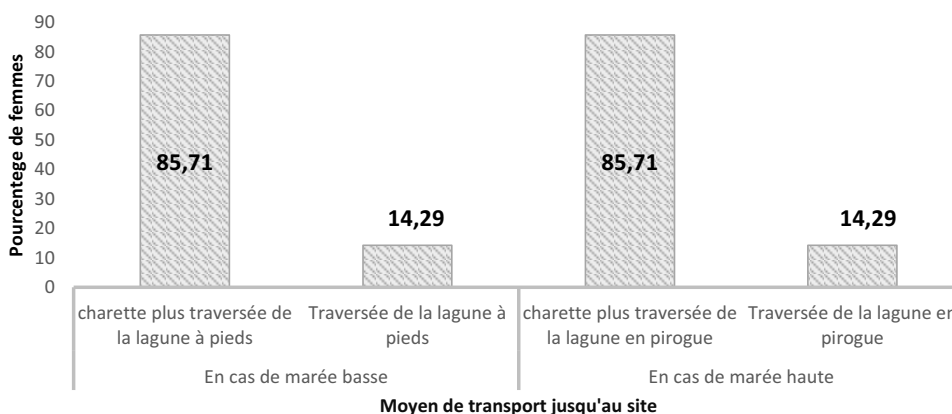


Figure 8: *Moyen de transport des femmes jusqu'au site d'exploitation*

III.2. exploitation des huîtres

III.2.1. Technique et but de la collecte d'huîtres

L'huître collectée par les femmes est l'huître locale *Crassostrea gasar* qu'elles trouvent sur les racines de *Rhizophora*. Par rapport au but de la collecte, les résultats indiquent que les huîtres collectées sont destinées uniquement à la vente pour 57,14% des femmes ; pour les 42,86% restantes les huîtres servent à la fois à l'autoconsommation et à la vente.

III.2.2. Quantité d'huîtres collectée par le groupement de femmes

Les femmes peuvent avoir jusqu'à 18 kg d'huîtres par jour. La quantité totale d'huîtres collectée par jour par le groupement est d'environ 412 kg, par mois 1 648 kg et par année 13 184 kg, soit une moyenne de 313,9 kg/femme/an.

III.2.3. Outils de collecte et période de travail dans l'année

En ce qui concerne les outils de collecte, toutes les femmes sont équipées de couteau, de chaussures de sécurité et d'au moins d'une bassine pour les 42,86 % ou d'un sceau pour les autres 51,14 % ; seulement 80,95 % des femmes sont équipées de gants. Elles portent des vêtements longs et des chaussettes pour éviter les égratignures et aussi un bonnet pour éviter l'emmêlement des cheveux.

III.2.4. Tailles des huîtres collectées

Les tailles des huîtres collectées qu'elles gardent avant la vente varient de 1,4 à 4,3 cm réparties comme suit : la taille]2 ; 3] cm pour 33,33 % des femmes, les tailles]1 ; 2] cm et]3 ; 4] cm pour des pourcentages de femmes égaux à 26,19 % et la taille]4 ; 5] cm pour le reste 14,29 %. En ce qui concerne la taille marchande pour les huîtres collectées qui sont directement vendables, elle varie de 6,1 à 11,4 cm. La taille]10 ; 11] cm pour 26,19 % des

femmes, la taille]7 ; 8] cm pour 19,04 % des femmes, les tailles]6 ; 7] et]9 ; 10] cm pour les mêmes pourcentages de femmes 14,29 %, puis la taille]8 ; 9] cm pour 11,9 % des femmes (Fig.9).

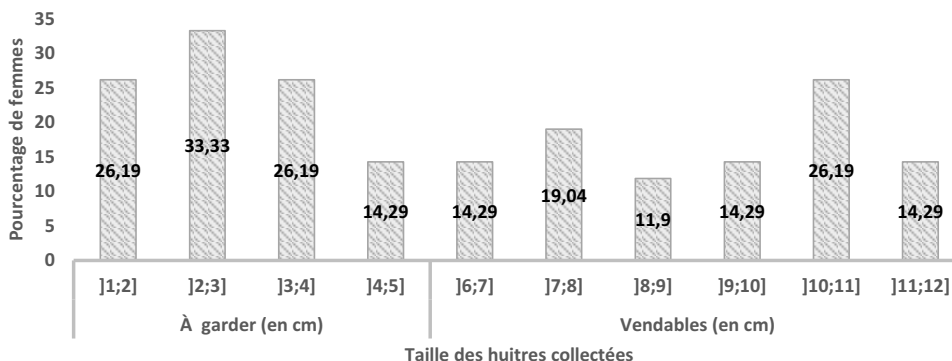


Figure 9 : Taille des huîtres collectées par les femmes du groupement

III.2.5. Vente du produit

La vente se fait uniquement au niveau de la paillote du site qui sert de restaurant. La clientèle est constituée de touristes et de locaux. Les huîtres sont vendues à un prix unique la douzaine à 1 500 ou 2 000 FCFA en fonction de la préférence du client suivant trois modalités : crues, bouillies par gaz ou grillées au fourneau. Pour la grillade, la source d'énergie est le bois. Cependant elle entraîne des risques sur la santé à cause de la fumée inhalée en permanence.

III.2.5. 1. Origine et type de bois pour la transformation

Anciennement, c'était le bois de mangrove qui était utilisé mais suite à de fortes amendes de près de 50 000 FCFA, cette source d'énergie a été abandonnée. Désormais, le bois utilisé pour griller les huîtres est obtenu en dehors de l'AMPS soit ramassé, soit offert, soit acheté. Le bois mort ramassé est essentiellement celui de *Prosopis juliflora*, espèce très présente aux alentours de ce site. Les habitants de la zone, après élagage des arbres sur leur terrain offrent du bois aux femmes.

III.2.5. 2. Recettes journalières

Les résultats ont montré que la recette journalière avec des clients propres est de 10 000 FCFA pour 35,71 % des femmes ; 15 000 FCFA pour 26,19 % ; 7 500 FCFA pour 9,52 % ; 5 000, 7 000 et 20 000 FCFA chacune pour 7,14 % ; 8 000, 12 000 et 12 500 FCFA chacune pour 2,38 %.

III.2.6. Impacts de l'exploitation des huîtres sur la gestion durable des écosystèmes mangroves

L'appréciation sur la dynamique de l'écosystème mangrove de l'AMPS en rapport avec la valorisation des ressources est positive pour 72 % des personnes ressources, négative pour les 24 %, nous n'avons pas obtenu de réponses des 4 % restantes.

Sur les alternatives pour une gestion durable de la mangrove et des ressources, 36 % des personnes ressources proposent le reboisement, les 24 % le curage de la lagune, les 20 % l'augmentation de la durée du repos biologique, les 8 % la participation massive des riverains et le reste, les 12 % n'ont pas donné de réponse.

La prestation du groupement de femmes satisfait la grande partie des personnes ressources, les 84 %, ne satisfait pas les 8 %. On n'a pas obtenu de réponse des 8 % restantes.

III.2. Discussion

Nos résultats ont montré que tous les cueilleurs d'huîtres de l'AMPS utilisant la technique traditionnelle sont des femmes réunies dans un groupement. En effet, elles affirment que la collecte de mollusques bivalves pratiquée depuis fort longtemps dans la lagune de Somone est l'apanage des femmes. Ce qui est conforme aux recherches de CORMIER-SALEM (1992) qui a démontré qu'en Casamance l'exploitation des huîtres depuis la cueillette jusqu'à la vente est une filière exclusivement féminine et une activité traditionnelle des femmes diolas en dépit du fait que ça soit un travail pénible, long et fatigant.

Selon GOUAUD *et al.* (2021) par rapport à la distribution des revenus, le village de Guéréo a le revenu moyen le plus important soit 46 %, suivi de celui de Thiafoura avec 26 %, la commune de Somone pour 16 %, puis le village de Sorokhassap avec 12 %. Guéréo est porté par l'exploitation des produits halieutiques, aquacoles et le tourisme. Alors que Thiafoura, lui est lié à la production fruitière et au tourisme.

La plupart de ces femmes sont âgées prioritairement de]30 ; 60] ans avec un pourcentage de 83,33 % attestant des travaux de CORMIER-SALEM (1987) qui stipule que les cueilleuses d'huîtres sont généralement âgées de 30 à 59 ans.

Nos résultats montrent que les femmes sont toutes mariées ou veuves avec généralement plus de 3 à 8 enfants. Cela est corroboré par les travaux de DIOP et ASKEW (2009) qui soulignent que l'âge moyen au mariage dans les villages du Sénégal est de 17 ans pour les femmes et près d'un quart des filles sont mariées avant l'âge de 15 ans, NDIAYE et AYAD (2006) de renchérir que le taux de croissance démographique annuel du Sénégal est élevé principalement en raison d'une fécondité élevée avec 7 enfants en moyenne par femme.

En plus peu de cueilleuses d'huîtres de l'AMPS ont fait l'école primaire, la majorité d'entre elles les 83,33 % sont analphabètes ou ont appris l'arabe ce qui confirme les données de l'ANSD (2013) sur le nombre d'analphabètes 54,6 % et d'instruits à l'arabe 27,97 % (12,7 % du nombre d'analphabètes 45,4 %) pour un total de 82,57 %, ce qui est approximativement identique.

La charrette est un moyen de transport efficace qui permet aux femmes avec des habitations éloignées de rallier la lagune comme le précise BARWELL (2019) qui avance qu'en Afrique Subsaharienne les femmes se déplacent en charrette dans l'ensemble ce qui leur permet d'alléger leur fardeau. Par contre, lorsque la marée est haute la traversée en pirogue motorisée devient obligatoire pour rejoindre leur site à Somone conformément aux conclusions de COIFFIER (2001) qui indique que la pirogue permet de se rendre sur les lieux d'exploitation, elle assure en outre le transport des personnes et des marchandises entre les différents villages.

L'ensemble des femmes sans exception collectent les huîtres manuellement en les décollant prudemment avec un couteau sans couper la racine de *Rhizophora*, ce qui n'est pas en phase avec les recherches de TINE (2015) menées dans la commune de Djirmda dans le Delta du Saloum où seulement 45,76 % des acteurs font la collecte manuellement par détachement et les 54,24 % par coupe des racines de *Rhizophora*. En effet, les femmes ont abandonné la coupe car comme elles l'expliquent, elles sont suivies par le comité de gestion et l'administration de l'AMPS qui sanctionnent cet acte, l'irrespect de la mesure établie pouvait amener le responsable à payer une amende jusqu'à 50 000 FCFA et vu ce qu'elles gagnent quotidiennement la conformité à la règle les protègent financièrement. Continuellement d'après TINE (2015), selon la typologie des acteurs la grande partie, les 48,15 % cueillent les huîtres pour la vente exclusivement, les 27,12 % pour la vente et l'autoconsommation et les 23,73 % restant pour l'autoconsommation uniquement. Etayant donc nos données sur la vente stricte qui est prioritaire avec 57,14 % mais la collecte pour les deux buts est bien représentée aussi avec 42,86 % et aucune cueilleuse de l'AMPS pratique cette activité pour l'autoconsommation pure. Il en ressort que la recherche de profit motive majoritairement à l'exploitation traditionnelle d'huîtres dans l'AMPS.

D'après DIEDHIOU et al. (2021) dans l'aire marine protégée d'Abéné (AMPA) l'exploitation d'huîtres est estimée à 243,2 kg/exploitant/an alors que dans notre étude elle est en moyenne de 313,9 kg/femme/an donc nettement supérieure. Ce qui trouve son fondement dans le fait que les femmes du groupement peuvent durer 2 à 3 heures dans la mangrove pour la collecte et que la pesée est faite juste après récolte sur des huîtres à l'état brut avec leur coquille et recouvertes de boue, telles que prises. La quantité d'huîtres collectées par le groupement de femmes par année est de 13 184 kg, ce qui est en phase avec les travaux de BAY (2000) qui affirme que le poids annuel d'huîtres fraîches cueillies dans la zone de Bakadadji dans le Parc National du Delta du Saloum (PNDS) est de 11 340 à 17 976 kg.

Durant le repos biologique de 4 mois (d'août à novembre), seules 69,05 % des femmes continuent à travailler en se procurant des huîtres dans les zones de Thianor, Dionewar, Niodior et Djiffer. Ainsi, à la fin de cette période les huîtres collectées peuvent atteindre de grandes tailles [6,1 ; 11,4] cm, la plupart de [10 ; 11] cm. Nos résultats sont corroborés par ceux de TINE (2015) selon qui sur ses 3 villages d'étude dans le Delta du Saloum, uniquement celui de Moundé qui applique une période de repos biologique de 5 mois (janvier à mai) a obtenu des huîtres de tailles nettement supérieures à celles des deux autres villages car les exploitants de Moundé respectent cette mesure et s'approvisionnent pendant ce temps dans les villages environnants.

L'exploitation d'huîtres dans l'AMPS est méconnue de 8 % des personnes ressources qui n'ont donc pas pu donner leur avis sur la prestation du groupement. Aussi le travail des femmes n'est pas apprécié de 8 % des personnes ressources qui soutiennent que leur méthode de collecte dans toutes les parties de la lagune possible d'accès ne permet pas un bon renouvellement du stock, en plus les huîtres de petites tailles sont décollées accidentellement ou délibérément en enlevant les huîtres de tailles marchandes puis élevées dans les bancs de sable de la lagune pour être récoltées et vendues à maturité. Ce qui justifie que les huîtres de tailles [1,4 ; 4,3] cm soient aussi collectées et qu'à l'approche du repos biologique les quantités d'huîtres obtenues ainsi que leurs tailles diminuent progressivement au fil des années.

Dans l'ensemble, l'exploitation d'huîtres dans l'AMPS ne contraint pas le bon développement de la mangrove. Effectivement, les promoteurs individuels utilisent des méthodes de production dans des parcs à huîtres et le groupement de femmes pratiquant la collecte ne coupent pas les racines de *Rhizophora* pour prendre les huîtres. Aussi, le bois dont les femmes se servent pour les griller ne provient pas de la mangrove mais de l'extérieur de l'AMPS. De plus, elles permettent à la mangrove de se régénérer en respectant la période du repos biologique. Ces données sur l'écosystème mangrove sont attestées par celles de NDIAYE (2019) qui indique que c'est la rétention de l'eau douce du bassin versant de la Somone n'arrivant plus normalement dans l'AMPS, dûe aux barrages d'Idrissa SECK, de la réserve de Bandia et à la construction de l'autoroute à péage reliant Mbour et l'Aéroport International Blaise-DIAGNE (AIBD), qui est la principale cause de la diminution des palétuviers de la lagune puisqu'elle entraîne une forte salinité du milieu et ne permet pas l'effet de chasse naturelle de l'ensablement de la lagune.

Conclusion

Les mangroves spécialement celles de la lagune de Somone sont d'une importance capitale pour les populations riveraines puisqu'elles leur offrent un certain équilibre environnemental, alimentaire et surtout financier. C'est pourquoi on a estimé nécessaire dans cette étude menée à l'AMPS d'évaluer les différents impacts écologiques et socioéconomiques liés aux modes d'exploitation des produits conchylicoles notamment des huîtres sur la gestion durable des écosystèmes mangroves. Entre autre, l'étude a montré que cette aire marine présente 4 sites d'exploitation huître (1 en édification) dont les 3 sont régis par des acteurs individuels et le restant par un groupement de femmes. Sur le plan socioéconomique, cette activité dans la lagune crée de l'emploi et favorise l'attraction des touristes pour la dégustation au niveau des paillotes des sites. Cette activité contribue également de façon importante aux revenus des parties prenantes, leurs permettant d'assouvir certains besoins quotidiens. Sur le plan écologique, les promoteurs individuels avec leurs différentes méthodes de production dans des parcs à huîtres et les femmes avec une technique par collecte sans coupe de racines de *Rhizophora* ne contraignent pas généralement la croissance de la mangrove. De surcroît, le respect du repos biologique et la provenance du bois utilisé par le groupement pour la grillade militent dans ce sens. Donc, l'hypothèse selon laquelle les diverses techniques d'exploitation d'huîtres employées dans l'AMPS (traditionnelle et moderne) entraîneraient une dégradation de la mangrove n'est pas vérifiée. Cependant, nous avons remarqué que des huîtres de tailles non commercialisables étaient détachées lors de la collecte. Mais aussi une exploitation non cadrée du groupement de femmes avec comme conséquence la diminution des ressources en quantité et taille au cours des années. Fort de ces constats, il y'a lieu d'agir pour contrecarrer les répercussions négatives de cette exploitation tout en favorisant celles positives

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMPS (2021). Rapport mensuel janvier 2021, 10 p.

ANSA E. et BASHIR R. (2007). Potentiel de pêche et de culture de l'huître de mangrove (*Crassostrea gasar*) au Nigéria. AVANO, 4 p.

ANSD (2013). Rapport définitif du Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage (RGPHAE). Grand recensement 2013, États-Unis d'Amérique : USAID, 418 p.

BARWELL I. (2019). Le transport et le village : conclusions d'une série d'enquêtes-villages et d'études de cas réalisées en Afrique. Document de synthèse de la banque mondiale n° 344 F, 73 p.

BAY T. (2000). Contribution à l'évaluation du stock d'huîtres de palétuviers (*Crassostrea gasar* ADANSON) dans le parc national du delta du Saloum (Sénégal). Travail de fin d'études en Sciences Agronomiques. Gembloux : Université de Gembloux, Belgique, 84 p.

COIFFIER C. (2001). Une pirogue chez les latmul du fleuve Sépik (Papouasie Nouvelle-Guinée). Techniques & Culture, revue semestrielle d'anthropologie des techniques, n° 35-37, pp. 233-254. ISSN 0248-6016.

CORMIER-SALEM M-C. (1987). La cueillette des huîtres en Casamance : place de cette pratique dans le système d'exploitation diola. Document scientifique, n° 106, 121 p. ISSN 0850-1602.

CORMIER-SALEM M-C. (1992). Evolution et gestion des espaces aquatiques : la Casamance. Paris : ORSTOM, 583 p. ISBN 2-7099-1073-X.

CORMIER-SALEM M-C. (2004). Pour une gestion intégrée et concertée : exemple des marais à mangroves. In : « Actes des deuxièmes journées de l'institut français de la biodiversité : biodiversité et changement global dynamique des interactions ». Paris : IFB, 98-99 p.

DIEDHIOU A., SAMBOU A. et SARR S. M. (2021). Perception des populations sur les services écosystémiques des aires protégées : Cas de l'Aire Marine Protégée d'Abéné, Sénégal. Revue écosystèmes et paysages (Togo), vol. 1, n° 1, pp. 73-84.

MARIUS C. (1985). Mangrove du Sénégal et de la Gambie. Thèse de doctorat des sciences naturelles. Strasbourg : Université Louis Pasteur, France, 137 p.

NDIAYE C. (2019). Contribution à l'évaluation des impacts des aménagements de l'autoroute à péage AIBD-MBOUR sur l'écosystème mangrove de la réserve naturelle d'intérêt communautaire de la Somone (RNICS) (Thiès-Sénégal). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux en Eaux et Forêts. Bamby : Université Alioune Diop, Sénégal, 38 p.

NDIAYE S., et AYAD M. (2006). Enquête démographique et de santé au Sénégal 2005. Centre de Recherche pour le Développement Humain Dakar, Sénégal. USA : ORC Macro, Calverton, Maryland, 487 p.

NDOYE F. et MOITY-MAIZI (2010). « Femmes et Coquillages » pour une gestion durable des ressources conchylicoles dans le Delta du Saloum au Sénégal. Séminaire international de la dynamique spatiale dans les systèmes agroalimentaires : implications pour la durabilité et le bien-être des consommateurs. Italie : PARME, 7 p.

PAG (2014). Plan de gestion de la réserve naturelle d'intérêt communautaire de la Somone (2010-2014). Direction des Parcs Nationaux, 75 p.

SOW M., DIALLO A., DIALLO N., DIXON C.A. et GUISSÉ A. (1994). Formations végétales et sols dans les mangroves des rivières du Sud. In : CORMIER SALEM, M. (1994). Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone). Paris : ORSTOM, pp. 51-57. ISSN 0767-2896.

TINE W. (2015). Impacts des modes d'exploitations des produits conchyliques sur la gestion durable de la mangrove dans le Delta du Saloum : Cas de la production d'huîtres dans la commune de Djirnda. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux en Eaux et Forêts. Thiès : Université de Thiès, Sénégal, 38 p.

TOSTAIN S. (2010). Espèces de palétuviers dans les mangroves de Toliara. Formad environnement, 32 p.

Formes d'utilisation paysannes et principales menaces sur les formations herbeuses en zones humides de la Cuvette congolaise, République du Congo

Carine BOKATOLA MOYIKOLA^{1*}, Joseph YOKA¹, Jean Joël LOUMETO¹ et Julien Gaudence DJEGO²

¹Université Marien Ngouabi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biodiversité, de gestion des écosystèmes et de l'Environnement, BP 69 Brazzaville, République du Congo

²Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie appliquée, 01 BP 526 Cotonou, République du Bénin

*Correspondance, courriel : carinebokatola@gmail.com , Tél: 00242 069335420

Résumé

Les formations herbeuses en zones humides de la Cuvette congolaise sont très sollicitées pour les activités de pêche, d'élevage et d'agriculture. Cependant la manière dont les populations exploitent ces écosystèmes extrêmement fragiles ainsi que les menaces qui pèsent déjà sur l'ensemble des zones humides de cette région restent scientifiquement encore très peu connues. La présente étude a identifié les formes d'exploitation et les menaces exercées par les populations riveraines sur les formations herbeuses en zones humides de la Cuvette congolaise, en vue d'une gestion durable. L'étude a été réalisée par la méthode de relevés phytosociologiques et complétée par une enquête auprès de 5008 résidents dont 2611 femmes ayant séjournés depuis au moins dix ans dans la zone. 302 relevés phytosociologiques effectués suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet ont permis de dénombrer 208 espèces végétales. L'individualisation des groupements à partir de la DCA (Detrended Correspondence Analysis) a permis d'identifier trois communautés végétales : les savanes amphibies, les prairies aquatiques et les savanes d'aspect steppique. Ces communautés végétales se développent sur des sols de texture différente. Les formes d'exploitation les plus remarquables sont : l'agriculture sur champs surélevés ("Mahanga"), l'agriculture de décrue ("Mitsaba"), la pêche aux enceintes mobiles ("Ndouka"), la pêche à nasses ("Lokala"), la pêche aux hameçons avec le savon comme principal appât, la pâture libre et l'usage intensif des feux de végétation. En savane amphibie, la pratique de l'agriculture sur champs surélevés serait la principale menace. En prairie aquatique la pêche au "Ndouka", "Lokala" et l'usage du savon comme appât sont les menaces les plus citées. Alors qu'en savane d'aspect steppique, la pâture libre serait la plus forte menace. Les formations herbeuses en zones humides de la Cuvette congolaise sont menacées par les mauvaises pratiques agricoles. Le recours aux pratiques agricoles plus modestes respectant l'environnement serait encouragé pour une gestion efficace et durable des zones humides.

Mots-clés : zones humides, formations herbeuses, pratiques paysannes, menaces, Cuvette congolaise

Abstract

The grassy formations in the wetlands of the Congolese basin are in high demand for fishing, livestock and agricultural activities. However, the way in which the populations exploit these extremely fragile ecosystems as well as the threats which already weigh on all the wetlands of this region remain scientifically still very little known. This study identifies the forms of exploitation and the threats exerted by the local populations on the grassy formations in the wetlands of the Congolese basin with a view to sustainable management. The study is carried out using the method of phytosociological surveys and supplemented by a survey of 5,008 residents, including 2,611 women who have stayed in the area for at

least ten years. The floristic inventory carried out on 302 phytosociological records made it possible to count 208 plant species. The individualization of the groups from the DCA (Detrended Correspondence Analysis) made it possible to identify three grassy communities: amphibious savannahs, aquatic meadows and steppe-like savannahs. These plant communities thrive on soils of different texture. The most remarkable forms of exploitation are: agriculture on raised fields ("Mahanga"), recession agriculture ("Mitsaba"), fishing with mobile enclosures ("Ndouka"), fishing with traps ("Lokala"), fishing with hooks with soap as the main bait, free grazing and the intensive use of wildfires. In amphibious savannah, the practice of agriculture on raised fields would be the main threat. In the aquatic meadow, fishing with "Ndouka", "Lokala" and the use of soap as bait are the most cited threats. Whereas in the steppe-like savannah, free grazing would be the greatest threat. The grassy formations in the wetlands of the Congolese basin would be threatened by the abuse of certain agricultural practices. The use of more modest agricultural practices that respect the environment would be encouraged for the effective management of wetlands.

Keys words: wetlands, grasslands, peasant practices, threats, Congolese basin

1. INTRODUCTION

En zones humides, les formations herbeuses assurent en même temps la sécurité alimentaire et l'atténuation des effets néfastes des changements climatiques. Cependant, depuis quelques décennies, les scientifiques lancent des cris d'alertes annonçant la perte des écosystèmes de zones humides avec comme conséquence l'effondrement de toute la diversité biologique dans ces zones (UICN, 1997 ; Barnaud, 2013 ; OZHM, 2014 ; Ramsar, 2018). Dans la Cuvette congolaise, Les formations herbeuses en zones humides sont très sollicitées pour les activités de pêche, d'élevage et d'agriculture (Bokatola *et al.*, 2017 ; Comptour, 2017 ; Rodrigues *et al.*, 2020). Cependant, la découverte du plus grand complexe de tourbière de la zone tropicale au monde, ayant une superficie de 145.500 km² et piégeant 30 milliards de tonnes de CO₂ (Dargie *et al.*, 2017 ; 2018) dans cette zone, ne cesse d'attirer les intérêts scientifiques pour une sauvegarde efficace de la zone. Il faut aussi noter que, déjà les formations herbeuses en zones humides de la Cuvette congolaise, font face à la surexploitation de certains types de faciès suite à l'augmentation actuelle de la demande en produits de pêche (UNESCO, 2010), ceci pour alimenter les marchés forains de campagne qui serviront à ravitailler les villes en produits agricoles. Les pêcheurs sont motivés à faire recours aux techniques de pêche plus productives en termes de rendement grâce à l'usage du matériel moderne qui pourtant aggrave les dégâts environnementaux. La perte d'habitats et des niches écologiques qui s'ensuit se traduit par une perte non négligeable de la diversité floristique et même halieutique. De même, quelques faciès herbacés de terre ferme et plus ou moins humide des zones d'Oyo et Boundji (sud-ouest de la Cuvette congolaise) exploités de manière plus moins intensive pour les activités pastorales ont présenté très tôt de nombreux signes de dégradation (Yoka *et al.*, 2011 ; Amboua *et al.*, 2019). Les auteurs ont souligné des modifications profondes des paramètres physico-chimiques du sol, du fait du substrat sableux et très fragile qui supporte cette végétation herbacée de la Cuvette congolaise. Certains sites rares ou spécifiques à certaines espèces sont détruits avant les inventaires scientifiques. Ainsi, l'insuffisance de données scientifiques sur la manière dont les populations exploitent ces écosystèmes extrêmement fragiles en zones humides, rend la gestion de ces espaces inefficace. C'est dans ce cadre que, la présente étude se propose d'identifier les formes d'exploitation et les menaces exercées par les populations riveraines sur les formations herbeuses en zones humides de la Cuvette congolaise en vue d'une gestion durable.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

Le matériel d'étude est constitué par les formations herbeuses des zones humides de la Cuvette congolaise. Ces formations peuvent être subdivisées en trois catégories en tenant compte du type de zone humide qui les caractérisent, ce sont : savanes amphibies ou savanes périodiquement inondées, les prairies aquatiques qui sont des formations herbeuses inondées en permanence et les savanes d'aspect steppique localement appelées "Loussékés". La zone d'étude est délimitée entre 15° et 18° de longitude est et entre 0° et 1° de latitude sud, au sud-ouest de la Cuvette congolaise.

2.2. Méthodes

L'étude est réalisée par la méthode de relevés phytosociologiques (Delassus, 2015). Les groupements sont identifiés à partir de la carte factorielle issue de la DCA (Detrended Correspondence Analysis) avec le logiciel PC-ORD version 5.0. Les formes d'exploitation sont repérées à partir des observations faites pendant les séances de prospections des sites et lors de la réalisation des relevés sur le terrain. Par contre, les menaces potentielles sur les formations herbeuses des zones humides de la Cuvette congolaise sont ici perçues comme toute perturbation des paramètres physiques et chimiques de l'habitat. Les constats sont faits sur le terrain, ensuite, une enquête est réalisée auprès des populations riveraines afin de recueillir le maximum d'informations possibles. Les interviews sont basées sur un questionnaire semi-directif à questions ouvertes et fermées auprès de 5008 résidents dont 2611 femmes ayant séjourné depuis au moins dix ans dans la zone d'étude. Les classes sociales interrogées sont constituées des élèves, des commerçants, des pêcheurs, des agriculteurs et des éleveurs (**Tableau I**). Les élèves interrogés, sont ceux ayant au moins le niveau 4^e de l'enseignement secondaire et qui participent activement aux activités de pêche d'élevage et d'agriculture. Ils sont ici perçus comme les témoins intellectuels de l'exploitation des zones humides dans la Cuvette congolaise. Leur avis est nécessaire pour pouvoir juger de l'efficacité de la gestion paysanne. Au total, 04 communautés urbaines, 20 villages, 11 campements de pêche et 13 marchés forains (**Figure 1**) ont fait l'objet des enquêtes en groupe ou de façon individuelle au sein des ménages et dans les endroits publics dans la période allant de mai 2017 à novembre 2019. Le prélèvement des échantillons des sols s'est fait à la tarière sur une profondeur de 0 à 20 cm. La profondeur choisie correspond à la couche colonisée par le système racinaire fasciculé des graminées. Les fractions granulométriques du sol ont été réalisées au laboratoire des sciences du sol de l'Université d'Abomey-Calavi en République du Bénin. L'indice de similarité de Sorensen entre les groupements a été calculé. Les espèces dominantes ont été déterminées à partir de leur recouvrement moyen et classes de présence (Djégo, 2006). Les valeurs indicatrices des espèces dominantes ont été déterminées avec le logiciel R version 3.5.3.

Tableau I : Effectifs des populations enquêtées par classe sociale (TE : Total enfants ; TA : Total adultes ; TP : Total personnes âgées ; TG : Total général)

| Classes sociales | Enfants (15 à 17 ans) | | | Adultes (18 à 45 ans) | | | Personnes âgées (46 ans et plus) | | | TG |
|------------------|-----------------------|------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|----------------------------------|------------|------------|-------------|
| | filles | garçons | TE | femmes | hommes | TA | femmes | hommes | TP | |
| Elèves | 863 | 386 | 1249 | 589 | 1174 | 1763 | - | - | - | 3012 |
| Commerçants | 109 | 37 | 146 | 484 | 192 | 676 | 261 | 141 | 402 | 1224 |
| Pêcheurs | 23 | 96 | 119 | 68 | 205 | 273 | 36 | 77 | 113 | 505 |
| Agriculteurs | 13 | 5 | 18 | 119 | 08 | 127 | 38 | 06 | 44 | 189 |
| Eleveurs | 00 | 03 | 03 | 05 | 54 | 59 | 03 | 13 | 16 | 78 |
| Total | 1008 | 527 | 1535 | 1265 | 1633 | 2898 | 338 | 237 | 575 | 5008 |

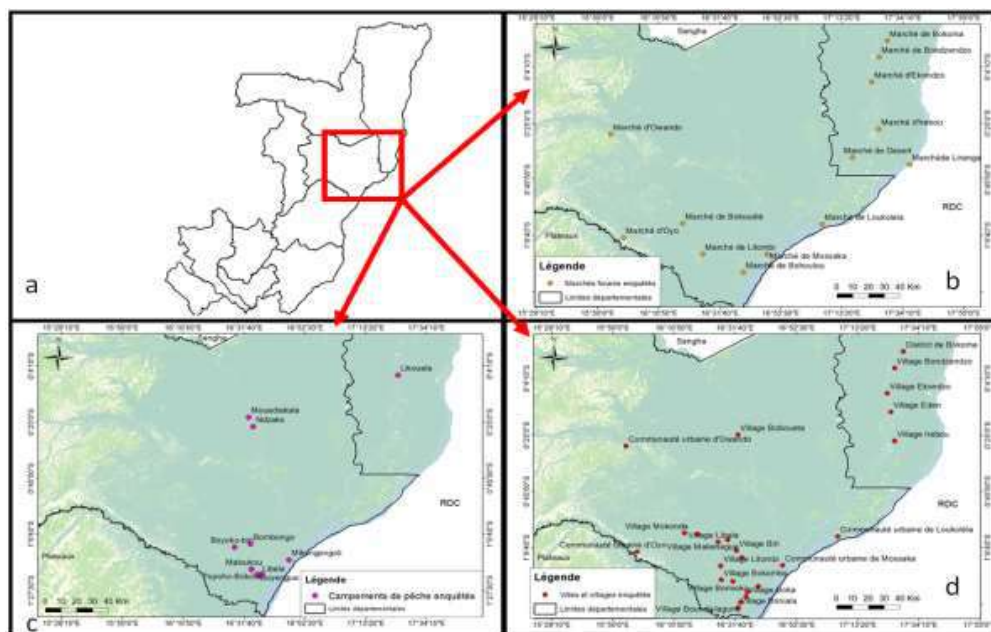


Figure 1 : Localisation géographique des villes, villages et marchés forains enquêtés

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Composition floristique

L'inventaire floristique réalisé à partir de 302 relevés phytosociologiques a permis de dénombrer 208 espèces dont 10 espèces de plantes sans fleurs (5 %), 5 espèces de dicotylédones basales ou archaïques (2 %), 119 espèces de monocotylédones (57 %) et 74 espèces de Eudicotylédones (36 %) (**Figure 2**). La prédominance des espèces de monocotylédones s'explique par la présence très

remarquable des espèces de graminées et cypéracées qui caractérisent l'architecture de l'ensemble du paysage herbacé en zones humides (François *et al.*, 2012). De même en zone de terre ferme adjacente, les travaux réalisés par Yoka *et al.* (2011) et Bokatola *et al.* (2017) en savane ont montré une nette prédominance des espèces de graminées. Cette prédominance des graminées dans les formations herbeuses est justifiée par leur capacité de résistance vis-à-vis des perturbations du milieu grâce à un système végétatif en parti caché dans la vase, favorisant ainsi l'occupation rapide du milieu à partir des repousses.

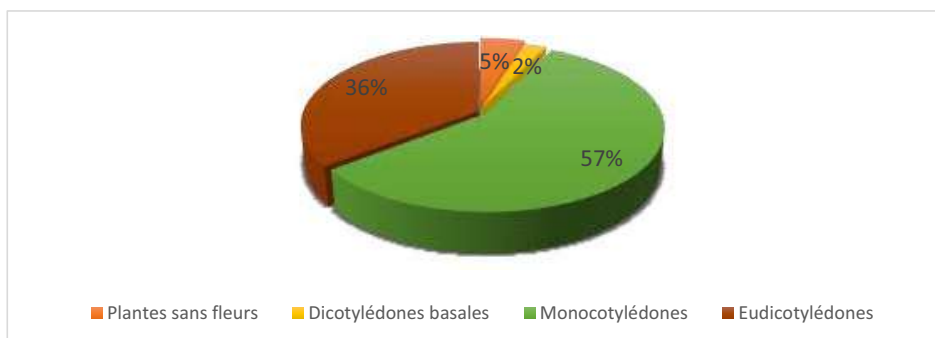


Figure 2 : Répartition des espèces au sein des grandes unités taxonomiques

3.2. Individualisation des groupements végétaux

L'individualisation des groupements par la DCA a permis d'identifier trois grandes communautés végétales (**Figure 3**). La communauté des savanes amphibies constituée de deux groupements (G1 et G2), la communauté des prairies aquatiques formée de deux grands ensembles (E1 et E2) et la communauté des savanes d'aspect steppique constituée aussi de deux ensembles (E3 et E4). Les espèces dominantes de ces groupements et ensembles sont consignées dans le **Tableau II**. La profondeur et la permanence de l'eau semble être des paramètres expliquant la discrimination positive (de la gauche vers la droite) des prairies aquatiques et des savanes d'aspect steppique sur le plan factoriel de l'axe 1 de la DCA. Par contre, l'axe 2 semble mettre en évidence un gradient de drainage du substrat mettant les sols présentant un mauvais drainage vers le bas et les sols présentant un bon drainage vers le haut. Les résultats rejoignent ceux de Kouame *et al.*, (2009) en Côte-d'Ivoire. Les prairies aquatiques sont donc les formations les plus humides et d'eau profonde. Elles se caractérisent par une inondation prolongée et un engorgement permanent. Les savanes amphibies sont par contre les formations herbeuses les moins humides. Elles sont marquées par une longue et remarquable phase de décrue. Les savanes d'aspect steppique sont remarquées par la présence des buttes et des touradons qui hébergent une flore mixte.

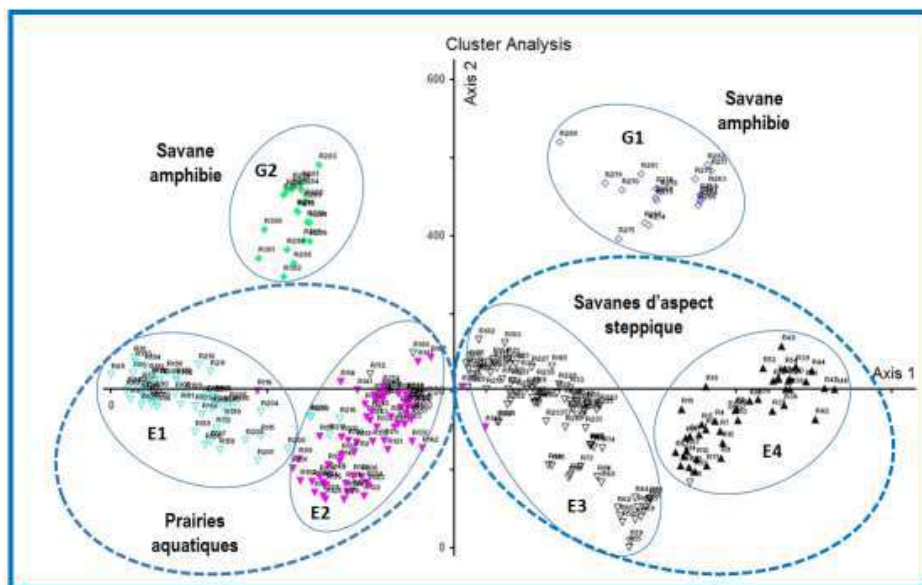


Figure 3 : Carte factorielle des groupements végétaux identifiés

Tableau II: Recouvrement moyen (RM), classe de présence (CP) et valeur indicatrice (VI) des espèces dominantes

| Groupements | Espèces dominantes | RM | CP | VI |
|-------------|---|-------|-----|------|
| | Savanes amphibies | | | |
| G1 | <i>Hyparrhenia diplandra</i> (Hack.) Stapf | 77,5 | V | 0,14 |
| G2 | <i>Anadelphia leptocoma</i> (Trin.) Pilg. | 72,5 | V | 0,15 |
| | Prairies aquatiques | | | |
| E1 | <i>Echinochloa stagnina</i> (Retz.) P. Beauv. | 59,6 | V | 0,39 |
| | <i>Cyperus papyrus</i> L. | 25 | III | 0,07 |
| | <i>Urochloa arrecta</i> (Hack. ex T. Durand & Schinz) Morrone | 34,79 | V | 0,12 |
| E2 | <i>Anosporum pectinatus</i> (Vahl) Lye | 19,8 | III | 0,29 |
| | <i>Isachne albens</i> var. <i>buettneri</i> (Hack.) Veldkamp | 39,39 | V | 0,37 |
| | <i>Vossia cuspidata</i> (Roxb.) Griff. | 71,59 | V | 0,34 |
| | <i>Panicum funaense</i> Vanderyst | 45,4 | V | 0,27 |
| | Savanes d'aspect steppique | | | |
| E3 | <i>Andropogon festuciformis</i> Rendle | 62,5 | V | 0,12 |
| | <i>Mayaca baumii</i> Gürke | 23,67 | IV | 0,08 |
| | <i>Anadelphia hamata</i> Stapf | 45,88 | V | 0,36 |
| E4 | <i>Hyparrhenia wombaliensis</i> (Vanderyst ex Robyns) Clayton | 40,3 | V | 0,94 |
| | <i>Loudetia simplex</i> (Nees) C. E. Hubb. | 71,71 | V | 0,32 |

Le calcul de l'indice de similarité de Sorensen (**Figure 4**) entre les formations herbeuses étudiées a révélé qu'il n'y a aucune similitude floristique entre les matrices G1, G2, E1, E2, E3, et E4. Cependant, entre certains faciès appartenant à une même matrice, quelques similitudes floristiques ont été enregistrées.

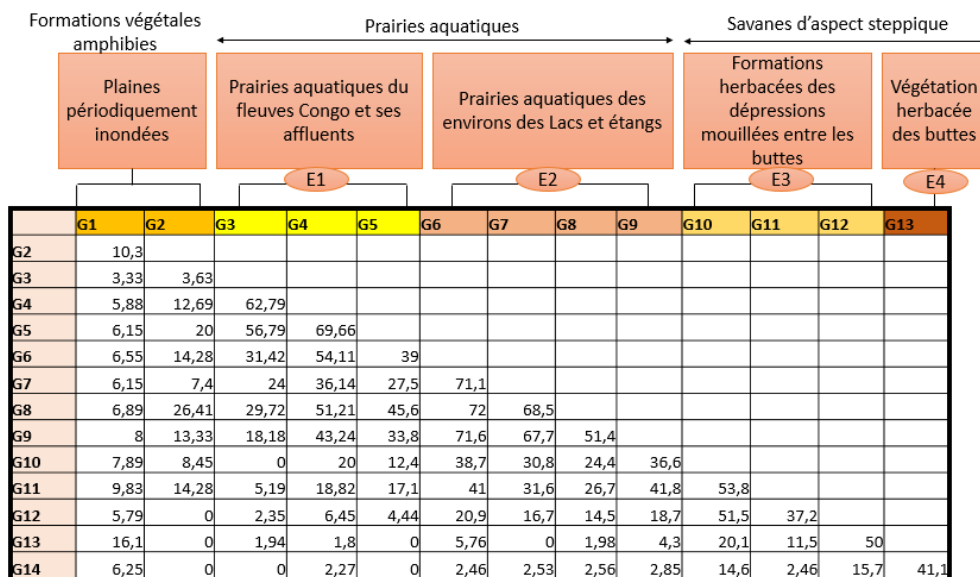


Figure 4 : Indice de similarité de Sorensen entre les formations herbeuses étudiées

3.3. Granulométrie

L'analyse granulométrique des sols sous les formations herbeuses étudiées révèle que la composition du sol varie d'une communauté végétale à l'autre. Dans l'ensemble, les sols peuvent être argileux, limoneux ou sablonneux selon les sites. Les résultats trouvés montrent que le taux d'argiles du sol au niveau des savanes amphibies dépasse une moyenne de 45%. Les sols de texture argileuse ont été également signalés en plaine inondable de la zone de Mossaka par Rodrigues et *al.* (2020). Les formations herbeuses à dominance *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf sont celles qui occupent de préférence ce type de sol. Les sols sous les prairies aquatiques de la zone d'étude semblent être riches en limons ou en sables selon qu'il s'agit des groupements des environs des lacs et étangs ou des formations herbeuses du fleuve. Le taux moyen de limons est supérieur à 50% sous les formations herbeuses des environs des lacs et étangs. Sur ce type de sol de texture limoneuse, les groupements végétaux les mieux observés sont ceux à dominance *Echinochloa stagnina* (Retz.) P. Beauv. et *Vossia cuspidata* (Roxb.) Griff. Les savanes d'aspect steppique se développent plutôt sur les sols très riches en sables, la moyenne est au-dessus de 60% de sables (**Figure 5**). Sur sols sablonneux des savanes d'aspect steppique en zone humide, les groupements les mieux représentés sont ceux à dominance *Andropogon festuciformis* Rendle et *Loudetia simplex* (Nees) C. E. Hubb. La composition granulométrique est aussi l'un des paramètres

importants expliquant la répartition des communautés végétales en zones humides de la Cuvette congolaise (Bokatola *et al.*, 2021).

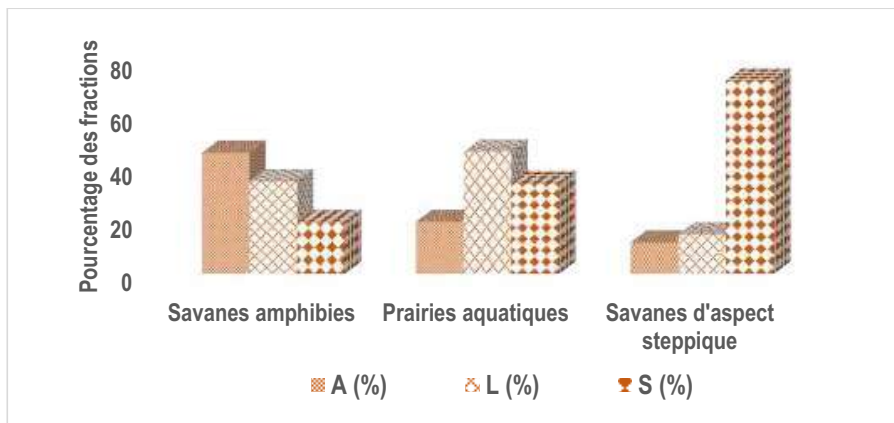


Figure 5 : Granulométrie du sol sous les formations herbeuses étudiées (A = argiles ; L = limons ; S = sables)

3.4. Formes d'exploitation en zones humides herbeuses de la Cuvette congolaise

Les pratiques d'agriculture : deux principaux types d'agriculture se développent en zones humides herbeuses de la Cuvette congolaise, ce sont : l'agriculture sur terre surélevée et l'agriculture de décrue ou de la phase d'étiage. L'agriculture sur terre surélevée est pratiquée particulièrement au niveau des savanes amphibies. Ce choix serait orienté par des quantités importantes de matière végétale qu'offre la graminée dominante pour des besoins d'amendement des champs (Rodrigues *et al.*, 2020). La technique consiste à construire des buttes en faisant augmenter le niveau du terrain pour faire échapper les cultures à l'inondation de la plaine alluviale. Par contre, l'agriculture de décrue reste une pratique très commune à la plupart des prairies herbeuses humides dans le monde (FAO, 2019). Les agriculteurs profitent des sols fertilisés par l'apport régulier des dépôts alluvionnaires pour améliorer les rendements. Dans la Cuvette congolaise, l'agriculture de décrue est pratiquée principalement au niveau des prairies aquatiques (**Figure 6**). La technique consiste à mettre les cultures sur des petits sillons dès la l'apparition du sol avec l'étiage (retrait des eaux) et de les retirer juste avant que la crue ne les submerge à nouveau. De préférence les espèces cultivées sont celles à cycle court qui peuvent arriver à maturité avant la prochaine crue.

Les pratiques de pêche : la population fait recours à plusieurs techniques de pêche, parmi les plus rentables figurent la pêche à la nasse ("Lokala"), la pêche aux enceintes mobiles ("Ndouka"), la pêche au barrage à nasses, la pêche aux filets et la pêche aux hameçons. Les pratiques de "Lokala" et de "Ndouka", consistent à clôturer une surface jugée contenir un nombre important de poissons (**Figure 6**). Ensuite,

toute la végétation herbacée se trouvant dans l'enclot est détruite et tout le macrofaune aquatique piégée est capturée. Cependant, il existe plusieurs techniques allant dans le même sens dénommées localement par "Mapaki" ou "Botsawaka", "Bodzataka" et "Mossoyi". Les prairies aquatiques sont très sollicitées pour ces pratiques. Les populations font également recourt à la technique de barrages à nasses localement appelés "Bouando" ou "Moboka". Les filets et les hameçons sont les instruments les plus utilisés dans la pratique de la pêche. Les pêcheurs utilisent jusqu'à 1000 hameçons et de 100 à 200 filets par personne. Ils varient leurs appâts de pêche en fonction des saisons. Plusieurs types d'appâts sont utilisés mais le savon occupe la première place. Les catégories de savon utilisé sont : savon le coq, le savon popular, le savon zing, le savon bonjour, le savon bleu, le savon de Marseille, le savon saba, le savon soleil, le savon mouganga et le savon oléo. Le silure (*Clarias sp.*) est l'espèce de poissons la plus pêchée par l'utilisation du savon comme appât. D'une manière générale, en période d'inondation, toutes les formations herbeuses sont exploitées pour les activités de pêche. Cependant, les formations à *Vossia cuspidata* (Roxb.) Griff. et celle à *Isachne albens var. buettneri* (Hack.) Veldkamp sont les plus sollicitées pour la pratique du "Lokala". Alors que les formations à *Echinochloa stagnina* (Retz.) P. Beauv. et celles à *Cyperus papyrus* L., semblent être les plus sollicitées pour la pratique du "Ndouka". Cette préférence pourrait s'expliquer par le fait que le "Lokala" étant construite artisanalement serait moins adapté en eaux profondes alors que le filet "Ndouka" construite à l'usine serait plus large et résisterait mieux au courant d'eau.

L'élevage et l'usage des feux de végétation : de nos enquêtes auprès des populations riveraines des zones humides de la cuvette congolaise, il en ressort que la pratique d'élevage reste secondaire à la pêche et concerne particulièrement les bovins, les caprins, les ovins et les volailles. En ce qui concerne particulièrement l'élevage bovin, les groupements végétaux des savanes d'aspect steppique seraient plus sollicités (**Figure 6**). Comme partout ailleurs en Afrique, en République du Congo, les feux de végétation constituent un véritable outil de gestion des paysages naturels (Lubalega, 2016). Les populations font régulièrement intervenir les feux de saison sèche pour de multiples raisons : pêche, chasse, agriculture, amélioration des passages, routine, etc.



Figure 6 : Quelques formes d'exploitation des formations herbeuses des zones humides de la Cuvette congolaise

3.5. Facteurs de menaces sur les formations herbeuses des zones humides

3.5.1. Facteurs de menaces sur les savanes amphibiennes

La **Figure 7**, illustre les appréciations des populations locales sur les principales formes de menaces qui pèsent sur les savanes amphibiennes de la zone d'étude. La pratique de l'agriculture sur champs surélevés est la forme de menace la plus citée par l'ensemble des enquêtés. Elle est suivie par l'usage intensif des feux de végétation et de la pratique de l'agriculture de décrue ou agriculture d'étiage sur petits sillons. Signalons que l'utilisation des prairies aquatiques pour les pratiques agricoles devrait se faire avec beaucoup de précaution car les sillons fabriqués après désherbage peuvent mobiliser les éléments chimiques en quantité importante dans le sol et provoquer selon les cas des proliférations de la microflore aquatique (François *et al.*, 2012).

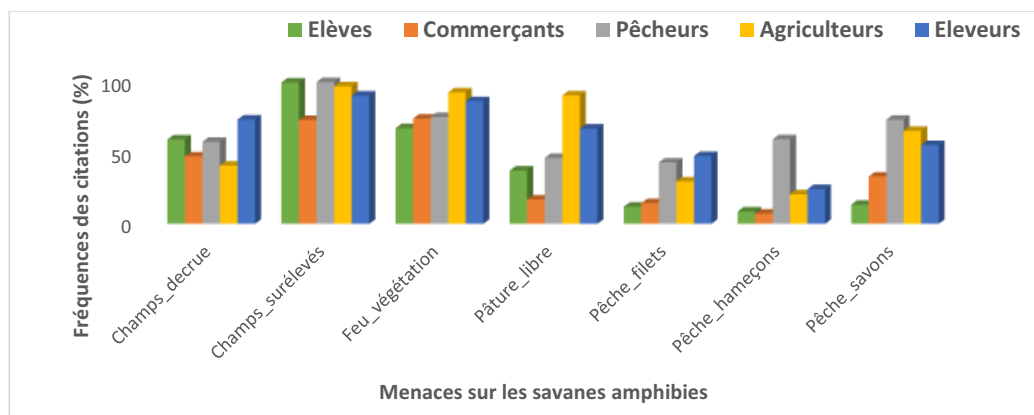


Figure 7 : Appréciation des formes de menaces sur les savanes amphibiennes par classe sociale

3.5.2. Facteurs de menaces sur les prairies aquatiques

Les appréciations des formes de menaces sur les prairies aquatiques par classe sociale (**Figures 8**) montrent que les pratiques de pêche au “Ndouka”, à “Lokala” et l’usage du savon comme appât dans la pêche aux hameçons sont les principales menaces qui pèsent lourdement sur les prairies aquatiques de la zone d’étude. Ces pratiques constituent une menace inquiétante pour la survie des prairies aquatiques de la Cuvette congolaise. Elles compromettent la viabilité des ressources, si bien que Comptour (2017) dans la zone de Mossaka s’interrogeait sur la durabilité de la pratique du “Ndouka” qui permet d’attraper même les fretins, détruit les frayères et contribue à l’érosion des berges en détruisant la végétation. Cette destruction de la végétation qui fait suite à la pratique du “Ndouka” conduit à la dégradation des conditions de vie de certaines espèces de la macrofaune sauvage comme les Hippopotames et certains reptiles protégés. La rareté de poissons qui fait suite à ces pratiques fragilise les personnes âgées qui sont souvent démunies, n’ayant pas accès au matériel moderne de pêche. De même, les résultats des enquêtes sur le terrain montrent que le savon utilisé comme appât de pêche conduit à une dégradation de la qualité des eaux, entraînant ainsi un ralentissement du mouvement des poissons dans les jours qui suivent. Le déplacement des poissons dans la zone impactée revient à la normal après la tombée d’une ou de deux pluies importantes. Les menaces dues à la technique de la pêche aux barrages à nasses seraient sans doute liées à la modification du sens de l’écoulement de l’eau qu’occasionne ces barricades. Les flux d’eau en aval sont souvent ralentis, ce qui provoque dans la plupart des cas des modifications importantes de la composition floristique typique des milieux humides. Par contre les perturbations liées à la pêche aux filets seraient causées par des déplacements massifs des pêcheurs par pirogues, pour les visites de leurs filets.

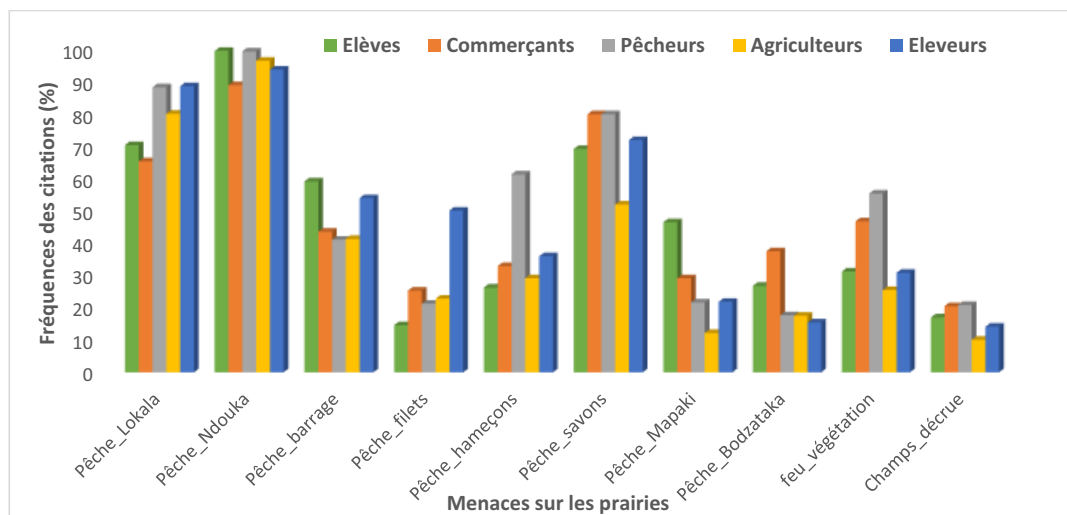


Figure 8 : Appréciation des formes de menaces sur les prairies par classe sociale

3.5.3. Facteurs de menaces sur les savanes d'aspect steppique

Les résultats d'enquête sur les menaces pesant sur les savanes d'aspect steppique en fonction des classes sociales sont illustrés par la **Figure 9**. L'observation de cette figure montre que les pratiques liées à la pâture libre, aux feux de végétation et à la pêche au barrage sont des principaux facteurs de menaces sur les savanes d'aspect steppique. La pâture libre provoque une modification de la composition floristique avec possibilité de mutation d'un type de végétation à un autre (Yoka *et al.*, 2011 ; Bokatola *et al.*, 2017). Cependant, les feux de végétation sont bénéfiques dans la gestion des écosystèmes herbacés lorsqu'ils interviennent régulièrement en fin du cycle de végétation. Les feux incontrôlés de fin de saison sèche constituent une menace pour les espaces forestiers, les savanes et les steppes (Hiol Hiol *et al.*, 2013 ; Ekhasa et Oyo, 2012).

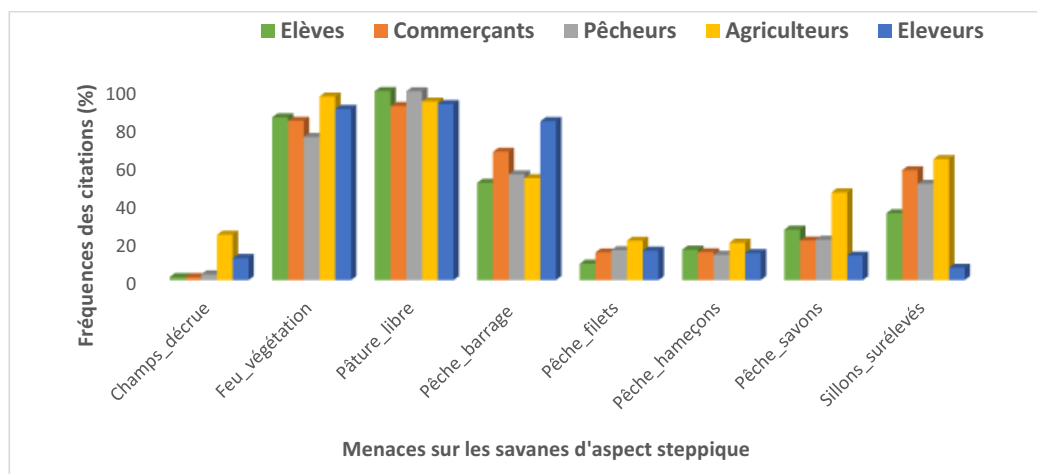


Figure 9 : Appréciation des formes de menaces sur les savanes d'aspect steppiques par classe sociale

4. CONCLUSION

Les formations herbeuses des zones humides de la Cuvette congolaise, font l'objet d'une exploitation par les populations riveraines à travers les pratiques de l'agriculture sur terre surélevée, de l'agriculture de la phase d'étiage, de l'usage des feux de végétation, de l'élevage et de la pêche. Les formations périodiquement inondées ou savanes amphibies sont les plus sollicités pour les pratiques agricoles. La pêche est de préférence pratiquée en prairies aquatiques, mais en période de crue, toutes les formations herbeuses font l'objet d'exploitation pour la pêche. Les groupements des savanes d'aspect steppique sont les plus sollicités pour l'élevage bovin. La composition granulométrique du sol varie avec les communautés végétales. Sous les savanes amphibies le sol est de texture argileuse. Les prairies aquatiques se développent sur sol plus limoneux alors que les savanes d'aspect steppique sont sur sol sableux. En zones humides de la Cuvette congolaise les formations herbeuses seraient menacées par l'agriculture sur champs surélevés ("Mahanga"), l'agriculture de décrue ("Mitsaba"), la pêche aux enceintes mobiles ("Ndouka"), la pêche à nasses ("Lokala"), la pêche aux hameçons avec le savon comme principal

appât, la pâture libre et l'usage intensif des feux de végétation. Mais pour freiner ces mauvaises pratiques, les orientations vers les pratiques plus responsables, modestes et respectueuses de l'environnement, seraient plus clairement encouragées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Amboua I. O., Assongba Y. F., Yoka Y., Akouango P. et Djego J. G., 2019. Effet des arbustes sur la diversité floristique et la production herbacée dans les pâturages au ranch d'Essimbi à Boundji (République du Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 134, 13618-13629.

Barnaud G., 2013. De l'assainissement de marécages fangeux à la reconquête d'infrastructures naturelles. Les journées de l'eau, CNRS, 33p.

Bokatola M. C., Yoka J., et Loumeto J. J., 2017. Impact de la pâture sur la diversité floristique et la production herbacée des savanes de la zone de Boundji, Cuvette congolaise, République du Congo. *Afrique Science* 13(3), 15-29.

Bokatola M. C., Yoka J., Loumeto J. J., Djego J. G., Baba-Moussa L. S. (2021). Physico-chemical properties of soils under herbaceous groups in the wetlands of the Congolese Cuvette District, Congo. *International Journal of Biosciences (IJB)*, vol.19, No.3, P.90-98.

Comptour. M., 2017. Entre pêche, agriculture, et commerce, jouer avec la variabilité écologique et sociale : Dynamique d'un système social-écologique dans les plaines inondables du fleuve Congo. *Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, Montpellier*, 520p.

Dargie G.C., Lewis S. L., Lawson I. T., Mitchard E. T.A., Page S. E., Bocko Y. E., et Ifo S.A., 2017. Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature*, 542 (7639), 86-90.

Dargie G. C., Lawson I. T., Rayden T. J., Miles L., Mitchard E. T. A., Page S. E., Bocko Y. E., Ifo S. A., et Lewis S. L., 2018. Congo Basin peatlands: threats and conservation priorities. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*. <http://doi.org/10.1007/s11027-017-9774-8>.

Delassus L., 2015. Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques, Brest. *Conservatoire botanique national de Brest* document technique, 25p.

Djego J. G., 2006. Phytosociologie de la végétation de sous-bois et Impact Ecologique des plantations forestière sur la diversité floristique au Sud et au centre du Bénin. *Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou*, 448p

Ekhassa B., et Oyo P., 2012. Le paysage du Lac Télé - Lac Tumba, Changement climatique et forêts dans le bassin du Congo : Synergies entre l'adaptation et l'atténuation. COBAM, 4p.

FAO, 2019. Projet ressource : site des zones humides sahéliennes du SWM programme. Bulletin N°4.

- François R., Prey T., Hauguel J.-C., Catteau E., Farvacques C., Duhamel F., Nicolazo C., Mora F., Cornier T. et Valet J.-M., 2012.** Guide des végétations des zones humides de Picardie. Centre régional de phytosociologie agréé, Conservatoire Botanique National de Bailleul, Bailleul, 656p
- Hiol Hiol F., Kemeuze V.A. et Konsala S., 2013.** Chapitre 6 : Les espaces forestiers des savanes et steppes d'Afrique Centrale. In : Etat des forêts du bassin du Congo 2013. Eds : de Wasseige C., Flynn J., Louppe D., Hiol Hiol F. Mayaux Ph. (2014), *Weyrich édition*, Belgique, 19p.
- Kouame M. L. O., Egnankou M. W., et Traore D., 2009.** Ordination et Classification de la végétation des zones humides du Sud-Est de la côte d'ivoire. *Agronomie Africaine*, 21(1), 1-13.
- Lubalega T., 2016.** Evolution naturelle des savanes mises en défens à Ibi-village, sur le plateau des Batéké, en République Démocratique du Congo. Thèse de Doctorat en Sciences forestières. *Université Laval*, Québec, Canada et *Université de Kinshasa*, Kinshasa, RDC, 134p.
- OZHM (Observatoire des Zones Humides Méditerranéennes), 2014.** La biodiversité des zones humides méditerranéennes : Etat des lieux au début du 21^{ème} siècle. *Rapport de synthèse sur la biodiversité* : www.medwetlands-obs.org/fr
- Ramsar, 2018.** Perspectives mondiales des zones humides : état des zones humides à l'échelle mondiale et les services qu'elles fournissent à l'humanité. *Secrétariat de la convention de Ramsar*. Gland, Suisse, 88p.
- Rodrigues L., Sprafke T., Bokatola M. C., Barthès G. B., Bertrand I., Comptour M., Rostains S., Yoka J., et Mckey D., 2020.** A Congo Basin ethnographic analogue of pre-columbian Amazonian raised fiels shows the ephemeral legacy of organic matter management. *Scientific Reports*, 10(10851), 12p.
- UICN, 1997.** La conservation des zones humides. Problèmes actuels et mesures à prendre. *Services des publications de l'UICN*, CH-1196 Gland, Suisse, 100p.
- UNESCO, 2010.** Le patrimoine mondial dans le Bassin du Congo. *Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO*, Paris, 64p.
- Yoka J., Amiaud B., Epron D., Loumeto J. J., et Voudibio J., 2011.** Evolution sous pâture de la composition floristique des savanes de la Cuvette congolaise (République du Congo). *Annales de l'Université Marien Ngouabi*, 12 (4), 23-38.

VALORISATION DES FEUILLES DE MANIOC (*Manihot esculenta*) EN ALIMENTATION MELANGEE ET EN LIBRE CHOIX CHEZ LE POULET DE CHAIR AU CONGO.**Auteurs : Pitchou Prudence ADZONA¹, Henri BANGA-MBOKO¹****Co-auteurs : Jean Bamard BATI³, Joseph Rustie GUEMBO²**¹Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,²Faculté des Sciences et Techniques Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo, BP. 69 Congo Brazzaville,³Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux Africains, face stade Alphonse Massamba Débat, Brazzaville, Congo.

Auteur correspondant : *ADZONA Pitchou Prudence Tel :.00242 06 850 60 90/ 00242 05 735 71 06

E-mail [.adzoprud@gmail.com](mailto:adzoprud@gmail.com)**RESUME**

Les feuilles de manioc abandonnées sur les champs après la récolte des racines constituent une source locale en éléments nutritifs chez la volaille. L'alimentation libre choix consiste à dissocier le régime alimentaire en deux fractions pour permettre à la volaille d'ajuster elle-même l'ingéré alimentaire en fonction de ses besoins journaliers. L'objectif de ce travail était de comparer l'alimentation mélangée et séparée à base de feuilles de manioc sur les performances des poulets de chair. Pour atteindre cet objectif, un échantillon de 100 poulets de chair de souche COBB 500 âgés de 3 semaines a été réparti en deux lots (témoin et traité). Chaque lot était subdivisé en 5 répétitions de 10 poulets chacun. Les sujets du lot témoin ont été nourris avec un aliment contenant 5% de farine de feuilles de manioc servie dans une seule mangeoire tandis que ceux du lot traité ont reçu un aliment de base distribué dans une première mangeoire et de la farine de feuilles de manioc servie dans une seconde mangeoire. Les résultats ont montré que l'alimentation séparée des feuilles de manioc a amélioré significativement ($p < 0.05$) le poids vif final à 6 semaines (1692 g contre 1900 g), la consommation de l'aliment (120,5 g contre 153,94), le GMQ (43,2 g/jour contre 62,9 g/jour, l'indice de consommation (2,3 contre 2,0). Par ailleurs, la consommation de la farine de manioc a été modulée en alimentation séparée et constante en alimentation mélangée ($p < 0.05$) (5 g par jour contre 1,3 g). L'incorporation des feuilles de manioc en mode séparé ouvre des perspectives intéressantes en aviculture fermière tropicale.

Mots clés : Provende, Cobb 500, Cassava, croissance, Congo-Brazzaville.**VALORIZATION OF CASSAVA LEAVES (*Manihot esculenta*) IN MIXED AND FREE CHOICE FEEDING IN BROILER IN CONGO****ABSTRACT**

Cassava leaves left on the fields after harvesting of the roots are a local source of nutrients for poultry. Free choice feeding consists in separating the diet into two fractions to allow the poultry to adjust the feed intake itself according to its daily needs. The objective of this work was to compare the mixed and separated feed based on cassava leaves on the performance of broiler chickens. To achieve this objective, a sample of 100 3-week-old COBB 500 broiler chickens was divided into two batches (control and treated). Each batch was subdivided into 5 replicates of 10 chickens each. Subjects in the control batch were fed a diet containing 5% cassava leaf flour served in a single feeder while those in the treated batch received a staple feed distributed in a first feeder and cassava leaf flour served in a second manger. The results show that separate feeding of cassava leaves significantly improved ($p < 0.05$) final live

weight at 6 weeks (1692 g against 1900 g), feed consumption (120.5 g against 153.94), the ADG (43.2 g/day against 62.9 g/day, the consumption index (2.3 against 2.0). In addition, the consumption of cassava flour was modulated in separate feed and constant in mixed feed ($p < 0.05$) (5 g per day against 1.3 g) The incorporation of cassava leaves in free choice feeding up interesting tools in tropical poultry farming.

Keywords: Provender, Cobb 500, Cassava, growth, Congo-Brazzaville

INTRODUCTION

Les productions avicoles dans le monde connaissent une croissance avec les progrès de la maîtrise de l'alimentation, Cependant, en Afrique, le développement de l'aviculture est limité par la disponibilité et la qualité des aliments (FAO., 2000). L'aliment de bétail occupe environ 70-85% du coût de la production de la volaille. C'est donc à cause du coût élevé des ressources de l'alimentation conventionnelles comme maïs, soja, farines animales aliment qui sont utilisée dans l'alimentation animale. Il en est de même pour la production avicole au Congo qui subit encore la cherté des aliments fabriqués à base de matières premières importées.

Parmi les stratégies permettant de réduire le coût alimentaire il y a la maîtrise des techniques de l'alimentation ainsi de l'apport des matières premières locales. C'est pourquoi il est bon de chercher des sources localement disponibles et bon marché d'ingrédients de l'alimentation, en particulier ce qui n'attirent pas à compétition dans la consommation entre êtres humains et bétail.

Au Congo, les feuilles de manioc abandonnées sur le champ après récolte sont largement disponibles localement. Les feuilles de manioc sont riches en protéines (21%), peuvent être utilisées dans l'alimentation des volailles (Houndonougbo *et al.* , 2012). Mais actuellement, la pratique de l'aliment mélangé prédomine dans les élevages, parce, elle permet de contrôler la composition de l'ingéré globale, et de la moduler en fonction de l'âge et des performances de croissance. Par contre il est connu que les poulets sont capables de sélectionner parmi les différents ingrédients alimentaires qui leur sont offerts : alimentation de libre choix. L'alimentation de libre choix permet aux poulets à partir de 3 semaines d'ajuster précisément leur consommation pour maintenir une consommation d'énergie constante. (Yo 1994).

De ce fait de nombreux travaux ont déjà été réalisés sur la pratique de l'alimentation complète à base des feuilles de manioc chez les ruminants et les volailles. (Iheukwumere., *et al.* ,2008 ; Dahouda *et al.* ,2009 ; Houndonougbo *et al.*,2012). L'incorporation de 5% à 10% de ceux-ci dans des régimes alimentaires ont montré le meilleur compromis entre coût de la ration et performance des animaux (Bindelle *et al.* ,2004 ; Houndonougbo *et al.*,2012). En revanche, les données sur l'utilisation des feuilles de manioc en mode séparée ne sont disponibles dans la littérature. Par ailleurs, l'aptitude des volailles à sélectionner naturellement un régime alimentaire à partir de trois semaines, a été rapportée par plusieurs auteurs dont Yo (1994).

Le fractionnement du régime alimentaire comprend plusieurs variables dont celle qui consiste à distribuer séparément le calcium des autres ingrédients chez la poule pondeuse (Banga-Mboko et al., 2007 et Adzona et al., 2017). Chez la volaille chair, la séparation des matières énergétiques des ingrédients riches en MAT et en matières minérales a été préconisée (Yo 1992 ; Adzona 2013) de même que l'alimentation séquentielle chez les volailles chair et ponte (Bouvarel et al., 2004 ; Umar, 2010).

Partant de ce principe, l'utilisation des feuilles de manioc en mode de libre choix dans l'alimentation des volailles serait donc une alternative pour améliorer la rentabilité des élevages avicoles.

Ce travail repose sur l'hypothèse selon laquelle les feuilles de manioc dans une ration de volaille en mode de libre choix amélioreraient les performances zootechniques de poulets de chair en finition. L'objectif spécifique de ce travail est d'évaluer l'effet du mode de présentation des feuilles de manioc (mêlées ou de libre choix) dans une ration alimentaire de poulet de chair.

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Zone d'étude

Les feuilles de manioc ont été collectées dans le Département du Pool, District de Ngabé. L'expérimentation a été réalisée dans les animaleries de l'IRA Brazzaville. Brazzaville capitale politique de la République du Congo, située au sud du pays sur la rive droite du fleuve Congo s'étend sur une superficie de 341 821 Km² et compte une population de près de 1.174 000 habitants soit 33% de l'ensemble de la population congolaise. Brazzaville s'étend sur une superficie de 110 Km, à 314 m d'altitude et est située entre 4 °15' latitude Sud et 15 °14' longitude Est. Elle est sous l'influence d'un climat du type Subtropical caractérisé par deux grandes saisons : une saison des pluies (d'octobre à mai) et une saison sèche marquée par une absence des pluies de juin à septembre. La température moyenne oscille entre 24,2°C et 26,4°C (janvier, février, mars et avril).

I.2. Matériel végétal

Les feuilles de manioc utilisées ont été prélevées dans les champs expérimentaux de la station de recherche Agronomique d'Odziba située à 100 km de Brazzaville sur la route nationale n°2. Dans cette station, plusieurs variétés locales de manioc sont inventoriées et caractérisées (Otabo et al., 2016). Détachées des pétioles le jour de la récolte des tubercules de manioc de 12 mois d'âge, les feuilles ont été nettoyées puis lavées, moulues dans un broyeur à lame rotative couramment utilisé à la place du mortier pour le broyage des feuilles de manioc destinées à l'alimentation humaine. Le broyat a été cuit à un feu en bois pendant 1 h 30 minutes jusqu'à ce qu'à ce que les feuilles perdent leur couleur verte. Après refroidissement, elles ont été séchées au soleil pendant 3 jours jusqu'à constater leur craquement au toucher. pour réduit jusqu'à 90% le taux de cyanure et de tannin (Houndonougbo et al., 2012), Elles ont été par la suite emballées dans les sacs et entreposées après le

broyage à l'aide d' un moulin pour obtenir la poudre vert palle . Figure 1 et 2.montre la poudre de feuille de manioc broyer non cuite et séchée.



Figure1. Feuilles de manioc broyer non cuites séchées



Figure2. Feuilles de manioc cuites et séchées

I.3. Matériel animal

Un échantillon de 100 poussins de la souche COBB 80cm a été élevé au sol sur litière de copeau de menuiserie. Les parquets de 3 m² chacun ont été ventilés naturellement et éclairés par une ampoule de 100W.

I.4. Dispositif expérimental

A l'âge de 21 jours , les poussins ont été séprés en deux groupes selon le dispositif illustré par le tableau I

Tableau I . Dispositif expérimental.

| Traitement | Lots |
|---|--------|
| Feuilles cuites de manioc mélangées à l'aliment de base à 5%, servies dans une même mangeoire | Témoin |
| Aliment de base + FFM* distribuées dans deux mangeoires distinctes | Traité |

*Farine de feuilles de manioc

. Les figures 2 et 3 illustrent le mode de présentation des aliments



Figure2. Mangeoire contenant de la FFM mélangée à l'aliment de base



Figure 3. Mangeoire à droite contenant l'aliment de base et à gauche mangeoire contenant la FFM..

Tableau 1. Analyse chimique de la farine de feuilles de *Manihot esculenta*.

| Analyse chimique de la farine de feuilles de <i>Manihot esculenta</i> | | | |
|---|-------|-----------|-------------------------|
| Test | Unité | Résultats | Méthodes |
| Humidité (103°C) | % | 8,8 | Règlement CE 152/2009 |
| Protéines brutes (Dumas, expréqkj) | % | 25,8 | NF EN ISO 16634-1 |
| Matière grasse A (éther pétrole) | % | 4,7 | Règlement CE 152/2009 |
| Cellulose brute (Wende) | % | 11,7 | Règlement CE 152/2009 |
| Cendres brutes | % | 5,8 | Règlement CE 152/2010 |
| Calcium (Ca) | % | 0,8 | ICP-OES Méthode interne |
| Phosphore (P) | % | 0,25 | ICP-OES Méthode interne |
| AMINOGRAMME (%) | | | |
| Cystine | | 0,26 | |
| Acide aspartique | | 1,74 | |
| Proline | | 1,13 | |
| Méthionine | | 0,36 | |
| Thréonine | | 0,85 | |
| Sérine | | 0,87 | |
| Acide glutamique | | 2,47 | |
| Glycine | | 0,95 | |
| Alanine | | 1,06 | |
| Valine | | 1,09 | |
| Isoleucine | | 0,88 | |
| Leucine | | 1,58 | |
| Tyrosine | | 0,68 | |
| Phénylalanine | | 1,01 | |
| Lysine | | 1,12 | |
| Histidine | | 0,42 | |
| Arginine | | 1,03 | |

I.5. Régimes alimentaires

Les animaux ont été alimentés avec deux régimes alimentaire dont les formules sont indiquées au tableau II. L'eau et l'aliment étaient distribués à volonté.

Tableau II. Regimes alimentaires

| Ingrédients (%) | Témoïn | Traité (aliment de base) | Traité (farine de feuille de manioc simples) |
|------------------------------------|----------|--------------------------|--|
| Maïs | 60 | 60 | 0 |
| Son de blé | 3 | 3 | 0 |
| Farine de feuille de manioc | 5 | 0 | 5 |
| Huile de palme | 3 | 3 | 0 |
| Farine de poisson | 4 | 4 | 0 |
| Tourteau de soja | 21 | 21 | 0 |
| Calcaire | 2,15 | 2,15 | 0 |
| Sel de cuisine | 0,5 | 0,5 | 0 |

| | | | |
|------------|------|-----|---|
| Lysine | 0,17 | 0,1 | 0 |
| Vitamine | 1 | 0,1 | 0 |
| Méthionine | 0,18 | 0,1 | 0 |
| Total | 100 | 95 | 5 |

Le tableau III. presente les valeurs nutritives calculées des deux rations

Tableau III. valeurs nutritives calculées des deux rations alimentaires

| Elément chimique | Besoin | Témoin | Traite (aliment de base sans feuille de manioc) | Traité (feuilles de manioc simples) |
|------------------|-----------|---------|---|-------------------------------------|
| EM Kcal(kg) | 3000-3100 | 3122,89 | 2912,89 | 210 |
| MAT (%) | 18,19 | 18,42 | 17,32 | 1,1 |
| Lysine (%) | 0,9 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| Méthionine (%) | 0,3-0,5 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Calcium | 1 | 1,14 | 1,11 | 0,03 |
| Phosphore | 0,4-0,6 | 0,48 | 0,46 | 0,01 |

I.6. Paramètres zootechniques

I.6.1. Taux de Mortalité.Le taux de mortalité a été calculé la formule la suivante :

$$TM = \frac{\text{Nombre de morts en cours d'élevage}}{\text{Nombre de poulets}} \times 100$$

I.6.2. Poids vif

Le Poids vif des animaux a été obtenu grâce aux pesées hebdomadaire avant la distribution matinale de l'aliment à l'aide d'une balance électronique.de marque DAHONGYING .Les données obtenues ont servi dresser la courbe de croissance pondérale.

I.6.3. Consommation volontaire d'aliment

La consommation volontaire alimentaire journalière des pouletsde chair a été obtenue grâce à la soustraction des quantités d'aliments servies et de quantité d'aliments rejetées. Les pesées des aliments servis et des refusé ont permis de déterminer les ingestions volontaires d'aliment (CVA) par la formule suivante :

$$CVA = \frac{\text{Quantité d'aliment distribuée par jour} - \text{Quantité d'aliment refusée par jour}}{\text{Nombre de sujets}}$$

I.6.4. Consommation volontaire de la farine de feuilles de manioc

La consommation de la farine des feuilles de manioc des poulets du groupe traité a été calculée par la différence entre les quantités distribuées et les quantités non consommées de la farine de manioc

I.6.5. Consommation volontaire de la FFM des poulets du groupe Témoin

La consommation de la FFM a été calculée de la manière suivante :

$$CVFM = \frac{\text{Consommation totale d'aliment X taux d'incorporation de feuilles de manioc}}{100}$$

I.6.6. Gain Moyen Quotidien (GMQ)

Le gain moyen quotidien calculé sur la base de la formule suivante :

$$GMQ = \frac{\text{Poids final} - \text{poids initial}}{\text{Durée de la période}}$$

I.6.7. Indice de consommation

L'indice de consommation (I.C.) a été calculé selon la formule suivante :

$$IC = \frac{\text{Quantité moyenne d'aliment consommé}}{\text{poids gagné}}$$

I.7. Analyses statistique

Les données ont été saisies sur un fichier Excel puis transférées sur le logiciel STATVIEW Une analyse de la variance à une seule voie a été par la suite effectuée. Les moyennes des lots témoin et traité ont été comparées par le test t-student. Deux moyennes étaient statistiquement différentes quand la valeur de P était inférieure à 0,05.

II. RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. Effet du mode de présentation des feuilles de manioc sur la mortalité

Le taux de mortalité a été de 3,33% dans les lots (témoin et traité)

Toutefois, ce taux est proche des résultats obtenus par Ravindron *et al.*, (2003) avec 3,10%. Par contre il est plus faible que celui rapporté par Eruvbetine *et al.*, (2003) ou aucune mortalité n'a été signalée. Ce taux de mortalité dans la présente étude pourrait se justifier par le faible taux de l'acide cyanhydrique et de la nature physiologique des feuilles. (Lukuyu *et al.*, 2014).

II.2. Effet du mode de présentation des feuilles de manioc sur la croissance pondérale des poulets de chair

La figure 4 illustre l'évolution du poids vif en fonction de l'âge (g/j).

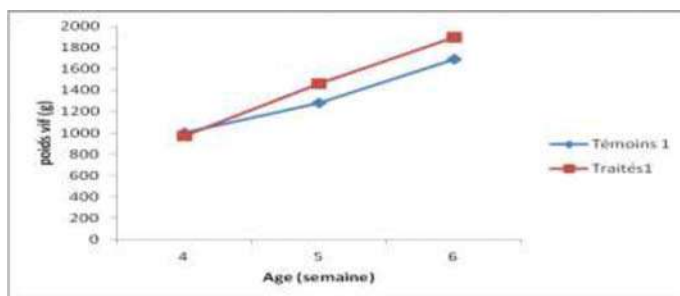


Figure 4. Evolution du poids vif en fonction de l'âge.

Cette figure, montre une évolution du poids vif en fonction de l'âge. Le traitement a amélioré significativement ($P < 0,05$) poids vif final. La croissance pondérale dans cette étude est similaire à celle rapportée par Ochetim *et al.*, (1992) lorsqu'ils ont étudié l'effet du remplacement de maïs avec un mélange de racine et de feuilles de manioc à un taux de 50 %, sur les performances des poulets. Toutefois, ces chercheurs n'ont observé aucune différence significative, contrairement aux effets mesurés dans la présente étude. En revanche les résultats sur le poids vif sont meilleurs à ceux obtenus par Ravindran *et al.*, (1991) (1027g) lorsqu'ils ont évalué pendant 8 semaines, les feuilles de manioc comme remplacement pour huile de coco dans l'alimentation de poulet de chair à 10%. Par contre, les résultats de la présente étude sont inférieurs aux travaux réalisés par Abu *et al.*, (2015). Cette différence pourrait être due à des origines génétiques du manioc et de la conduite des élevages.

II.3. Effet du mode de présentation de la farine de feuille de manioc sur les paramètres zootechniques des poulets de chair .

Ces paramètres sont illustrés dans le tableau IV.

| Variables mesurées | Témoin | Traité | Analyse statistique |
|---|-----------------|--------------|---------------------|
| Consommation volontaire d'aliment de base (g/j) | 117,04 ± 15,12a | 131,9 ± 26,4 | S |
| Consommation volontaire de la farine de feuille de manioc (g/j) | 5,9 ± 8a | 1,3 ± 0,3b | S |
| Gain moyen quotidien (g/j) | 52 ± 7a | 66,7 ± 3,6b | S |
| Indice de consommation | 2,4 ± 0,6a | 1,9 ± 0,4 b | S |

Tableau IV. Effet du mode de présentation de la farine de feuille de manioc sur Consommation volontaire d'aliment de base. La consommation volontaire de la farine de feuille de manioc, gain moyen quotidien et l'indice de consommation des poulets de chair en fin d'élevage.

Sur une même ligne, deux moyennes qui ne portent pas la lettre en exposant, sont statistiquement différentes ($P < 0,05$.)

II.3.1. Effet sur la consommation volontaire d'aliment de base

Une augmentation de 12% de la consommation volontaire d'aliment de base a été constatée tout au long de la période expérimentale. Ces résultats sont en accord avec les résultats de Ihekweumere *et al.*, (2008) qui ont nourris des poulets avec des rations, à base de feuilles, de manioc à 10%. En effet, les résultats de la présente étude sont plus intéressants que ceux obtenus par Adeyemi *et al.*, (2013) (103g/sujet-101g/sujet) mais inférieur aux travaux de Ihekweumere *et al.*, (2008) qui ont substitué des feuilles de manioc au même pourcentage que la présente étude (148g/sujet). Ces variations peuvent être expliquées non seulement par les conditions d'élevage, mais aussi par les différences géographiques, la

saison, la diversité ou la variabilité génétique existant dans cette population des volailles et des feuilles de manioc (Dahouda *et al.*, 2009).

II.3.2. Effet du mode de présentation du manioc sur la consommation volontaire individuelle et journalière de la farine de feuilles manioc

La consommation volontaire, individuelle et journalière de feuilles manioc a été significativement réduite de 45% en fin d'élevage. La faible consommation des feuilles observée dans la présente étude ne pourrait être liée à l'acide cyanhydrique (Ironkwe *et al.*, (2012) mais probablement à une rationalité à partir de 21 jours chez le poulet.

II.3.3. Effet du mode de présentation des feuilles de manioc sur le Gain Moyen Quotidien (GMQ)

L'évolution du mode de présentation des feuilles de manioc des Gains Moyens Quotidiens est illustré dans le tableau V.

| Age (semaine) | Témoin | Traité | Ratio |
|--------------------|--------|----------|----------------|
| 4 | 57,2 | 67,2 | +17,5% |
| 5 | 55,6 | 69,9 | +25,71% |
| 6 | 43,2 | 62,9 | +45,6% |
| Moyenne±Ecart-type | 52±7,7 | 66,7±3,6 | +28,26%±-53,24 |

Les données montrent que le traitement amélioré significativement la vitesse de croissance de 31%. Les résultats de cette étude se rapprochent de ceux rapportés par Ironkwe *et al.*, (2012) qui affirment que l'incorporation des feuilles de manioc à 5% dans la ration affecte considérablement le gain de poids. Adeyemi *et al.*, (2013) qui ont incorporé à 50% de feuilles de manioc ont obtenu des valeurs semblables à cette étude. En revanche, les résultats obtenus dans étude sont plus élevés à ceux obtenus par Abu *et al.*, (2015) (37,3g/jr-41,1g/jr).

II.3.4. Effet du mode de présentation des feuilles de manioc sur l'indice de consommation.

L'Effets du mode de présentation des feuilles de manioc sur l'indice de consommation est présenté dans le tableau VII.

| Age (semaine) | Témoin | Traité | Ratio |
|----------------------|---------|----------|---------------|
| 4 | 1,8 | 1,5 | -16,6% |
| 5 | 2,3 | 1,9 | -17% |
| 6 | 3 | 2,3 | -23% |
| Moyenne± Ecart -type | 2,4±0,6 | 1,9± 0,4 | -20,8±-33, 33 |

L'indice de consommation a été réduit significativement ($P < 0,05$) de 26%. La réduction significative d'IC observé témoigne un bon équilibre des valeurs élevées entre le GMQ et la consommation d'aliment. Les résultats obtenus dans la présente étude sont semblables avec ceux rapportés par Ironkwe *et al.*, (2012). Ces résultats ont été en désaccord avec ceux trouvés par Daoud *et al.*, (2009) qui ont rapporté que la consommation d'aliment ayant été proportionnelle au gain de poids, donc aucune différence significative n'a été signalée. Par contre Ihekweumere *et al.*, (2008) ont obtenu des valeurs moins intéressantes de 3,7 à 4,78. Toutefois, Noviadi *et al.* (2016) ont obtenu des meilleurs résultats par rapport à la présente étude (1,43-1,3) lorsqu'ils ont incorporé les feuilles de manioc à 7%.

CONCLUSION

Les résultats de ce travail montre que les feuilles de manioc abandonnées sur les champs du Congo, incorporé à 5% en phase de finition a été une source de matière première potentiellement intéressante dans l'amélioration des performances de poulets chair. Les résultats confirment que le traitement n'a eu aucun effet nuisible sur les performances étudiées. Le fractionnement du régime alimentaire a amélioré significativement les performances des paramètres zootechniques qui ont fait l'objet de cette étude. L'hypothèse formulée au début de cette étude a été vérifiée. La séparation des feuilles de manioc de l'aliment de base ouvre des perspectives prometteuses en aviculture fermière.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

BIBLIOGRAPHIE

Abu O.A., Olaleru I.F., Oke T.D., Adepegba V.A., Usman B., (2015). Performance of broiler chicken fed diets containing cassava peel and leaf meals as replacements for maize and soya bean meal. *International Journal of Science and Technology*, vol. 4, n°4. PP: 169-172.

Adeyemi O.A. Jimoh B., Olufade O.O., (2013). Soybean meal replacement with cassava leaf: blood. Department of Animal Production and Health College of Animal Science and *Livestock Production*, vol. 62, n°23, 276P.

Adzona P.P., (2013). Réponse de la pintade commune (*Numida meleagris* L.) à l'alimentation fractionnée composée de matières premières locales. Mémoire de fin de formation pour obtention du diplôme de master. Option : Productions Santé Animales. École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, 60 p.

Adzona P.P., Banga-Mboko H., (2017). Effect of Separating Energetic Feedstuffs in the Finisher Diet on Performance of Common Guinea Fowl (*Numida meleagris* L.1758) Under Tropical Climate. *Journal*.

Animal. Health. Production., 5 (4): 143-148.

- Banga-Mboko.H., Mabandza-Mbanza.B., Adzona.P.P., Batessana.C., (2007).** Réponse à l'alimentation calcique séparée de lignées commerciales de poules pondeuse Shaver dans les conditions tropicales du Congo Brazzaville. *Bulletin of Animal Production and Health in Africa*, 55, pp: 43 – 50.
- Bindelle J., Buldgen A., (2004)** Utilisation des plantes à tubercules ou à racines tubéreuses en alimentation animale, *Troupeaux et Cultures des Tropiques*, vol.4. pp :47-50.
- Bouvarel I., Barrier-Guillot B., Larroude P., Boutten, B., Leterrier C., Merlet F., Vilarino M., Roffidal, L., Tesseraud S., Castaing J., Picard M., (2004).** Sequential feeding programs for broiler chickens: Twenty-four- and forty-eight-hour cycles. *Poultry Science* 83, pp 49-60. 21.
- Dahouda M. Toleba S.S., Youssao A., Mama A. A.A., Ahounou S., Hornick J.L., (2009).** Utilisation des cossettes et des feuilles de manioc en finition des pintades (*Numida meleagris*): performances zootechniques, coûts de production, caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande. *Annales de Médecine Vétérinaire*, vol.153. pp: 82-87.
- Eruvbetine D., Tajudeen I.D., Adeosun A.T., Olojedde A.A., (2003).** Cassava (*Manihot esculenta*) leaf and tuber concentrate in diet for broiler chickens. *Bioresources Technology*, 86. pp : 277–281.
- FAO., (2000).** Production agricole, utilisations des terres et sécurité alimentaire. *Aperçus nutritionnels par pays*. Senegal. 7p.
- Houndonoubo M. F., chrysostome C. A., Houndonoubo V. P., (2012).** Performances de ponte et qualité des œufs des poules pondeuses ISA Brown alimentées avec des rations à base de feuilles séchées de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol 6, N°5. pp 1950-1959.
- Houndonoubo M. F., Chrysostome C., Houndonoubo v. P., (2012).** Performances bioéconomiques des poulettes alimentées avec des rations à base de feuilles séchées de manioc (*Manihot esculenta*). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.6, n°2. pp: 670-676.
- Iheukwumere F.C., Ndubuisi E.C., Mazi E.A., Onyekwere M.U., (2007).** Growth, blood chemistry and carcass yield of Broilers fed cassava leaf meal (*Manihot esculenta* Crantz). *International Journal of poultry Science*. vol.6, n°8. pp:555-559.
- Ilheukwumere F.C., Ndubuisi E. A., Mazi., Onyenkwere M.U.,(2008).** Performance, nutrient utilisation and organ characteristics of broilers fed cassava leaf meal (*manihot esculenta* Crantz). *Pakistan Journal of Nutrition*, vol .7 ,n°1. pp :13-16.
- Ironkwe M. O., Ukanwoko A. I., (2012).** Growth performance of broiler finisher birds fed composite cassava meal (*ccm*). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, vol.1, n°6. pp: 30 – 34.
- Lukuyu B., Iheanacho O., Duncan A., Beveridge M., Blümmel1 M., (2014).** Use of cassava in livestock and aquaculture feeding programs. *International Livestock Research Institute*, vol.25. pp:23-26.

Noviadi R., Candra A. A., (2016). Effect of pellet containing cassava leaves meal at various particle sizes on broiler R. *Bangladesh Society for Veterinary Medicine*, vol.14. N°1, pp: 9-13. .

Ravindran V.et Blair V. (1991) Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific region. I. Energy sources, *World's Poultry Science Journal*, 47:3, pp 213-231

Otabo FR, Labeyrie V., Duval MF., MabanzaJ., Mialoundama. (2016). Diversité variétale de manioc sur la base des nominations vernaculaires des agriculteurs dans 4 bassins de production (Hinda, Loudima, Odziba et Oyo) en République du Congo. *Journal of Applied. Biosciences*. 104: 9932–9941.

Umar Faruk M., Bouvarel I., Même N., Rideau N., Roffidal L., Tukur H.M., Bastianelli D., Nys Y., Lescoat P., (2010). Sequential feeding using whole wheat and a separate protein-mineral concentrate improved feed efficiency in laying hens. *Poultry. Science.*, 89,pp 785–796.

Yo T., Picard M., Guerin H., Dauvilliers P., (1994.) Essai d'alimentation séparée des poulets de chair en zone tropicale. IDESSA R Bouake (Côte d'Ivoire). *Revue. d'Elevage et de . Medecine. Vétérinaire.des Pays Tropicaux.*, 47 (3), pp: 319-327.

Effets de la fréquence de nourrissage sur les performances de production des alevins du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) en cages flottantes au Togo

***SEME Kpassi**, Zootechnician Engineer, PhD in Animal Biotechnology, Assistant Master, Teacher-Researcher at the Higher School of Agronomy of the University of Lomé (ESA/UL) ; Togolese nationality, semejoseh@gmail.com; Tel: (00228)90 16 34 40 /99 16 87 95.

Fatoumata COULIBALY, Veterinarian, PhD in epidemiology, Assistant, Teacher-Researcher in University Peleforo Gon COULIBALY, BP : 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire. coulbyfati@yahoo.fr

BIDIFAYI Mousbaou, Professional License in Animal and Veterinary Sciences at the Higher School of Agronomy of the University of Lomé (ESA/UL) ; Togolese nationality ; mousbaoubidi@gmail.com

ASSAI Kébalo Gnimwè, Professional License in Animal and Veterinary Sciences at the Higher School of Agronomy of the University of Lomé (ESA/UL) ; Togolese nationality ; assaimaurille60@gmail.com

PITALA Wéré, Full Professor of Animal Biology and Physiology, Teacher-Researcher at the Higher School of Agronomy of the University of Lomé (ESA/UL) ; Togolese nationality werepit@hotmail.com

* **Corresponding author**; E-mail: semejoseh@gmail.com; Tel : (00228) 90 16 34 40.

Résumé

Dans le but d'évaluer l'effet de la fréquence de nourrissage sur les performances zootechniques des alevins du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), une expérimentation a été réalisée dans 16 cages flottantes de 1 m³ sur le barrage de la ferme Quality Agro-Fish Farm au Togo. Quatre types de fréquences F3, F4, F5 et F6 correspondant respectivement à 3, 4, 5 et 6 repas par jour ont été testés en duplicat pendant 45 jours (1^{er} juillet au 15 août 2021). La densité de mise en charge a été de 500 alevins de poids moyen 2±0,09 g par cage. Les alevins ont été nourris suivant un taux de rationnement de 8% de la biomasse totale. Les sujets ont été nourris avec l'aliment Raanan. Les paramètres de qualité de l'eau (température, pH, oxygène dissous) ont été relevés quotidiennement. Le taux de survie et le gain de poids moyen ont été calculés. La température moyenne était de 27,11±0,30 °C, le pH moyen de 7,18 ± 0,16 et l'Oxygène dissous moyen de 5,2±0,95 mg/L. Le taux de survie (p≤ 0,05) a varié de 95,6 ±0,7% (F6) à 93,2 ±0,13% (F3). Les meilleures performances de croissance (20,05 ±0,8 g) ont été enregistrées chez les alevins nourris 6 fois/jour. Par contre, les faibles valeurs de croissance (16,3 ±1,1 g) ont été observées chez les alevins nourris 3 fois/jour. Les alevins nourris 4 et 5 fois/jours ont donné respectivement 19,7±0,5 g et 20,04±0,4 g). Après les analyses financières, la meilleure marge bénéficiaire brute a été de 1 357 F CFA pour le traitement F4. Ainsi, il serait souhaitable de distribuer 4 repas/jour aux alevins pour obtenir de meilleurs résultats.

Mots clés : *Oreochromis niloticus* ; juvéniles, période d'alimentation

Effects of feeding frequency on the production performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry in floating cages in Togo

Abstract

In order to evaluate the effect of feeding frequency on the zootechnical performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry, an experiment was carried out in 16 floating cages of 1 m³ on the dam of the Quality Agro farm. Fish Farm in Togo. Four types of frequencies F3, F4, F5 and F6 corresponding respectively to 3, 4.5 and 6 meals per day were tested in duplicate for 45 days (July 1 to August 15, 2021). The stocking density was 500 fry with an average weight of 2±0.09 g per cage. The fish fry were fed at a rationing rate of 8% of the total biomass. The subjects were fed Raanan food. Water quality parameters

(temperature, pH, dissolved oxygen) were recorded daily. Survival rate and average weight gain were calculated. The average temperature was 27.11 ± 0.30 °C, the average pH was 7.18 ± 0.16 and the average dissolved oxygen was 5.2 ± 0.95 mg/l. The survival rate ($p \leq 0.05$) varied from $95.6 \pm 0.7\%$ (F6) to $93.2 \pm 0.13\%$ (F3). The best growth performance (20.05 ± 0.8 g) was recorded in fry fed 6 times/day. On the other hand, low growth values (16.3 ± 1.1 g) were observed in fry fed 3 times/day. The fry fed 4 and 5 times/day gave respectively 19.7 ± 0.5 g and 20.04 ± 0.4 g). After the financial analyses, the best gross profit margin was 1,357 F CFA francs for treatment F4. Therefore, it would be desirable to distribute 4 meals/day to the fry to obtain better results.

Keywords: *Oreochromis niloticus*; juveniles, feeding period

1. Introduction

With global population growth, the earth is under increasing pressure to meet food needs. To guarantee this food security, fish has a major role to play (Martin *et al.*, 2017). It is an important source of protein and minerals and also a fast-growing animal whose protein yield is higher than that of most animals (Quillere *et al.*, 1994). Apart from its feeding function, fish generate significant economic activity (FAO, 2014). The introduction and the development of fish farming in Africa were imposed around the 1940s, particularly in Zaire, due to the food supply difficulties associated with the Second World War (FAO, 2014). However, it has not yet reached a viable economic dimension, either in terms of volume or in terms of place in production systems (Lazardet *et al.*, 1991). Moreover, this sector is struggling to develop because of certain problems such as: the lack of high-performance fry, the non-availability of quality food and the low technicality in the management of breeding, in particular the frequency of feeding the food (Adjanké *et al.*, 2016). The influence of this last parameter on the production performance of Nile Tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) has been the subject of multiple studies in order to increase the production of the said sector. For some studies, high feeding frequencies ensure good growth and feed conversion in Tilapia, while low feeding frequencies hinder growth (De Silva & Anderson, 1995). In order to determine the most technically and financially profitable feeding frequency, a study was conducted on the fry of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the start-up phase, constituting the most critical stage of this breeding.

2. Materiel and methods

Study zone

This study was conducted at the Quality Agro Fish Farm created in 2020. It is located in the south-west of Togo in the Maritime region, more precisely in the prefecture of Zio about twelve kilometers from the city of Kévé (Figure 1). It is located on the Kévé-Alokoégbé-Tsévié rural track and surrounded by three villages: Zokopé to the north, Zogbépimé to the south and to the west by the village of Yometché. This farm enjoys a subequatorial or Guinean climate (southern climate) characterized by 2 rainy seasons (march-july and september-october) and 2 dry seasons (november-february and August) (Seme, 2017). It covers a total area of 25 ha. It houses a dam (Figure 2) of one hectare on which the floating cages for fish farming have been placed.

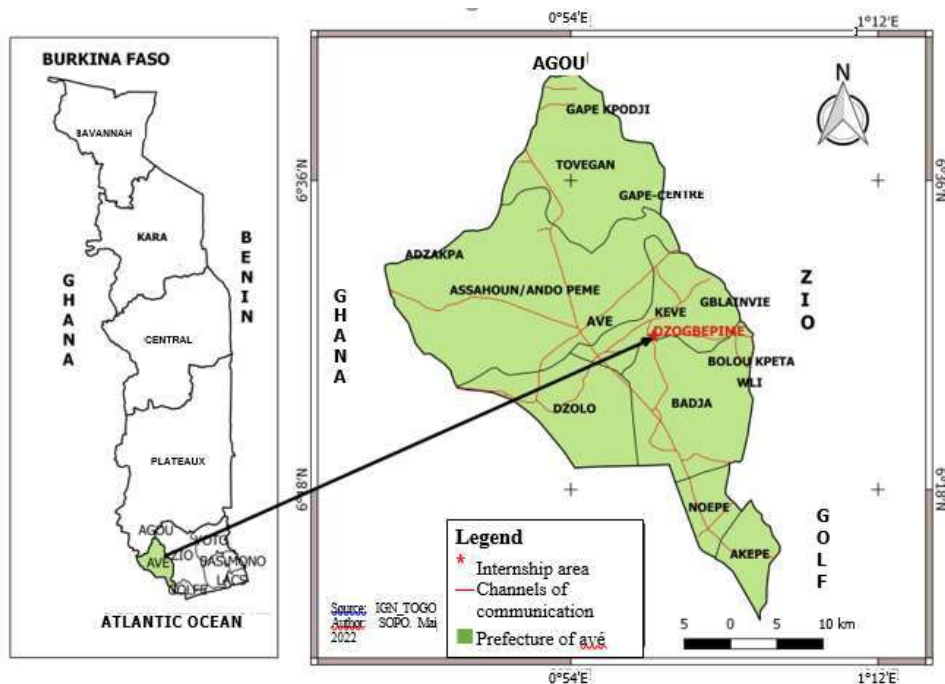


Figure 1 : Map of Togo locating the QAFF farm



Figure 2 : Top view of the QAFF farm dam

2.1. Material

Biological material

The studies focused on 8,000 Nile Tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) with an average weight of 2 ± 0.09 g from the Lophty Farm Nursery Center, located 16 km from the city of Lomé in the Gulf prefecture. To ensure their survival during transport, the fry were packaged in transparent plastic bags containing hydrogen peroxide. The whole is placed in an above-ground container transported by a truck.

Expérimental food

The fry were fed with a standard feed, Raanan imported from Ghana and containing 48% crude protein; 7% fat and 2.5% crude fiber according to manufacturer's specifications (Adjanke *et al.*, 2021).

Other material used

A Senssun-EK3211 brand electronic scale with a capacity of 5 kg and an accuracy of 0.1 g was used to measure the daily rations as well as to check the average weekly weight of the fish. The reading of the physicochemical parameters of the water (temperature, pH) was made daily at 8 a.m and 3 p.m using a multifunctional portable pH meter TDS/pH/TEMP with an accuracy of 0.1. The dissolved oxygen level was obtained using a VWR – DO210 portable oximeter. A basket, a landing net, two basins and two buckets were necessary in handling the fry.

2.2. Methods

Experimental apparatus

16 floating cages with a capacity of 1 m³ in volume were installed on a half-train in a dam of 1 ha and an average depth of 3 m. Four (04) treatments with four (04) repeats were used. After one-week habituation period, the fry were distributed in the cages at a density of 500 fry per cage. The latter were fed at different feeding frequencies, in particular, 3 meals (10 a.m., 12 p.m. and 4 p.m.); 4 meals (10 a.m., 12 p.m., 2 p.m. and 4 p.m.); 5 meals (8 am, 10 am, 12 pm, 2 pm and 4 pm) and 6 meals (8 am, 10 am, 12 pm, 2 pm, 3 pm and 4 pm) each day following the treatments according to the method of Zeabiue et al. (2019). To be able to distribute the rations, the weighed food is divided according to the frequency of feeding of each cage. Weekly weight growth check fisheries were carried out on a 10% sample of the population of each cage caught at random in order to record the biomass. The daily ration distributed was established on the basis of the initial average weight with a feeding rate of 8% of the biomass per day according to the method (Adjanké et al., 2021). The latter was readjusted each week according to the growth of the fish. The physicochemical parameters of the water were taken regularly.

Calculated parameters

- **Survival rate ; (S)(%)** = $\frac{\text{Number of fish alive at the end of the experiment}}{\text{Initial number of fish}} \times 100$ (1)
- **Food conversion rate ; IC** = $\frac{\text{Quantity of food distributed (kg)}}{\text{Final biomass(kg)} - \text{initial biomass(kg)}}$ (2)
- **Average daily gain ; GMQ(g/j)** = $\frac{\text{Final weight (g)} - \text{Initial weight (g)}}{\text{Breeding time(d)}}$ (3)
- **Voluntary ingestion (IV)**

$$IV = \frac{\text{Quantity of food distributed (kg)}}{\text{Initial biomass(kg)} + \text{Final biomass(kg)} \div 2 \times \text{breeding time(d)}} \times 100$$
 (4)

Financial approach

- ✓ **Estimation of the cost price of one kilogram of food ; Pa(FCFA) = PVa + F** (5)
- ✓ **Estimation of the cost of producing one kilogram of fish (CP)**

$$CP(FCFA) = \text{Cost price of one kg of food} \times \text{Food conversion rate}$$
 (6)

- **Labor cost estimate (MO)**
- **Feeding cost calculation (Cn): Cn(FCFA) = Fn x Nn x Nj** (7)

With Fn: fresh/food; Nn: number of feedings/day and Nj: number of feedings during the experiment.

✓ **Calculation of inspection fishing fees;** $Pc(FCFA) = Np \times Fpc$ (8)

With Np: Number of control fishing at the end of the experiment; Fpc: Fee per control fishing

✓ **Gross profit margin;** $MBB(FCFA) = Products - Expenses$ (9)

Table 1: Estimation of the unit price of some products and services

| Designation | Price estimate (F CFA) |
|----------------------------------|------------------------|
| Price of one kg of Raanan food | 750 |
| Price of one kg of fresh Tilapia | 2000 |
| Price of a control fishery | 250 |
| Feeding price | 50 |

Statistical analyzis

The data collected and the calculations made were statistically processed using Rstudio version 4.0 software 2.

The means were compared by Duncan's test at the significance level of 0.05.

3. RESULTS

3.1. Physicochemical parameters of water

Table 2: Variation of the physicochemical parameters of the water

| Parameters controlled | Average values |
|-----------------------|----------------|
| Temperature (°C) | 27.8 ± 0.0 |
| Oxygen level (mg/L) | 5.3 ± 0.0 |
| pH | 7.4 ± 0.0 |

No significant difference was observed between the values.

3.2. Production parameters

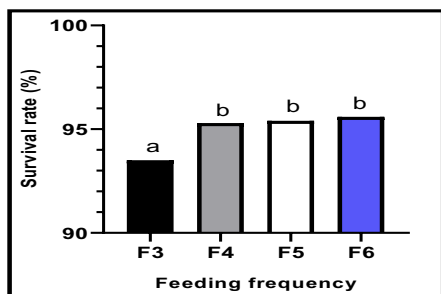


Figure 3: Variation in survival rate according to feeding frequencies

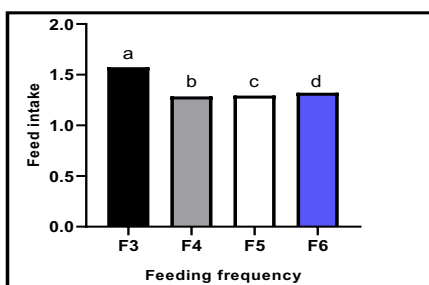


Figure 4: Variation in feed intake according to feeding frequencies

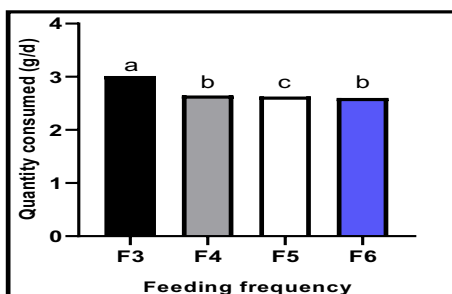


Figure 5: Variation in quantity consumed according to feeding frequencies

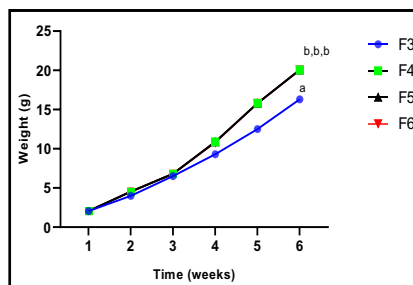


Figure 6: Weight evolution of the different batches of fish during the experiment

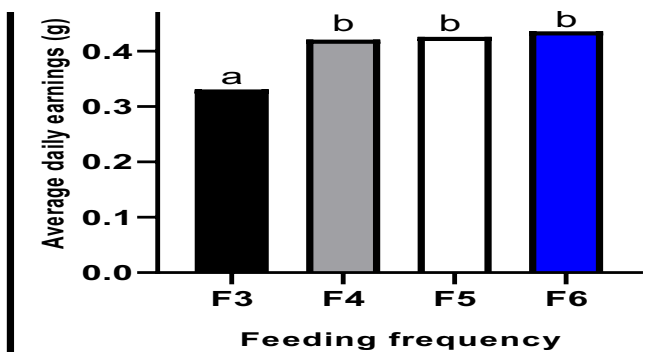


Figure 7: Average daily gain according to feeding frequencies

The letters a, b, c and d mentioned in Figures 3, 4, 5 and show that these values of the different parameters are statistically different

o **Financial approach**

Table 3: Estimation of the cost of producing one kilogram of fish.

| Frequencies | Price of one kg of food (F CFA) | IC | Production cost of one Kg of fish (F CFA) |
|-------------|---------------------------------|------|---|
| F3 | 750 | 1.57 | 1,162 |
| F4 | 750 | 1.28 | 947 |
| F5 | 750 | 1.29 | 955 |
| F6 | 750 | 1.31 | 969 |

Table 4: Gross profit margin

| Products | Heading | Treatments | | | |
|----------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | F3 | F4 | F5 | F6 |
| | Biomass produced at the end of the trial (kg) | 7.150 | 9.850 | 9.950 | 10.005 |
| | Production value (F CFA) | 14,300 | 19,700 | 19,900 | 20,010 |
| Expenses | Quantity of feed distributed (kg) | 9.6824 | 11.396 | 11.5976 | 11.8104 |
| | Total feed cost (F CFA) | 7261.8 | 8433.04 | 8582.22 | 8739.96 |
| | Workforce 1: Feeding cost (F CFA) | 6,300 | 8,400 | 10,500 | 12,600 |
| | Workforce 2: Control fishing price (F CFA) | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| | Value of expenses (F CFA) | 14,965 | 18,343 | 20,582 | 22840 |
| | Gross profit margin (F CFA) | -665 | 1,357 | -682 | -2 830 |

4. Discussion

The average physicochemical parameters of the water recorded were : temperature (27.8 ± 0.0 °C), pH (7.4 ± 0.0) and dissolved oxygen (5.3 ± 0.0 mg/L). The recorded temperature is similar to that of Faye *et al.* (2018) (27.2 °C) with water from Lake Guiers in Sénégal with the same species. According to the FAO (2009), the lethal temperature of the species is between $11-12$ °C and 42 °C while the optimum temperature is between 31 and 36 °C. The pH and dissolved oxygen levels recorded are comparable to that of Daudpota *et al.* (2016) in aboveground tanks for this same species (pH: 7.7 , dissolved oxygen: 5.1 mg/L). The dissolved oxygen recorded is higher than that of Adjanke *et al.* (2021) in a pond. (4.35 mg/L). Therefore, we can conclude that the temperature, the dissolved oxygen level and the pH obtained during the experiment correspond to the optimal values for a good growth of this species. It appears from this study that the average values of the physicochemical parameters of the water fit perfectly with the values recommended by Balarin & Hatton (1979); Chervinski (1982) and Suresh (2000) and would not have had negative effects on the expression of fry performance in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

For the total duration of the experiment, the average survival rate obtained varies from $93.3 \pm 0.0\%$ for F3 to $95.5 \pm 0.0\%$ for F6. These values are lower than those obtained by Dodo (2018) (97.30% to 98%) in ponds and Daudpota *et al.* (2016) in an above-ground container (100%). However, they are higher compared to the results obtained by Bamba *et al.* (2008) in ponds (75% to 94%). The differences between the results obtained in the present study and those found by these different authors can be explained by the difference in environmental conditions, experimental equipment and rearing structures used during the experiment.

Mortality varied with feeding frequency. The frequency of 3 feedings per day (F3) recorded more deaths than the other three frequencies F4, F5 and F6. This may be related to a low ingestion capacity of the food that was served to them three times a day. To this low ingestion capacity is added an aggressiveness between the fish due to the heterogeneity of the size leading to the death of the weakest. According to Azaza *et al.* (2013), in addition to density, parameters such as feed ration, feeding mode, feeding frequency, can also induce fish heterogeneity in an intensive farming environment. The mortalities observed in general in all batches are probably linked to stress due to movement, difficulties in adapting to the new environment, the fragility of acquired fry and handling during control fishing. The most important losses of fry are observed in the first week and the day after each control fishing and sometimes after periods of heavy rains. Growth of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry was influenced by feeding frequency. The best growth during the experiment was observed respectively at the frequencies of 4, 5 and 6 meals per day. The lowest growth value is recorded in fry fed 3 times a day. This suggests that continuous ingestion of small amounts of feed throughout the day improves growth in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. Thus, the fraction of feed given to the early stages of development of this species should be kept to a minimum. This minimum level corresponds to 4 meals per day in the present study because it generated a gross profit margin for us compared to the other frequencies (F3, F5 and F6). Our results are similar to those of Daudpota *et al.* (2016) who tested the effect of 4 feeding frequencies including 2, 3, 4, and 5 meals per day on juveniles of the same species with an initial weight of 1 g in above ground tanks. These authors concluded that juvenile Tilapia with an average weight of between 1 and 5.8 g need a frequency of 4 or 5 meals per day to obtain the best zootechnical performance. For these same authors, a diet above 4 meals a day would not only increase production costs but

also exceed the level of satiety of juveniles of this species, which would result in food losses. The feed conversion ratio presents more acceptable values as the fractionation increases. However, it remains lower than the results (2.6 to 2.2) obtained by Adjanke *et al.* (2021) in a pond. The values of the average daily gains obtained are lower (1.14 to 1.23 g/d) Dodo (2018) in hapas. We appreciate the ability of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) to enhance the feed vis-à-vis split rations because the higher frequencies improve growth compared to the lower ones, which confirms the results of De Silva *et al.* (1995) according to which high feeding frequencies allow good food conversion and therefore good growth.

The financial analysis of the results obtained at the end of the experiment revealed that the cost of producing a kilogram of fish for the F3 frequency was significantly higher than those fed 4, 5 and 6 times a day. But conversely, the production costs increase as the fractionation increases. The charges of F3, F5 and F6 are not covered by their products. Only fish fed 4 times per day showed a gross profit margin and therefore constitute the most profitable frequency in Tilapia fingerlings.

Conclusion

The main purpose of this study was to identify among the different frequencies studied the one that is profitable from a technical and financial point of view. At the end of this study, it should be noted that the feeding frequency has an effect on the production parameters in the fry of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* in a floating cage. Although the frequencies of 4, 5 and 6 meals per day have obtained the best results, the financial analysis revealed that the frequency of 4 feedings per day was the most profitable and will be popularized.

Acknowledgement

The authors are thankful Mr. Frank TAMEGNON, promoter of the Quality Agro-Fish Farm (QAFF) and his father Mr. Laurent TAMEGNON, President of the National Council of Employers (CNP) and also responsible for the LORENOVICH Company, for all the technical and financial facilities linked to this study.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest

References

Adjanke A., Tona K. & Messanvi G., 2021. Effects of frequency of feeding on feed intake, growth and survival of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* reared in hapas implanted in pond in Togo. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, **9**(3): 350-353

Adjanke A., Tona K., Agbohessi P.T., Toko I.I. & Gbeassor M., 2016. Current situation of fish farming in Togo. *IJBSC* **10**(5): 2015-2024.

Azaza M.S., Ssad A., Maghribi W. & El-Cafsi M., 2013. The effects of rearing density on growth, size heterogeneity and interindividual variation in food consumption in male Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. L. *Animal*, **7**(11), 1865-1874p.

Balarin J.D. & Hatton J.P., 1979. Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. Unit of Aquatic pathobiology. University of Sterling. Scotland. p174.

- Bamba Y., Allassane O., DA Costa K. S. & Gourène G., 2008.** Production of *Oreochromis niloticus* with food from agricultural by-products ; *Sci. Nat.* **5**(1): 89 - 99
- Chervinsky J., 1982.** Environmental physiology of Tilapia. In: *The biology and culture of Tilapia*, ICLARM Conf. Proceed., 7, 119-128p.
- Daudpota A. M., Abbas G., Kalhoro I. B., Shah S.S.A., kalhoro H., Hafeez-ur-Rehman M. & Ghaffar A., 2016.** Performs of feedind frequency on growth performance, feed utilization and body composition of juvenile Nil Tilapia, *Oreochromis niloticus*. (L) reared in low salinity water. *Pakistan journal of zoology*, 48p.
- Dodo Y., 2018.** Production of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linneaus, 1758) with protein -based foods vegetable. *J. Appl. Biosci.* 128: 12943-12952 ISSN 1997-5902
- Faye E., Sarri S.M., Toure M.A., Gueye S. & Gueye M.G., 2018.** Effects of stocking density on the growth of Tilapia fry (*Oreochromis niloticus* L.) in fixed cages in Lac de Guiers, Sénégal. *Africa SCIENCE*; **14**(3) 378 – 390
- FAO, 2009.** *Oreochromis niloticus* In cultured aquatic species fact sheets. In fact sheet on cultivated aquatic species. 27p. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/l1129m/file/en/en_niletalapia.htm
- FAO, 2014.** The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 59p. <https://www.fao.org/in-action/globefish/publications/details-publication/en/c/338355/>
- Lazard J., Lecompe Y. & Stoma B., 1991.** Fish farming in Sub-Saharan Africa Fish farming in Sub Saharan Africa: situation and projects in French -speaking countries, a proposal for action. Study report, French Ministry of Cooperation and Development, Paris, France, 157 p.
- Quillere I., Roux L., Marie D., Roux Y., Gosse F. & Maro-gaudry J. F., 1994.** The integration of plant cultures in fish farms using recycled water In *Caéllers d'études et de recherche fr-dacophones*, **3**(4). 279-342
- Seme K., 2017.** Improving bovine fertility by artificial insemination in South-Togo. Doctoral thesis from the Higher School of Agronomy of the University of Lomé, 161p.
- Suresh A.V., 2000.** Tilapia update 1999. *World Aquacult.* **31**(4): 16-18,54-58p.
- Zeabiue C., Ouattara I.N. & Berte S., 2019.** Effects of feeding frequency on zootechnical parameters and masculinization rate of larvae of the "Brazil" strain of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (linnee, 1758) during and after treatment with 17 - methyltestosterone; *African Agronomy* **31**(3): 259 - 271

Quality perception of chicken produced in Benin

Auteur et Co-Auteurs : *Mènouwesso Harold Hounhouigan*^{1*}, *Ken Kounouéwa*², *Sylvain Dabadé*³, *Barbara Götz*⁴, *Fernande Honfo*³, *Joseph Hounhouigan*³

Mènouwesso Harold Hounhouigan: *Ecole des Sciences et Techniques de Conservation et de Transformation des Produits Agricoles, Université Nationale d'Agriculture, Campus de sakété, BP 114 Sakété, Benin, harold.hounhouigan@gmail.com*

Ken Kounouéwa: *School of Economics Sociology and Rural Extension, Faculty of Agricultural Sciences, University of Abomey-Calavi, 03 BP 2819, Jéricho, Cotonou, Benin, kkmngkeny@gmail.com*

Sylvain Dabadé: *Laboratory of Food Sciences, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 03 BP 2819, Jericho, Cotonou, Benin, sylvaindabade@gmail.com*

Barbara Götz: *Institute of Animal Science, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Germany, bgoetz@uni-bonn.de*

Fernande Honfo: *Laboratory of Food Sciences, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 03 B.P. 2819, Jericho, Cotonou, Benin, fernandehonfo@gmail.com*

Joseph Hounhouigan: *Laboratory of Food Sciences, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 03 B.P. 2819, Jericho, Cotonou, Benin, joseph.hounhouigan@gmail.com*

***Auteur correspondant/Corresponding author:** *Mènouwesso Harold Hounhouigan, harold.hounhouigan@gmail.com, +22996869393*

Résumé

L'élevage avicole est une activité agricole en plein essor dans le monde entier, et au Bénin, c'est la deuxième source de viande la plus importante après le bétail. Cependant, divers facteurs peuvent affecter la qualité de la viande de poulet et entraîner son rejet par les consommateurs. Étant donné que la qualité de la viande est un facteur important pour l'acceptabilité des consommateurs, il est crucial d'évaluer la perception de la qualité du poulet parmi les acteurs impliqués dans sa commercialisation.

Cette étude a été menée dans 5 communes du sud et du centre du Bénin : Abomey-Calavi (Atlantique), Bohicon (Zou), Cotonou (Littoral), Parakou (Borgou) et Porto-Novo (Ouémé). Un échantillon de 730 acteurs, comprenant 208 abatteurs, 95 grossistes, 125 transformateurs et 302 consommateurs, a été sélectionné à l'aide d'une méthode d'échantillonnage aléatoire. Pour chaque catégorie d'acteurs, les attributs de qualité les plus importants ont été identifiés et les interviewés ont classé leurs opinions en conséquence.

Les trois principaux attributs très appréciés par les acteurs variaient selon les catégories. Pour les abatteurs, les attributs clés étaient l'apparence, la texture au toucher et la hauteur. Les grossistes ont privilégié la texture au toucher, l'apparence et la hauteur. Les transformateurs ont mis l'accent sur l'apparence, l'odeur et la texture au toucher, tandis que les consommateurs ont souligné la texture au toucher, l'apparence et l'odeur. Dans l'ensemble, tous les acteurs étaient d'accord pour dire que le poulet devait avoir une apparence attrayante, une texture ferme et une odeur caractéristique du poulet.

La plupart des abatteurs (90,87 %) et des grossistes (93,68 %) estimaient que la viande de poulet devait avoir une couleur blanc pâle, tandis qu'un faible pourcentage de vendeurs de poulet transformé (6,32 %) préféraient une couleur dorée. Les transformateurs et les consommateurs préféraient du poulet transformé qui avait bon goût. Par conséquent, les préférences de ces acteurs devraient servir de base pour le développement de toute industrie impliquée dans la production de poulet destiné à la consommation ou à la transformation.

Mots-clés : Poulet, Canal de commercialisation, Attribut de qualité, Acteurs.

Abstract

Poultry farming is a rapidly growing agricultural business worldwide, and in Benin, it is the second largest source of meat after cattle. However, various factors can affect the quality of chicken meat and lead to its rejection by consumers. Since meat quality is an important factor for consumer acceptability, it is crucial to assess the perception of chicken quality among the actors involved in its marketing.

This study was conducted in 5 municipalities in the southern and central parts of Benin: Abomey-Calavi (Atlantique), Bohicon (Zou), Cotonou (Littoral), Parakou (Borgou), and Porto-Novo (Ouémé). A sample of 730 actors, including 208 slaughterers, 95 wholesalers, 125 processors, and 302 consumers, was selected using a random sampling method. For each category of actors, the most important quality attributes were identified, and the interviewees ranked their opinions accordingly.

The top three attributes highly valued by the actors varied among categories. For slaughterers, the key attributes were appearance, texture by touch, and height. Wholesalers prioritized texture by touch, appearance, and height. Processors emphasized appearance, odor, and texture by touch, while consumers highlighted texture by touch, appearance, and odor. Overall, all actors agreed that chicken should have an attractive appearance, a firm texture, and a characteristic chicken smell.

Most slaughterers (90.87%) and wholesalers (93.68%) believed that chicken meat should have a pale white color, while a small percentage of processed chicken sellers (6.32%) preferred a golden color. Processors and consumers preferred processed chicken that tasted delicious. Therefore, the preferences of these actors should serve as the basis for the development of any industries involved in chicken production for consumption or processing.

Keywords: Chicken, Marketing channel, Quality attribute, Actors.

Résumé

L'élevage de volaille est l'une des entreprises agricoles les plus importantes et à la croissance la plus rapide au monde. Au Bénin, elle constitue la deuxième source de viande, après le bétail. Cependant, différents facteurs pourraient affecter la qualité de la viande de poulet et provoquer son rejet par les consommateurs. La qualité de la viande étant un indicateur important pour son acceptabilité par le consommateur, il est important d'évaluer la perception de la qualité du poulet par les acteurs impliqués dans sa commercialisation. L'étude a porté sur 5 communes situées dans le sud et le centre du Bénin, à savoir Abomey-Calavi (Atlantique), Bohicon (Zou), Cotonou (Littoral), Parakou (Borgou) et Porto-Novo (Ouémé). Un échantillon de 730 acteurs (208 abatteurs, 95 grossistes, 125 transformateurs et 302 consommateurs) a été sélectionné selon une méthode d'échantillonnage aléatoire. Pour chaque catégorie d'acteurs, les attributs de qualité les plus importants ont été identifiés et les personnes interrogées ont exprimé leur opinion selon une méthode de classement. Il apparaît que, les trois premiers attributs avec les plus fortes notes variaient d'une catégorie à l'autre : ce sont l'apparence, la texture au toucher, la taille pour les abatteurs ; la texture au toucher, l'aspect, la taille pour les grossistes ; l'apparence, l'odeur, la texture au toucher pour les transformateurs ; et enfin la texture au toucher, l'aspect, l'odeur pour les consommateurs. Pour tous les acteurs, le poulet doit aussi avoir un aspect attrayant (belle surface), une texture ferme et une odeur caractéristique du poulet. La plupart des abatteurs (90,87 %) et des grossistes (93,68 %) pensent que la couleur de la viande de poulet doit être blanche-pâle tandis que les vendeurs de poulet transformé (6,32 %) la préfèrent dorée. Pour les transformateurs et les consommateurs, le poulet transformé doit avoir un goût délicieux. Les attributs de qualité les plus importants pour les transformateurs et les consommateurs devraient servir de base pour le développement de toutes industries de production de poulet pour la consommation ou la transformation.

Mots-clés : Poulet, Circuit de commercialisation, Attribut de qualité, Acteurs.

Introduction

Chicken is one of the most important consumed poultry products in the world. According to Sodjinou et al., (2012), it is a chewy meat with a low fat content, and constitutes an important source of meat in many African countries. In Benin, poultry is the second source of meat, after cattle (21% against 58% for cattle, 13% for sheep/goats and 7% for pork), and chicken contributes for 2.4% of the agricultural turnover (Onibon & Sodegla, 2006). According to FAO (2014), the so called “bicycle poultry” plays a significant role in the economy of more than 8 out of 10 Beninese households and its production is perceived as an activity that can easily generate income for poor rural households. The coverage rate of the demand for poultry products by domestic production is about 80% in Benin (Chrysostome & Sodjinou, 2005; Tougan et al., 2013). Unfortunately, chicken counts among very perishable livestock products and its management is far from satisfactory. Indeed, chicken meat preservation highly depends on the cold chain maintaining along the value chain. According to Ferguson & Ketzenberg (2006), perishable food loss at retailing level can be as high as 15% due to damage and spoilage. The financial consequence of the waste for retailers and manufacturers is severe (Wang & Li, 2012), because the quality of fresh meat indicates its usefulness to the consumer and its acceptability for cooking (Joo et al., 2013). According to (Katiyo et al., 2020), consumer perception of chicken meat spoilage is linked to sensory changes of raw chicken during storage. Since each actor in the supply chain are concerned at each stage by the meat quality spoilage, it is therefore important to investigate the most important chicken meat quality attributes as perceived by each actor involved in the chicken supply chain that need to be preserved.

Materials and method

Study area

The study covered the areas with higher consumption of chicken (INSAE, 2016). In total, 5 municipalities were visited, namely Abomey-Calavi (Atlantique Departement), Bohicon (Zou), Cotonou (Littoral), Parakou (Borgou) and Porto-Novo (Ouémé). 3 boroughs and villages with a high number of farm households were selected in each municipality.

Participants

The slaughterers, the wholesalers, the processors, and the consumers were included in the study, as they were identified as the most concerned by the chicken meat spoilage, during the exploratory step. The sample size was calculated using the formula of Dagnelie (1998).

$$n = 4p(1 - d)/d^2 \quad (1)$$

where p is the ratio of the number of agricultural households working with the selected food product to the number of population in the Department and d is the margin of error set at 0.05. In total, a sample of 730 respondents (208 slaughterers, 95 wholesalers, 125 processors and 302 consumers), randomly selected was investigated (Table 1).

Data collection

The data were collected following a two steps method. Firstly, an exploratory step, involving key actors of the chain which aimed to identify the most important quality attributes affecting the choice of actors. Based on the results obtained, a questionnaire was designed for individual interviews. The designed questionnaire was structured in 3 parts. The first part dealt with the socio-demographic characteristics of

the interviewee (name, age, gender, level of education, number of years of experience in the trade and contact details). The second part focused on the relationship between the interviewees and their suppliers. The last part examined perceptions of the chicken's quality by the respondents.

Data analysis

The social and demographic characteristics were presented using descriptive statistics. The marketing channel helped summarize the relationship between the actors. The quality attributes scores were analyzed using a ranking method. As the number of attributes retained differs among the actors, two scales of ranking (1-6 for processors, 1-5 for other actors) were presented to the interviewees. For each attribute, average ranks were calculated; Sphinx software (5.1.0.4) and Excel Software (2016) were used for the analysis.

Results

Sociodemographic profiles of the respondents

According to the Table 2, most of the respondents were between 30 and 39 years old. The results showed that the slaughter of chickens is mainly done by women (72.12%), the processing by men (72%) while the wholesalers are both men (51.58%) and women (48.42%). Most slaughterers have not been to school (39.90%) or have a primary education (32.21%) while processors have a primary (33.60%) or undergraduate (37.60%) education. Wholesalers mainly have secondary education (46.32%). Most stakeholders surveyed has between 2 and 4 years of experience.

Suppliers, abundance period and marketing channel

Festive times constitute the periods of strong marketing of chicken in Benin. In overall, most stakeholders consider November (96.15%), December (99.03%), January (100%) and February (64.90%) as period of plenty. Based on the results presented in Figure 1, the chicken marketing channel was established. There are two categories of wholesalers (fresh chicken wholesalers and processed chicken wholesalers). Fresh chicken wholesalers mainly buy from slaughterers (71.58%). Processed chicken wholesalers obtain their supplies from processors (8.42%). In addition, chicken processors get their supplies either directly from slaughterers (58.4%) or wholesalers (41.6%). Finally, consumers buy from all the stakeholders in the chain. In most of cases, they are supplied by processors (37.42%) or have their own livestock (33.77%). Some consumers (19.21%) prefer to buy their chicken directly from slaughterers while others go to wholesalers (9.60%).

Consumption frequency, Attributes, and quality criteria

Only 2% of consumers of chicken have a daily consumption. The other consumption rhythms were weekly at frequencies of once, twice and three times a week for respectively; 30, 10 and 2% of consumers.

The quality attributes retained to be classified among the actors except processors were: Appearance, Color, Texture by touch, Odor, Height. The processors evaluated the Appearance, Color, Texture by touch, Odor, Taste and Tenderness. From the interpretation of the radars (Figures 2 and 3), it appears that the first three attributes highly scored by the actors are: Appearance, Texture by touch and Height for Slaughterer; Texture by touch, Appearance and Height for Wholesalers; Appearance, Smell and Texture by touch for Processors; Texture by touch, Appearance and Odor for Consumers. Thus, a similarity between the quality attributes is noted between the slaughterers and wholesalers, and between processors and consumers.

Data in Table 3 reveal that all the stakeholders in the marketing channel believe that chicken must have an attractive surface (Appearance), a firm texture and a characteristic odor of chicken. Most slaughterers

(90.87%) and wholesalers (93.68%) said the color should be white pale, except for processed chicken sellers (6.32%) who prefer it golden. For processors and consumers, processed chicken should taste delicious. The findings also confirm that depending on the kind of processing carried out, the chicken must have three colors: golden (Smoking), Yellow (Frying), white (pale) (cooking).

Discussion

Suppliers, abundance period and marketing channel

Marketing channel is defined as a succession of intermediaries and places through which products, currencies and information on demand and supply flow for a defined period (Baris & Couty, 1981). The main actors involved in the chicken marketing channel are slaughterers, wholesalers (of fresh chicken and of processed chicken), processors and consumers. They can be found in urban and rural areas of Benin. The slaughter of chickens is mainly done by women while the processing is more practiced by men. Thus, there is a strict repartition of gender roles in the channel. In fact, chicken slaughtering is commonly an additional source of income for women in contrast to its processing which is mainly done by men in front of clubs and bars. This distribution in the chicken marketing channel in Benin is like those of several countries in sub-Saharan Africa. According to Issa et al. (2012a), the business of selling and slaughtering poultry in rural markets is dominated by women. They represent 40 to 58% in Ethiopia (Aklilu et al., 2008), 88% in the Kalerwe market in Uganda (Emuron et al., 2010), 74% in Botswana (Guèye, 2003) and more than 50% in Nigeria (Alabi et al., 2006). On the other hand, men are the main owners of processing sites close to the major roads in Chad (Issa et al., 2012b). Some consumers prefer processed chicken for direct consumption, while others prefer to buy it from slaughterers or have their own farm. In some cities in Chad, chickens acquired alive at the market can be slaughtered and plucked on site at the request of customers (Mopaté, 2010; Mopaté & Djimé, 2012). Most chicken processors get their supplies from slaughterers or wholesalers of fresh chickens. This mode of supply was reported in Chad by Issa et al. (2012b), where restaurant chicken processors and refreshment stand on the outskirts of main streets buy most of the chickens from suppliers/slaughterers. Different economic and socio-cultural factors are likely to influence poultry consumption (Solomon et al., 2003; Budiastira et al., 2006). Among them, there are religious festive events, eating habits, income level, forms of processing. Religious demonstrations and festivals significantly affect the consumption of chicken. Onibon and Sodegla (2006) confirmed that demand for poultry products is extremely active during holidays, funerals, and religious ceremonies in Benin while the chicken sales are regular throughout the year in every market of the country. Indeed, Aklilu et al. (2008) and Emuron et al. (2010) showed that poultry sales (price) increase appreciably with seasons, end-of-year celebrations and the religious festivals, whereas it decreases during the period of pre-Easter and pre-Christmas. Thus, the activity is not seasonal and except the common festive period where a picnic is observed, people consume chicken all year around for their own purpose. There is then a potential market always available for the product whatever its form (fresh or processed).

Frequency of consumption, attributes, and quality criteria

Consumers don't just choose their food based on caloric content and price; qualitative characteristics, in conjunction with the method of preparation and socio-cultural references, are crucial in the choice of products (Chaléard et al., 2002). Regular consumption of chicken by respondents (at least once a month) would be associated with their participation to common meals around chicken meat, events (weekends, parties, meetings between friends etc.). These observations are like those mentioned by Awono et al. (2008) and Mopate et al. (1998) both in rural areas and in towns, where the organization of numerous colloquia and seminars is generally accompanied by a strong consumption of poultry. The average level of household consumption of chicken is higher in Ethiopia (one chicken and eight eggs) than in Gambia with one chicken in two months and very negligible consumption of eggs (Aichi et al., 1998).

Organoleptic criteria are important factors that are considered during the consumption of chickens. Thus, especially traditional chicken is appreciated by almost all households and consumers in sub-Saharan Africa, as being a meat of very good organoleptic quality (Gandemer & Kim 1993; Guèye et al., 2000; Teno, 2009). A similarity between the quality attributes of chicken is found between slaughterers and

wholesalers; they prefer a chicken with a clean and attractive surface, firm texture and variable height depending on the purchasing power of the buyer. In addition, common quality attributes are found between processors and consumers; they prefer a chicken with an attractive surface, a pleasant, non-rotten chicken smell and a firm texture. Also, for these last two actors, the delicious taste and tenderness of the chicken constitute significant criteria. It can be observed that depending on the type of market (fresh consumption or processed consumption) the quality criteria are different. There is then a care to the consumers exigence in terms of quality. These results are in line with the trends observed in the relationships between the actors within the marketing circuit. Most consumers who like ready-to-eat products buy directly from processors while most wholesalers buy from slaughterers. The taste, the firmness and the resistant aspect of the flesh are the main reasons of chicken consumption choice by households (Teno, 2009). If in N'Djaména (Chad), as in Niger (Assoumane & Ousseini., 2010), Uganda (Emuron et al., 2010) and Malawi (Gondwe et al., 2005) the choice of mainly local chicken is dictated by its taste and the fact that it is a natural product, in Dakar (Senegal), Yaoundé (Cameroon) and Ivory Coast, it is more the low price of imported frozen chicken cuts which remains the determining factor of consumption inside and outside home (Amokaon et al., 2000; Awono et al., 2008; Mankor et al., 2009). However, the very tender flesh, ability to easily separate from bones after cooking in African sauces, is a significant criterion (Gandemer & Kim 1993).

Implication for the development

Chicken can be considered today as a high valuable food product in Benin. Whatever its final form (alive, fresh, frozen, fried, or smoked), there is a growing market for its consumption. The preference analysis has proven a connection between some groups of actors in the channels, while the market is not organized as an ideal marketing system. A low organization can then be noticed in the different marketing channels. The processing activity is still artisanal and there is a low diversity in the product form. A special attention to the most important quality criteria for consumers could inspire new businesses (new products) in the sector and arise new markets. Another aspect to explore would be the level of implication of formal public and private institutions in the market, and how they act to strengthen its organization at each actor level.

Conclusion

This study demonstrated that the main actors involved in the chicken marketing channel are slaughterers, wholesalers, processors, and consumers. They are young (30-39 years old) and have between 2 and 4 years of experience in the activity. They make higher turnover in November, December, January and February when the demand for poultry products is important. According to chicken marketing channel actors, particular attention should be given to the delicious taste and tenderness of the chicken, cleanness and attractiveness of surface, texture firmness and pleasant smell. However, the social and economic characteristics which influence the choice of each group of actors need to be investigated to guide the suggestions for the market functioning improvement.

Acknowledgment

Authors would like to thank the Germany Federal Ministry for Food and Agriculture (BMEL) for their financial support (Project-ID (FKZ) 2816PROC08).

Bibliographic Reference

- Aichi, J.K. (1998). Village chicken production systems in rural Africa. Household food security and gender issues. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Aklilu H.A., Udo, H.M.J., Almekinders, C.J.M., Van der Zijpp, A.J. (2008). How resource poor households value and access poultry: Village poultry keeping in Tigray, Ethiopia. *Agricultural Systems*, 96, 175–183.

- Alabi, R.A., Esobhawan, A.O., Aruna, M.B. (2006). Econometric determination of the contribution of the family poultry to the women's income in the Niger- Delta, Nigeria. *Journal of Central European Agriculture*, 7, 753-760.
- Amokaon, D., Kone, A., Kouakou, D. (2000). Une meilleure protection douanière pour éliminer la concurrence déloyale des importations, (aviculture). In Zolty A, Airault P (scientific eds), Zolty A (directeur de publication). *Afrique agriculture* (pp.76-81).
- Assoumane, I., Ousseini, G. (2010). *Revue du secteur avicole du Niger* (p. 61)
- Awono, B.C., Larochedupraz, C., Grongnet, J.F., Vermersch, D., Havard, M., Lhuissier, A. (2008). Déterminants de la consommation urbaine de poulet de chair au Cameroun : cas de la ville de Yaoundé. In : Parrot L, Njoya A, Temple L, Assogba-Komlan F, Kahane R, Ba Diao M, Havard M (scientific eds), Parrot L (coordinator). Tome 1 : Gouvernance et approvisionnement des villes. Editions L'Harmattan (pp. 209-218).
- Budiastra, I.G.S., Udo, H.M.J., Van der Zijpp, A.J., Murti, T.W., Baijardi, E., Murti, T.W. (2006). Fêtes religieuses et de l'offre et la demande des petits ruminants dans le centre de Java - Indonésie, (Doc Thesis). La dynamique de développement des petits ruminants dans le centre de Java, en Indonésie, systèmes de production animale. Université de Wageningen, Pays-Bas.
- Chaléard, J., Moustier, P., Leplaideur, A. (2002). L'approvisionnement vivrier des villes en Guinée : entre fragilité et dynamisme. *Autrepart*, 23, 5-23.
- Chrysostome, C., Sodjinou, E. (2005). Diagnosis of family poultry production chain and evaluation of the socioeconomic impact of PADAV (Programme d'Appui au Développement de l'Aviculture Villageoise) in Mono and Donga regions, Benin. Programme d'Appui au Développement du Secteur Agricole. Danish International Development Agency (PADSA/DANIDA), Cotonou, 123.
- Dagnelie, P. (1998). *Statistiques théoriques et appliquées*, Tome 2, 559.
- Emuron, N., Magala, H., Kyazze, F.B., Kugonza, D.R., Kyarisiima, C.C. (2010). Factors influencing the trade of local chickens in Kampala city markets. *Livestock Research for Rural*, 22, (p.4).
- FAO. (2014). *Decision tools for family poultry development*. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 16. Rome, Italy.
- Ferguson, M.E., Ketzenberg, M.E. (2006). Information sharing to improve retail product freshness of perishables. *Production and Operations Management* 15(1), 57-73.
- Gandemer, G., Kim, I.E. (1993). Quelques éléments objectifs de comparaison de la qualité de la viande de poulets label et standard. *Proceedings of the 11th European Symposium on poultry meat*, Tours, 119127.
- Gondwe, T.N.P., Wollny, C.B.A. (2005). Evaluation of the growth potential of local chickens in Malawi. *International Journal of Poultry Science*, 4(2).
- Guèye, E.F. (2003). Gender issues in family poultry production systems in low-income food-deficit countries. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(04), 185-195.
- Guèye, E.F., Dieng, A., Dieng, S. (2000). Meat quality of indigenous and commercial chickens in Senegal. In: (Sonaiya EB (ed.). *Proceedings of an International Workshop on Issues in Family Poultry Research and Development*, (pp. 146-152).
- INSAE. (2016). *Cahier des villages et quartiers de villes*. RGPH-4.
- Issa, Y., Mopate, L.Y., Louassouabe, G., Ayssiwede, S.B., Missohou, A. (2012b). Consommation hors-foyer de poulets traditionnels dans la ville de N'djamena (Tchad). *Revue Scientifique du Tchad*, 11 (1).
- Issa, Y., Mopate, L.Y., Missohou, A. (2012a). Commercialisation et consommation de la volaille traditionnelle en Afrique subsaharienne. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14(3), 1985-1995. <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
- Joo, S.T., Kim, G.D., Hwang, Y.H., Ryu, Y.C. (2013). Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 95, 828–836. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.04.044.
- Katiyo, W., de Kock, H.L., Coorey, R., Buys, E.M. (2020). Sensory implications of chicken meat spoilage in relation to microbial and physicochemical characteristics during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology* (IF 4.006). DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109468.

- Mankor, A. (2009). Consommation urbaine de viandes en Afrique de l'Ouest : l'exemple de Dakar. Evolution du secteur de l'élevage ouest africain. Grain de Sel, 46-47, 16-17.
- Mopaté, L.Y., Djimé, M. (2012). Approvisionnement et transformation hors-foyer de la volaille villageoise dans la ville de Bongor, Tchad. Revue Scientifique du Tchad (RST), 11(1), 63-73.
- Mopaté, L.Y. (2010). La filière volaille locale dans l'approvisionnement en viande des villes: cas de la ville de N'Djamena au Tchad. Atelier pour le Développement de l'Aviculture Professionnelle. International Finance Corporation (IFC) of the World Bank Group, FAO, SCAC (Ambassade de France), LRVZ, 14-18.
- Mopaté, L.Y., Hendrikx, P., Imadine, M., Djimtoloum, N. (1998). Données socio-économiques de la production aviaire dans la région du Nord Guéra au centre Est du Tchad. Rapport technique, (p. 20).
- Onibon, P., Sodegla, H. (2006). Etude de la sous-filière « Aviculture Moderne » au Bénin. Rapport integral MAEP-DPP, (pp. 110).
- Sodjinou, E., Henningsen, A. (2012). Community-based management and interrelations between different technology adoption decisions: Innovations in village poultry farming in Western Africa. FOI Working Paper 2012/11. Institute of Food and Resource Economics, University of Copenhagen, Denmark, (p. 46).
- Solomon, A., Workalemau, A., Jabbar, M., Ahmed, M., Hurnissa, B. (2003). Livestock marketing in Ethiopia. A review of structure, performance and development initiatives. Socio-economic and Policy Research Working 52. International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya.
- Teno, G. (2009). Etude des déterminants de la consommation du poulet du pays : cas de la région de Dakar (Sénégal). Thèse de doctorat en Médecine vétérinaire 36. Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Tougan, P.U., Youssao, A.K.I., Dahouda, M., Salifou, C.F.A., Ahouou, G.S., Kpodekon, M., Mensah, G.A., Kossou, D.N., Amenou, C., Kogbeto, C., Thewis, A. (2013). Variability of carcass traits of local poultry populations of Gallus gallus species of Benin by genetic type, breeding mode and slaughter age. Journal of Applied Biosciences, 69, 5510-5522.
- Wang, X., Li, D. (2012). A dynamic product quality evaluation-based pricing model for perishable food supply chains. OMEGA-International Journal of Management Science, 40(6), 906-917.

Table 1. Surveyed actor's distribution by municipalities.

| Municipalities | Slaughterers (n=208) | Wholesalers (n=95) | Processors (n=125) | Consumers (n=302) | Total people interviewed |
|----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| Abomey-Calavi | 34 | 24 | 6 | 51 | 115 |
| Bohicon | 39 | 14 | 27 | 50 | 130 |
| Cotonou | 62 | 33 | 35 | 81 | 211 |
| Parakou | 21 | 8 | 24 | 59 | 112 |
| Porto-Novo | 52 | 16 | 33 | 61 | 162 |
| Total | 208 | 95 | 125 | 302 | 730 |

Table 2. Sociodemographic profiles of the respondents.

| | Slaughterers (n=208) | Wholesalers (n=95) | Processors (n=125) | Consumers (n=302) |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Gender | | | | |
| Male | 27.88 | 51.58 | 72.00 | 51.99 |
| Female | 72.12 | 48.42 | 28.00 | 48.01 |
| Age (years) | | | | |
| < 25 | 4.33 | 1.05 | 0 | 11.59 |
| 25-29 | 14.42 | 28.42 | 20.00 | 33.44 |
| 30-39 | 66.35 | 69.47 | 80 | 41.06 |
| 40-60 | 14.90 | 1.05 | 0 | 13.9 |
| Educational level | | | | |
| No schooling | 39.90 | 7.37 | 20.00 | 11.92 |
| Primary school | 32.21 | 15.79 | 33.60 | 13.91 |
| Junior secondary school | 14.90 | 24.21 | 37.60 | 17.22 |
| Senior secondary school | 12.02 | 46.32 | 8.00 | 32.12 |
| University | 0.96 | 6.32 | 0.80 | 24.83 |
| Experiences in the activity (years) | | | | |
| 1 | 11.06 | 8.42 | 16.80 | - |
| 2-4 | 62.50 | 83.16 | 68.80 | - |
| 5-7 | 19.23 | 8.42 | 14.40 | - |
| 8-10 | 3.85 | 0 | 0 | - |

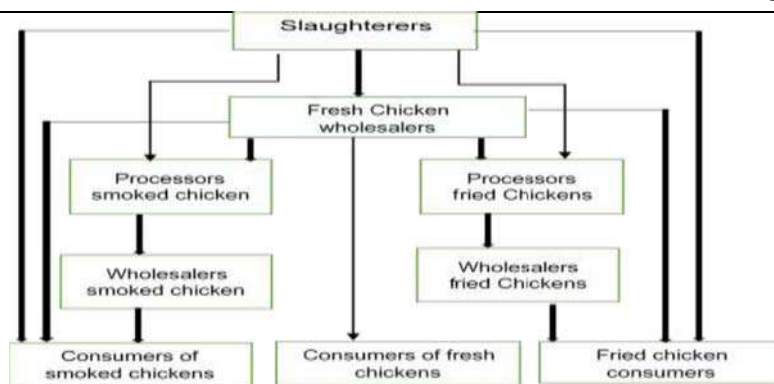
**Figure 1. Chicken marketing channel.**



Figure 2. Average rank of quality attributes by slaughterers, wholesalers and consumers.



Figure 3. Average rank of quality attributes by processors.

Table 3. Chicken quality criteria importance.

| Chicken Quality criteria | | Slaughterers | Wholesalers | Processors | Consumers |
|---------------------------------|--------------|--------------|-------------|------------|-----------|
| Attractive surface (Appearance) | | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Firm texture | | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Characteristic smell of chicken | | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Color | White (pale) | 90.87 | 93.68 | 13.22 | 75.17 |
| | Yellow | 9.13 | - | 10.74 | 2.32 |
| | Golden | - | 6.32 | 76.03 | 22.52 |
| Height | Tall | 18.75 | 42.11 | - | - |
| | Medium | 68.75 | 49.47 | - | - |
| | Small | 12.5 | 8.42 | - | - |
| Taste | Delicious | - | - | 100 | 100 |

Données préliminaires sur la diversité et l'abondance du zooplancton dans le bassin du port autonome de Cotonou au Bénin

*AKODOGBO Hotèkpo Hervé, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) / École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou 01 BP 2009, Bénin, hakodogbo1@gmail.com

DOSSOU-SOIGNON Fridolin Ubald, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) / École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou 01 BP 2009, Bénin, dossousognonfridolin@gmail.com

GOUISSI Fadéby Modeste, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), Parakou BP 123, Bénin, gouissi@yahoo.fr

KOUGLO Patrick Junior, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) / École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou 01 BP 2009, Bénin, patricjuniorouglo@gmail.com

OUISSOU François Talomonwo, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) / École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou 01 BP 2009, Bénin, francoisouissou90@gmail.com

FIOGBE Emile Didier, Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou BP 526, Bénin, edfiogbe@yahoo.fr

Auteur correspondant : AKODOGBO Hotèkpo Hervé

Résumé

Le bassin du Port Autonome de Cotonou est une zone aménagée dans le golfe de Guinée au Bénin pour les activités portuaires. La présente étude vise à fournir une connaissance de base sur le peuplement zooplanctonique de l'écosystème de ce bassin portuaire en faisant la lumière sur sa composition taxonomique, son abondance et sa distribution temporelle. Pour ce faire, 4 campagnes d'échantillonnages, chaque trois mois, de juillet 2020 à avril 2021, suivant les saisons climatiques du Sud-Bénin ont été effectuées en neuf points dans le bassin. Un prélèvement vertical avec un filet à plancton de 53 µm de maille, lesté jusqu'à une profondeur de 5 m a été fait à chaque point, puis les échantillons ont été conservés à l'éthanol à 70°. L'identification au plus bas niveau taxonomique possible et le comptage des organismes des échantillons, ont été fait au microscope optique de type Optika. La densité, la fréquence d'occurrence et la richesse taxonomique ont été déterminées. Au total, 35 taxons ont été inventoriés en plus des nauplii et autres copépodes qui n'ont pas pu être identifiés. La densité moyenne était de 23613,62 ind/m³. Les copépodes étaient les plus abondants (98,0% de la densité totale), ce qui peut être attribué à leur abondance naturelle dans les écosystèmes marins. Trente-et-un (31) taxons étaient constants spatialement et temporellement. *Oithona* spp. et les nauplii de copépodes étaient présents pendant toutes les campagnes d'échantillonnages. Le mois de juillet a été le mois où le zooplancton était plus abondant comparativement aux autres mois d'échantillonnages. Ces résultats serviront pour l'évaluation future de l'état de cet écosystème qui est exposé aux activités portuaires qui peuvent entraîner des pollutions dont principalement celles biologiques et chimiques.

Mots-clés : zooplancton, composition taxonomique, distribution, écosystème portuaire, Bénin.

Preliminary Data on zooplankton diversity and abundance in the Port of Cotonou Basin in Benin

Abstract

The Port of Cotonou Basin, situated in the Gulf of Guinea, Benin, is a designated area for port activities. This study aims to provide fundamental insights into the zooplankton community of this port ecosystem by examining its taxonomic composition, abundance, and temporal distribution. To achieve this, four

sampling campaigns were conducted every three months from July 2020 to April 2021, following the climatic seasons of Southern Benin, at nine points within the basin. Vertical sampling using a plankton net with a mesh size of 53 μm , weighted to a depth of 5 m, was performed at each point. The collected samples were preserved in 70% ethanol. Identification at the lowest possible taxonomic level and organism counting were carried out using an Optika optical microscope. Density, frequency of occurrence, and taxonomic richness were determined. In total, 35 taxa were identified, in addition to nauplii and other copepods that could not be identified. The average density was 23,613.62 ind/m³. Copepods were the most abundant (98.0% of the total density), attributed to their natural abundance in marine ecosystems. Thirty-one taxa were spatially and temporally constant. *Oithona* spp. and copepod nauplii were present during all sampling campaigns. July had the highest zooplankton abundance compared to other sampling months. These results will be useful for the future assessment of the ecosystem's condition, which is exposed to port activities that may cause biological and chemical pollution.

Keywords: Zooplankton, Taxonomic composition, distribution, Port ecosystem, Benin.

Introduction

Dans les milieux aquatiques, le zooplancton très sensible aux changements des conditions environnementales, joue un rôle crucial dans le transfert d'énergie des producteurs primaires vers les niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire (Adandedjan *et al.*, 2017; Houssou *et al.*, 2017). Ils constituent une principale source d'aliments pour de nombreux animaux aquatiques, y compris les poissons et autres crustacés économiquement importants à différents stades de leur développement (Adandedjan *et al.*, 2017; Akodogbo *et al.*, 2014; Mansour *et al.*, 2020). Ainsi, toute perturbation induite dans le milieu aquatique marin peut affecter la structure et la composition de la communauté zooplanctonique et par conséquent immédiatement ou temporairement les niveaux trophiques supérieurs de la chaîne trophique (Houssou *et al.*, 2017). Tout l'écosystème et les ressources marines y compris les espèces de poissons économiquement importantes seraient donc affectés (Shaikh *et al.*, 2021). Dans les ports, ces perturbations peuvent provenir des activités humaines tels que le chargement et le déchargement des marchandises, le rejet des eaux de ballast et de cale dans les écosystèmes aquatiques pouvant modifier la qualité de l'eau à travers l'introduction de source de nutriments, de polluants ou d'espèces non indigènes (Gaonkar *et al.*, 2010; Shaikh *et al.*, 2021). L'étude du zooplancton est donc essentielle pour l'évaluation de l'état du milieu à travers le suivi de certains paramètres environnementaux dans le but de détecter d'éventuelles modifications induites par ces perturbations. Ceci permettra de proposer des mesures de prévention et des voies de restauration du milieu (Mansour *et al.*, 2020). La connaissance de la biodiversité et l'étude de la distribution de ces organismes dans ces écosystèmes est l'une des conditions cruciales pour pouvoir réaliser cette évaluation (Houssou *et al.*, 2016; Mansour *et al.*, 2020).

Le Port Autonome de Cotonou (PAC), se trouve sur la côte atlantique en République du Bénin en Afrique de l'Ouest. Il constitue l'une des bases économiques du pays. Ce port est le siège de plusieurs activités se déroulant dans la zone du port de pêche et du port industriel qui, grâce à son bassin portuaire, accueille les navires pour les échanges commerciaux. Il est ainsi exposé à des risques d'introduction d'espèces exotiques et par conséquent d'invasions biologiques. La connaissance de sa biodiversité est alors importante, car nécessaire pour identifier à long terme les espèces indigènes et non-indigènes pour des travaux de recherches sur les invasions biologiques. Cependant à ce jour, aucune donnée n'a été publiée sur la composition taxonomique et la distribution spatio-temporelle du zooplancton du bassin portuaire du PAC. Plusieurs études de recherches nationales et internationales ont été menées dans l'Atlantique africain, qui a fait l'objet de nombreuses expéditions océanographiques au XX^{ème} siècle (Thiriou, 1978; Wiafe *et al.*, 2008). Mais aucune donnée n'a particulièrement été publiée sur le zooplancton du Golfe de Guinée au Bénin à ce jour. Pour contribuer à combler cette lacune, ce travail s'inscrit dans la dynamique de fournir des données préliminaires sur le peuplement zooplanctonique de cet écosystème à travers la distribution temporelle de la communauté zooplanctonique dans le bassin portuaire du PAC en faisant la lumière sur la composition taxonomique et l'abondance du peuplement zooplanctonique dans ce bassin.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Milieu d'étude

Le Port Autonome de Cotonou (PAC), est un port en eau profonde situé entre les latitudes 6.341 N et 6.351 N, et les longitudes 2.409 E et 2.435 E, possédant un plan d'eau (Bassin portuaire) dans le golfe de Guinée (Dossou *et al.*, 2020; PAC, 2017). L'hydrographie côtière du Golfe du Guinée est généralement divisée en quatre régimes : une période d'upwelling mineur de décembre à janvier ; une de thermocline longue de février à juin ; une d'upwelling majeur de juillet à septembre et une autre thermocline d'octobre à novembre (Dovlo, 2016).



Figure 1 : Sites d'échantillonnage dans le Bassin du Port Autonome de Cotonou au Bénin

1.2. Collecte et analyse de données

Neuf (09) sites ont été choisis dans le bassin portuaire compte tenu de leur accessibilité pour cette étude (Figure 1). Le zooplancton a été collecté pendant 4 campagnes (juillet, octobre 2020 et janvier, avril 2021). Les échantillons ont été collectés par la technique de la pêche verticale à l'aide d'un filet à plancton de 53 μm de maille lestée jusqu'à une profondeur de 5 m pour filtrer un volume $V = 0,26533 \text{ m}^3$ d'eau. Les échantillons ont été conservés dans un volume final de 50 mL d'éthanol à 70° puis conservés dans le réfrigérateur à 4 °C. Pour estimer la densité des individus, 50% de chaque échantillon (25 mL) a été prélevé pour observation sur une lame de comptage au microscope optique de type OPTIKA-MICROSCOPE-NUMERIQUE-B-290TB-E-PLAN-AVC-TABLETTE-PC. Tout le reste de l'échantillon a ensuite été observé pour identifier et dénombrer uniquement les taxons qui n'étaient pas abondant dans les 25 mL préalablement observés. Chaque individu a été identifié au niveau taxonomique le plus bas possible à l'aide des clés d'identification tels que ceux de Al-Yamani *et al.* (2011) ; Conway (2012) ; Di Capua (2021) ; Dussart (1980) ; Hecq *et al.* (2014) ; Issanga N'gamissimi, (1975) ; Mazzocchi (2019) ; McLelland (1989) ; Pourriot (1980) ; Wells (1970). Les noms des taxons ont été mis à jour grâce aux bases taxonomiques : (COL, 2021) (Catalogue of Life consulté sur <https://www.catalogueoflife.org/>) et (WoRMS Editorial Board, 2022) (World Register of Marine Species consulté sur <https://www.marinespecies.org/>). Les individus de calanoïdes n'ayant pas pu être identifiés au moins au niveau du genre ont été regroupés en des taxons suivant le nombre de leur soies furcales, car le nombre de soies peut être considéré pour avoir une idée des potentiels taxons de niveaux supérieurs auxquels ils peuvent appartenir. Les nauplii, les copépodites et les individus adultes qui ne présentaient pas tous les caractères pour les regrouper dans l'un des taxons identifiés avec certitudes (Calanoïda spp. et Cyclopoïda spp.), ont été comptés et leur nombre, utilisé pour l'estimation de l'abondance uniquement.

La densité des individus (ind/m^3) de chaque taxon qui a servi à estimer l'abondance a été calculée en s'inspirant de la formule proposée par (Adandedjan *et al.*, 2017) comme suit :

$$D = (n/V_1) \times (V_F / V_{fe}) \times f.$$

Avec : n = nombre d'individus compté, V_1 = volume prélevé pour observation (25 ml),

V_F = volume du filtrat concentré (volume de l'échantillon 50 ml) et V_{fe} = volume d'eau filtrée obtenu par la formule $V_{fe} = \pi \times r^2 \times H$ où H représente la hauteur d'eau (5 m) ; $r = \frac{D}{2}$ avec $D = 0.26 \text{ m}$ (diamètre de la grande ouverture du filet) et f = nombre de fraction.

La fréquence d'occurrence des taxa a été déterminée par la relation : $\% \text{Occ} = (P_a / P) \times 100$

Avec P_a = nombre total de prélèvements contenant le taxon considéré, et P le nombre total du prélèvement effectué ($P=4$, en tenant compte de la répartition temporelle). Cette fréquence d'occurrence permet de catégoriser les taxa, selon leur distribution ($F \geq 50\%$: taxon constant ; $25\% \leq F < 50\%$: taxon accessoire ; $5\% \leq F < 25\%$: taxon accidentel ou rares $F < 5\%$) (Adandédjan *et al.*, 2017; Dajoz, 1985).

Le logiciel Microsoft Excel version 2019 a été utilisée pour réaliser les calculs, les tableaux et figures. Le test de Kruskal-Walis au seuil de 5% a été réalisé avec le logiciel R version 4.3.2 (2023-10-31 ucrt) pour tester la significativité des variations d'abondances entre les groupes d'une part et les taxons d'autre part en fonction des saisons.

2. Résultats

2.1. Composition du peuplement zooplanctonique

2.1.1. Richesse taxonomique

Les organismes identifiés dans les 9 stations dans le bassin portuaire durant la période d'étude ont été regroupés en 9 groupes (Tableau 1) puis répartis-en 35 taxons plus les nauplii et autres copépodes (Calanoïda spp. et Cyclopoïda spp.) (Tableau 2). Parmi les 35 taxa, 12 ont été identifiés jusqu'à l'espèce, 9 jusqu'au genre, 8 jusqu'à l'ordre, un jusqu'à la sous-classe, 5 jusqu'à la classe et deux jusqu'à l'embranchement.

2.1.2. Abondance du zooplancton

La densité moyenne était de 23613,62 ind/m³ (Tableau 1). Les copépodes étaient le groupe le plus abondant (97,97% de la densité totale), suivi des Mollusques (1,05%) et les sept autres groupes ne représentaient que 0,98% de la densité totale (Tableau 1). Les nauplii de copépodes ont contribué à 44% de la densité totale, suivi de *Oithona* spp. (20,02%), Calanoïda spp1 (8,32%), *Microsetella norvegica* Boeck, 1865 (6,44%), Cyclopoïda sp2 (5,18%), Cyclopoïda spp. (4,99%), *Euterpina acutifrons* Dana, 1847 (4,27%) (Tableau 2).

Tableau 1 : Abondance annuelle, Abondance relative et Nombre de taxon pour chaque groupe de zooplancton enregistré dans le bassin portuaire du Port Autonome de Cotonou.

| Groupes | Abondance annuelle (ind/m ³) | Abondance relative (%) | Nombre de taxon |
|---------------|--|------------------------|-----------------|
| Copépodes | 23134,58 | 97,97 | 21 |
| Rotifères | 21,90 | 0,09 | 4 |
| Cladocères | 1,95 | 0,01 | 1 |
| Mollusques | 247,16 | 1,05 | 2 |
| Cirripèdes | 86,78 | 0,37 | 1 |
| Ostracode | 67,39 | 0,29 | 1 |
| Chaetognathes | 48,55 | 0,21 | 2 |
| Décapodes | 3,91 | 0,02 | 2 |
| Ascidies | 1,40 | 0,01 | 1 |
| Total | 23613,62 | 100 | 35 |

2.2.

2.3. Variation temporelle

2.3.1. Fréquence d'occurrence (% Occ)

Sept (07) groupes (Copépodes, Mollusques, Cirripèdes, Ostracodes, Chaetognathes, Décapodes et Cladocères) étaient les plus fréquemment présents (au moins 3 saisons) et deux (02) groupes (Rotifères et Ascidies) étaient les moins fréquents aux différentes campagnes. Seuls les Cladocères n'ont pas été échantillonnés pendant toutes les saisons, parmi les groupes les plus fréquents.

Tableau 2 : Liste, densité moyenne annuelle (ind/m³) et abondance (%) des taxa identifiés.

| Groupes | Ordres | Familles | Taxons (genres/espèces) | |
|--|---------------------------------|-------------------------------|---|--|
| Copépodes | Cyclopoïda Burmeister, 1834 | | Cyclopoïda sp1 | |
| | | | Cyclopoïda sp2 | |
| | | | Cyclopoïda sp3 | |
| | | Oncaeidae Giesbrecht, 1893 | <i>Oncaea</i> spp. | |
| | | Oithonidae Dana, 1853 | <i>Oithona plumifera</i> Baird, 1843 <i>Oithona</i> spp. | |
| | | Corycaeidae Dana, 1852 | <i>Corycaeus</i> spp. | |
| | Calanoïda Sars G. O., 1903 | Acartiidae Sars G.O., 1903 | <i>Acartia</i> spp. | |
| | | | Calanoïda spp1 | |
| | | | Calanoïda spp2 | |
| | | | Calanoïda spp3 | |
| | | Temoridae Giesbrecht, 1893 | <i>Temora</i> sp. <i>Temora turbinata</i> (Dana, 1849) <i>Temora stylifera</i> (Dana, 1849) | |
| | | Harpacticoïda Sars G.O., 1903 | Tachidiidae Sars G.O., 1909 | <i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847) |
| | | | Peltidiidae Claus, 1860 | <i>Clytemnestra</i> sp. |
| | | | | Harpacticoïda sp. |
| | Ectinosomatidae Sars G.O., 1903 | | <i>Microsetella rosea</i> (Dana, 1847) | |
| | | | <i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1865) <i>Microsetella</i> sp. | |
| | Miraciinae Dana, 1846 | | <i>Macrosetella gracilis</i> (Dana, 1846) | |
| | Rotifères | Ploima Hudson & Gosse, 1886 | Brachionidae Ehrenberg, 1838 | <i>Brachionus falcatus</i> (Zacharias, 1898) |
| | | | | <i>Brachionus plicatilis</i> (Müller, 1786) |
| <i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907) | | | | |
| | | | Rotifera sp. | |
| Cladocères | Diplostraca Gerstaecker, 1866 | Sididae Baird, 1850 | <i>Penilia avirostris</i> (Dana, 1849) | |
| Mollusques | | | Gastropoda spp. | |
| | | | Bivalvia spp. | |
| Cirripèdes | | | Cypris larvae | |
| Ostracodes | | | Ostracoda spp. | |
| Chaetognathes | | | Chaetognatha spp. | |
| | Aphragmophora Tokioka, 1965 | Krohnittidae Tokioka, 1965 | Krohnitta sp. | |

| | | | |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Décopodes | Decapoda Latreille, 1802 | Luciferidae De Haan, 1849 | <i>Lucifer</i> sp. (Protozoa) |
| Ascidies | | | Decapoda spp. |
| Autres Copépodes | | | Nauplii de Copépodes |
| | Cyclopoida Burmeister, 1834 | | Cyclopoida spp. |
| | Calanoida Sars G. O., 1903 | | Calanoida spp. |
| Cirripèdes | | | Nauplii de cirripèdes |

29 taxa étaient constants temporellement. *Brachionus falcatus*, *Keratella tropica*, et Ascidiacea larvæ étaient les moins fréquents.

2.3.2. Richesse taxonomique

Cette étude a révélé que la richesse taxonomique du peuplement zooplanctonique échantillonné au niveau du PAC varie relativement peu en fonction des saisons (28 à 33). Elle était de 33, 30, 28 et 32 taxa respectivement en Juillet, Octobre, janvier et Avril. La figure 2 présente la variation temporelle de la richesse taxonomique du zooplancton dans le bassin portuaire

La variation temporelle de la richesse taxonomique a montré qu'en juillet, 20 taxons de Copépodes, 4 de Rotifères, 1 de Cladocères, 2 de Mollusques, 1 de Cirripèdes, 1 de Ostracodes, 2 de Chaetognathes, 2 de Décapodes ont été retrouvés (Figure 2). En octobre, 22 taxons de Copépodes, 1 de Cladocères, 2 de Mollusques, 1 de Cirripèdes, 1 de Ostracodes, 2 de Chaetognathes, 1 de Décapodes ont été retrouvés. En janvier, 19 taxons de Copépodes, 2 de Rotifères, 1 de Cladocères, 2 de Mollusques, 1 de Ostracodes, 1 de Chaetognathes, 2 de Décapodes ont été retrouvés. En Avril 23 taxons de Copépodes, 2 de Mollusques, 2 de Cirripèdes, 1 de Ostracodes, 2 de Chaetognathes, 2 de Décapodes et 1 de Ascidiées ont été retrouvés.

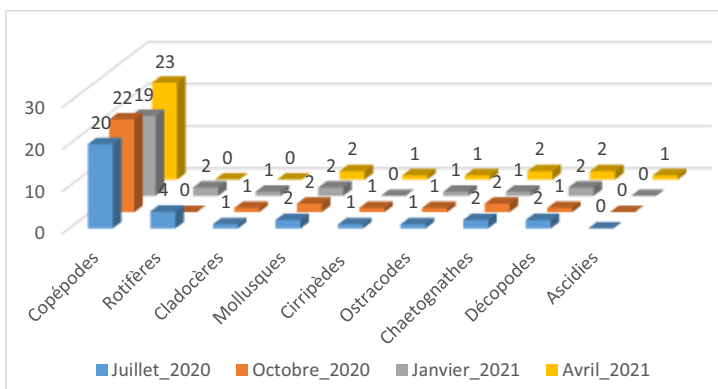


Figure 2 : Variation temporelle de la richesse taxonomique du zooplancton dans le bassin portuaire

2.3.3. Abondance du zooplancton

L'Abondance du peuplement zooplanctonique échantillonné au niveau du PAC varie relativement peu en fonction des saisons (11392,20 ind/m³ à 49714,15 ind/m³). Elle était de 49714,15 ; 15580,53 ; 11392,20 ; 17767,61 ind/m³ respectivement en juillet, octobre, janvier et avril. Mais la variation de l'abondance entre les groupes en fonction des saisons n'est pas statistiquement significative.

Les copépodes étaient les plus abondants à toutes les saisons (49073,48 ind./m³ ; 15219,17 ind./m³ ; 10922,58 ind./m³ ; 17323,10 ind./m³ respectivement en juillet 2020, Octobre 2020, janvier 2021 et avril 2021) (Figure 3). La variation de la densité entre les taxons de rotifères en fonction des mois était statistiquement significative mais il n'en était pas de même pour les copépodes.

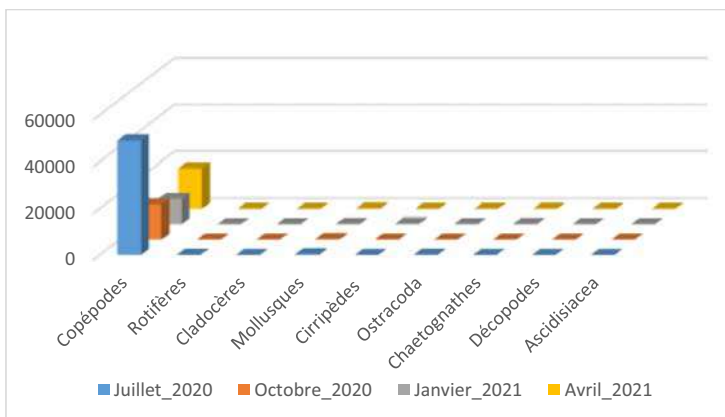


Figure 3 : Variation temporelle de l'abondance du zooplancton dans le bassin portuaire

3. Discussion

Ce travail est un premier inventaire du zooplancton du bassin portuaire du Port Autonome de Cotonou et une contribution à l'inventaire du peuplement zooplanctonique du golfe du Guinée au Bénin, ainsi qu'une description de leurs variations temporelle d'abondance.

Les zooplanctontes identifiés dans le bassin portuaire du PAC durant la période de la présente étude ont été regroupés en 35 taxons en plus des nauplii et autres copépodes puis répartis-en 9 groupes. Cette richesse taxonomique est inférieure à celles observées lors de plusieurs études dans l'Atlantique Africain sur le du plateau continental ivoirien (52 taxons) par Aka *et al.* (2018) et proche de celle observée lors des travaux sur une partie du golfe de Guinée sur les côtes nigérianes (36 taxons) par Adesalu *et al.* (2016). Cette faible richesse taxonomique du peuplement zooplanctonique dans la présente étude par rapport aux autres études pré-citées pourrait être liée à diverses raisons telles que la différence des stations d'échantillonnages, des méthodes de prélèvement, des périodes de collecte, des mailles de vide des filets utilisés. D'après Mansour *et al.* (2020), l'application de différentes méthodes d'échantillonnages conduit à différents résultats. Nos stations d'échantillonnages sont situées dans le bassin portuaire qui

est plus soumis aux stress des activités anthropiques que les plateaux continentaux. Notre méthode de prélèvement a consisté en réalisation d'un trait vertical sur 5 mètres dans la colonne d'eau avec un filet de 53 μ m de vide de maille, d'environ 1 mètre de long et 26 cm de diamètre à chaque point d'échantillonnage. Aka *et al.* (2018) ont utilisé sur le plateau continental ivoirien un filet cylindro-conique de 60 cm de diamètre d'ouverture ; de 2,5 m de long et de 350 μ m de vide de mailles en réalisant un trait sur 100 m. Adesalu *et al.* (2016) ont utilisé un filet à plancton de 55 μ m de maille accrochée à un navire et trainé pendant 10 minutes à faible vitesse. Les méthodes utilisées par ces auteurs permettraient de filtrer un volume plus grand d'eau et augmenteraient plus de chance d'avoir un large éventail d'organismes. D'après Binet (1979), les individus peuvent effectuer différents types de migrations verticales telles que les migrations ontogéniques. Ces migrations entraînent une abondance des stades larvaires (qui sont difficiles à identifier) ou adultes à différentes périodes de l'année à différentes profondeurs dans la colonne d'eau. Un prélèvement à plusieurs dizaines de mètres de profondeur dans la colonne d'eau augmente les chances d'avoir plusieurs stades donc plus de taxons identifiables. Egalement nos périodes d'échantillonnages pendant la journée n'étant pas les mêmes, un échantillonnage horizontal d'un grand volume d'eau en surface en période où les stades adultes sont en surfaces permettrait d'obtenir une richesse taxonomique supérieure à un prélèvement en profondeur de moins d'une dizaine de mètre pendant une période les adultes sont plus en profondeur. Ces paramètres devraient être pris en compte pour de futures études dans le bassin portuaire. La faiblesse de notre richesse taxonomique, proche de celle de (Adesalu *et al.*, 2016), pourrait être également en relation avec le fait que plus de la moitié des taxons n'ont pas pu être identifiés jusqu'au niveau spécifique (surtout les copépodes cyclopoïdes et calanoïdes) dans le cadre de notre étude.

Parmi les 35 taxa identifiés durant notre étude, 9 ont été identifiés jusqu'au genre, 8 jusqu'à l'ordre, un jusqu'à la sous-classe, 5 jusqu'à la classe et 2 jusqu'à l'embranchement. Les copépodes étaient le groupe le plus abondant (97,97% de la densité totale). Cette dominance des copépodes au niveau du peuplement zooplanctonique du bassin portuaire de Cotonou obtenue dans cette étude corrobore les résultats obtenus au niveau de la synthèse bibliographique sur le zooplancton des eaux néritiques de l'Océan Atlantique au niveau des côtes ivoiriennes (67%) (Aka *et al.*, 2018). Cette dominance des copépodes est également observée dans le port Est d'Alexandrie en Egypte (81.97%) par Mansour *et al.* (2020) le port de Porto Montenegro en mer Adriatique par Pestorić *et al.* (2018). Ce groupe de crustacés constitue l'élément le plus important en abondance du zooplancton en toute saison et en tout milieu dans la zone d'upwelling Ouest Africain (Thiriot, 1978) et même en eaux marines méditerranéennes (Zakaria *et al.*, 2016).

Concernant la structure du peuplement zooplanctonique du bassin portuaire, *Oithona* spp. (20,02%), *Calanoïda* spp.1 (8,32%), *Microsetella norvegica* (6,44%), *Cyclopoïda* sp.2 (5,18%), *Cyclopoïda* spp.

(4,99%), *Euterpina acutifrons* (4,27%) constituent les principales espèces du zooplancton du bassin portuaire de Cotonou. Les taxons Calanoïda spp1, Calanoïda spp2, Calanoïda spp3 représentent plusieurs espèces de calanoïdes qui n'ont pas pu être déterminées ayant respectivement 3, 4 et 5 soies furcales. Les taxons tels que *Oncaea* spp., *Oithona plumifera*, *Oithona* spp., *Corycaeus* spp., *Acartia* spp., *Penilia avirostris*, *Temora turbinata*, *Temora stylifera*, *Euterpina acutifrons*, *Clytemnestra* sp., *Microsetella rosea*, *Microsetella norvegica*, *Macrosetella gracilis* observés durant notre étude dans le bassin portuaire, font partie des principaux taxons de copépodes que l'on rencontre au sein du zooplancton de l'Atlantique Africain (Thiriou, 1978). Ils ont été retrouvés sur les côtes ivoiriennes et nigérianes du golfe du Guinée (Adesalu *et al.*, 2016; Aka *et al.*, 2018).

Les groupes des Copépodes, Mollusques, Cirripèdes, Ostracodes, Chaetognathes, Décapodes et Cladocères étaient les plus fréquemment présents du point de vue saisonnier et les Rotifères et Ascidies étaient les moins fréquents. Ces groupes les plus fréquents ont également été retrouvés dans les échantillons de Aka *et al.* (2018) sur le plateau continental ivoirien et Adesalu *et al.* (2016) dans le golfe de Guinée sur les côtes nigérianes. Mais les groupes les moins fréquents n'ont pas été notifiés par ces auteurs. Cependant, d'après Heneash *et al.* (2015), la présence des rotifères dans un milieu est caractéristique d'un milieu eutrophié car indicateurs de pollution organique. Les taxons *Oithona* spp. et les nauplii de copépodes étaient les plus présents pendant toutes les saisons durant notre étude. Cette prédominance du taxon *Oithona* spp. est similaire aux observations de Pesticci *et al.* (2018) dans le port de Montenegro en mer Adriatique. Elle peut s'expliquer par la capacité de ce taxon à consommer une variété de nourriture comparativement aux autres copépodes.

Concernant la variation temporelle, les richesses taxonomiques des copépodes, les plus élevées, ont été observées durant cette étude en octobre et avril qui constituent des mois de thermocline. Quant aux plus faibles, elles ont été observées durant les mois de juillet et janvier qui constituent les mois d'Upwellings. Mais lorsqu'on considère la richesse taxonomique globale, cette tendance n'est plus observée : les plus élevées en octobre et janvier puis les plus faibles en juillet et avril. Cette observation corrobore Wiafe *et al.* (2008) qui notifie que la richesse spécifique est plus faible en période d'Upwelling qu'en période de thermoclines mais cet effet est peut être masqué par les taxons méroplanctoniques. L'abondance la plus élevée durant notre étude a été observée dans le mois de Juillet, qui constitue la période d'Upwelling majeur dans le golf du Guinée. Cette observation rejoint celle de Wiafe *et al.* (2008) qui notifie que pendant la période d'Upwelling, le zooplancton est plus abondant. Mais la même observation n'est pas faite pendant la période mineure d'Upwelling dans le mois de janvier. Le second pic de l'abondance du zooplancton est plutôt observé pendant la période de thermocline d'avril durant notre étude dans le bassin portuaire. Ceci est contraire à l'affirmation de (Wiafe *et al.*, 2008). D'autres variations des conditions environnementales induites par les activités humaines peuvent être à l'origine de ces fluctuations.

4. Conclusion

Ce travail a donné une première fois la liste faunistique et la structure du peuplement zooplanctonique du bassin portuaire de Cotonou au Bénin, contribuant ainsi à l'inventaire du peuplement zooplanctonique du golfe du Guinée au Bénin. Cette étude, nous a permis d'identifier 35 taxons au total. Ce peuplement est largement dominé par les copépodes (97% de l'abondance). Le principal taxon du peuplement en termes d'abondance est *Oithona* spp. (20% de l'abondance totale). Bien que les résultats obtenus soient intéressants, il faut envisager un suivi régulier du milieu en faisant appel à l'utilisation de la génétique pour des identifications à des niveaux spécifiques. Pour améliorer l'échantillonnage, il serait judicieux d'explorer des méthodes de prélèvement complémentaires, telles que l'utilisation de filets de maille différente, de tailles variées et de techniques de traînage sur des distances plus importantes. En intégrant des approches verticales et horizontales sur une plage plus large de profondeurs et de périodes temporelles, une représentation plus exhaustive des stades larvaires et adultes, enrichissant ainsi la compréhension de la biodiversité dans la colonne d'eau pourrait être obtenu.

5. References

- Adadedjan, D., Makponse, E., Hinvi, L.C., Laleye, P., 2017. Données préliminaires sur la diversité du zooplancton du lac Nokoué (Sud-Bénin). *J. App. Bioscience*. 115, 11476–11489
- Adesalu, T.A., Kunrunmi, O.A., Lawal, M.O., 2016. Water quality assessments: A case study of plankton and macrobenthic invertebrates of Porto-Novo and parts of Gulf of Guinea. *Journal of Aquatic Sciences* 31, 39-66.
- Aka, N.M., Efile, R.N., Joany, T., N'Da, K., 2018. Peuplement zooplanctonique du plateau continental ivoirien: diversité, abondance et biomasse. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12, 129–140.
- Akodogbo, H.H., Bonou, C.A., Fiogbe, E.D., 2014. Effet de la fertilisation à base des déjections de porc sur la production du zooplancton. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8, 2721–2730.
- Al-Yamani, F.Y., Skryabin, V., Gubanova, A., Khvorov, S., Prusova, I., 2011. Marine zooplankton: practical guide for the northwestern Arabian Gulf. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait, 211p.
- Binet, D., 1979. Le zooplancton du plateau continental ivoirien. Essai de synthèse écologique. *Oceanologica. Acta* 2, 397–410.
- COL, 2021. The Catalogue of Life. COL. URL <https://www.catalogueoflife.org/> (accessed 1.3.22).
- Conway, D.V.P., 2012. Marine zooplankton of southern Britain. Part 2: Arachnida, Pycnogonida, Cladocera, Facetotecta, Cirripedia et Copepoda. Marine Biological Association of the United Kingdom, United Kingdom.
- Dajoz, R., 1985. Précis d'écologie. Bordas, Paris.
- Di Capua, I., 2021. Temora Baird, 1850. ICES Identification Leaflets for Plankton 17 p.
- Dossou, H.-J., Adjovi, N., Houéménou, G., Bagan, T., Mensah, G.-A., Dobigny, G., 2020. Invasive rodents and damages to food stocks: a study in the Autonomous Harbor of Cotonou, Benin. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement/Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 24, 28–36.
- Dovlo, E.K., 2016. Seasonal Variations in Temperature and Salinity in the Gulf of Guinea. *Journal of Aquaculture & Marine Biology* 4, 1–6.
- Dussart, B.H., 1980. Copépodes, in: Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne. pp. 333–356.
- Gaonkar, C., Sawant, S., Anil, A., Venkat, K., Harkantra, S., 2010. Mumbai harbour, India: gateway for introduction of marine organisms. *Environmental monitoring and assessment* 163, 583–589.

- Hecq, J.H., Collignon, A., Goffart, A., 2014. Atlas du zooplancton des eaux côtières corses, version du 04/06/2014. Travail de synthèse réalisé à la demande de l'Agence de l'Eau RMC. Agence de l'Eau RMC, France.
- Heneash, A.M., Tadrose, H.R., Hussein, M.M., Hamdona, S.K., Abdel-Aziz, N., Gharib, S.M., 2015. Potential effects of abiotic factors on the abundance and distribution of the plankton in the Western Harbour, south-eastern Mediterranean Sea, Egypt. *Oceanologia* 57, 61–70.
- Houssou, A.M., Montchowui, E., Bonou, C.A., 2017. Composition and structure of zooplankton community in ouémé river basin, republic of Benin. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5, 336–344.
- Houssou, A.M., Yaovi, R., Montcho, S.A., Bonou, C.A., Montchowui, E., 2016. Diversity and seasonal variation of zooplankton of Lake Hlan, Republic of Bénin (West Africa). *Journal of Applied Biosciences* 102, 9723–9737.
- Issanga N'gamissimi, M., 1975. Clé de détermination des chaetognathes planctoniques de l'Atlantique équatorial et tropical africain.
- Mansour, A.F., El-Naggar, N.A., El-Naggar, H.A., Zakaria, H.Y., Fekry M Abo-Senna, 2020. Temporal and spatial variations of zooplankton distribution in the Eastern Harbor, Alexandria, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 24, 421–435.
- Mazzocchi, M.G., 2019. *Oithona Baird*, 1843. ICES Identification Leaflets for Plankton 16 p.
- McLelland, J.A., 1989. An Illustrated Key to the Chaetognatha of the Northern Gulf of Mexico with Notes on their Distribution. *Gulf Research Reports* 8, 145–172.
- PAC, 2017. GUIDE OFFICIEL - Port Autonome de Cotonou.
- Pestorić, B., Drakulović, D., Mandić, M., López Abbate, M.C., 2018. Distribution changes of plankton communities in the harbour Porto Montenegro (South Adriatic Sea). *Studia Marina* 31, 5–31.
- Pourriot, R., 1980. Rotifères, in: Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, Société Linnéenne de Lyon. pp. 219–244.
- Shaikh, S.M.S., Tagde, J.P., Singh, P.R., Dutta, S., Sangolkar, L.N., Kumar, M.S., 2021. Impact of Port and harbour activities on plankton distribution and dynamics: A multivariate approach. *Marine Pollution Bulletin* 165, 112105.
- Thiriot, A., 1978. Zooplankton Communities in the West African Upwelling Area, in: *Upwelling Ecosystems*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 32–61.
- Wells, J.B.J., 1970. Copepoda - I : Sub-order Harpacticoida. *Zooplankton Sheet* 133, 1–7.
- Wiafe, G., Yaqub, H.B., Mensah, M.A., Frid, C.L.J., 2008. Impact of climate change on long-term zooplankton biomass in the upwelling region of the Gulf of Guinea. *ICES Journal of Marine Science* 65, 318–324.
- WoRMS Editorial Board, 2022. WoRMS - World Register of Marine Species. URL <https://www.marinespecies.org/> (accessed 1.3.22).
- Zakaria, H.Y., Hassan, M.A., El-Naggar, H.A., Abou-Senna, F.M., 2016. Abundance, distribution, diversity and zoogeography of epipelagic copepods off the Egyptian Coast (Mediterranean Sea). *Egyptian Journal of Aquatic Research* 42, 459–473.

Variabilités pluviométriques, activités agricoles et savoirs endogènes en Basse-Casamance, sud Sénégal**Demba GAYE¹, El Hadji Mamadou MANSALY¹**¹Laboratoire de Géomatique et d'Environnement, Département de Géographie, Université Assane SECK BP 523 Ziguinchor, Sénégal, demba.gaye@univ-zig.sn, e.mansaly20160255@zig.univ.sn**Auteur correspondant : Demba GAYE****Résumé**

L'hivernage 2020 a été excédentaire dans la majeure partie du territoire national sénégalais. Dans le département d'Oussouye, il a été qualifié d' « extrême » car certaines stations ont enregistré des cumuls pluviométriques annuels (plus de 2000 mm) largement supérieur à la moyenne de ces stations. En plus, ces stations ont reçu des pluies journalières intenses voire même extrêmes qui affectent fortement le calendrier agricole. L'objectif de cette étude vise à démontrer comment les extrêmes pluviométriques de l'hivernage 2020 ont affecté le calendrier cultural dans le département d'Oussouye. Il ressort des analyses que les précipitations totales annuelles sont à la hausse sur la période 1971-2020. Comparé à la moyenne de la série (1971-2020), l'année 2020 a été caractérisée par une recrudescence du nombre de jours de pluie supérieure à 50 mm. La durée de l'hivernage est marquée par une tendance génecomparerale à la normale sur la période 1971-2020. Par ailleurs, ces pluies extrêmes de l'hivernage 2020 ont engendré l'inondation des parcelles rizicoles et perturbé le calendrier cultural. En revanche, les résultats de la campagne agricole 2020 ont été jugé élevés pour toutes les cultures dans le département d'Oussouye. Face à cette situation, des stratégies d'adaptation sont développées mais restent tout de même non durables.

Mots-clés : Hivernage, Pluviométrie extrême, Impact, activités agricoles, département, Oussouye, Basse-Casamance

1. Introduction

Au Sénégal, l'agriculture occupe une place importante dans l'économie nationale. L'évolution pluviométrique défavorable notée depuis les années 1970 dans le Sahel n'a pas épargné la partie soudanienne du Sénégal (Sagna, 2007 ; Ndong, 1995 ; Sagna, 1995). Cette crise climatique et écologique a compromis le développement économique et social du Sénégal.

En revanche, depuis les années 1990, on observe au Sénégal le retour des conditions pluviométriques normales (Faye, 2015 ; Sarr et Louana, 2009, Séne et Ozer, 2002). Les événements pluvieux intenses et extrêmes s'exacerbent de plus en plus au Sénégal en général et dans le département d'Oussouye en particulier, aboutissant souvent à des inondations des centres urbains et des parcelles agricoles.

Le département d'Oussouye appartient au domaine sud-soudanien côtier caractérisé par une pluviométrie très abondante. L'hivernage de 2020 a été très pluvieux sur la majeure partie du territoire national sénégalais. Il était même qualifié d' « extrême » dans certaines parties du pays notamment dans le sud où des localités à l'image de Ziguinchor, Oussouye, Enampore... ont enregistré des cumuls pluviométriques annuels supérieurs à 2000 mm. Les cumuls pluviométriques de 2020 dans le département d'Oussouye sont supérieurs à la normale 1981-2010. L'hivernage 2020 a été excédentaire au nord, au nord-ouest et sud-ouest du pays, normal sur le reste du territoire, comparé à la normale 1981-

2010. En plus, un démarrage normal à précoce de la saison des pluies était noté sur une bonne partie du pays et une fin tardive sur la majeure partie du territoire.

Dans le département d'Oussouye, l'hivernage 2020 est marquée par des épisodes de pluies extrêmes et des précipitations s'étalent de juin en octobre avec un pic en août. La présence des pluies intenses est l'un des facteurs qui influencent la production agricole. En effet, des évènements de pluies extrêmes dans le mois de septembre peuvent provoquer la submersion des plantes. Or dans cette zone, l'hivernage 2020 a duré jusqu'au début novembre. Ce prolongement de la saison des pluies jusqu'à ce mois (période de récolte pour certaines cultures) peut entraîner des problèmes liés au stockage de la production agricole. Cela peut donc perturber la récolte des produits.

L'objectif de cette étude consiste à démontrer comment les extrêmes pluviométriques de l'hivernage 2020 ont affecté les activités agricoles dans le département d'Oussouye.

2. Méthodologie

Pour cette étude, des données pluviométriques, agronomiques et des données d'enquêtes de terrains ont été utilisées. Le but est d'avoir un aperçu large sur le déroulement des activités agricoles et les impacts des pluies extrêmes de 2020. Six localités à savoir Kabrousse Nialou, Diémbéring Kaoute, Effoc, Loudia Diola, Boukitingo, Emaye ont été retenues pour ces enquêtes. Le choix est d'une part motivé par l'importance de l'activité agricole dans ces localités en l'occurrence la riziculture, et d'autre part, il se justifie de par leur position sur la toposéquence. L'échantillon est réalisé avec un taux de sondage de 15%. De ce fait, 142 ménages ont été enquêtés.

Le passage d'un climat plus sec à un climat plus humide a d'abord été utilisé en mettant l'accent sur l'évolution des pluies extrêmes. Le caractère extrême de l'hivernage 2020 a par la suite été mise en évidence. nous avons déterminé la durée de l'hivernage 2020 à travers le critère agronomique de Sivakumar, (1988). Il existe à cet effet plusieurs critères de détermination de la durée de l'hivernage. Le critère retenu dans cette étude est celui agronomique de Sivakumar (1988).

Les pauses pluviométriques ont par suite été déterminées pour chacune des stations retenues pour cette étude.

Après les données agro-climatologiques, l'accent a été mis sur les impacts agricoles de l'hivernage 2020 dans la zone. Nous avons à cet effet montré les impacts de ces pluies extrêmes sur les surfaces cultivables et les cultures, sur les rendements et la production agricole.

Enfin, l'étude souligne les mesures et stratégies réalisées dans la zone pour lutter contre les sécheresses mais également les stratégies d'adaptation communautaire face aux pluies extrêmes.

3. Résultats et Discussions

4. 3.1. Évolution des précipitations extrêmes dans le département d'Oussouye

L'analyse de la figure 1 nous permet d'observer une légère tendance à la hausse du nombre de jours de pluie journalière ≥ 50 mm pour toutes les stations. Le nombre moyen de jours pluvieux ≥ 50 mm s'élève à 5 jours à Oussouye, 6 à Kabrousse et à Loudia Ouolof. Le maximum est de 14 jour (2020) pour les deux premières stations et de 12 jours (1999) pour troisième station.

Les observations laissent apparaître deux phases pour chaque station. Une première (1971-1997 à Oussouye ; 1986-2008 pour Cabrousse et 1981-2004 à Loudia Ouolof) où la moyenne annuelle du nombre de jours de pluie journalière ≥ 50 mm est majoritairement inférieure à la moyenne de la série. elle est respectivement de 19/23 à Oussouye et à Cabrousse et de 16/24 à Loudia Ouolof. Une seconde phase (1998-2020 à Oussouye, 2009-2020 à Kabrousse et 2005 à 2020 à Loudia Ouolof) caractérisée quant à elle par une augmentation la moyenne annuelle du nombre de jours de pluie journalière ≥ 50 mm. Elle s'élève respectivement à 12/19 à Oussouye, 7/12 à Kabrousse et 10/16 à Loudia Ouolof.

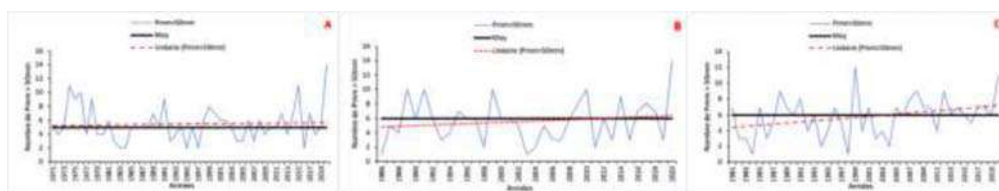


Fig.1 : Évolution annuelle du nombre de jours de pluies ≥ 50 mm aux stations d'Oussouye (A), de Cabrousse (B) et de Loudia Ouolof (C)

3.2. Le caractère extrême de l'hivernage 2020

3.2.1. Évolution décadaire des précipitations

L'analyse de la figure 2 montre que l'hivernage n'a réellement démarré dans la zone qu'à la deuxième décennie de juin avec quatre jours de pluies à Oussouye et de Diémbéring et cinq jours à Loudia Ouolof et Cabrousse. Toutes les stations ont enregistré chacune trois jours de pluies à la troisième décennie. Au mois de juillet, la deuxième décennie compte le nombre de jours de pluies le plus important dans la zone, excepté à Diémbéring.

Au mois d'août, toutes les décades ont atteint huit jours de pluies à Oussouye et Loudia alors qu'il a plu tous les jours de la troisième décennie à Oussouye et à Diémbéring. À Loudia, les deux dernières décades ont le même nombre de jours de pluies qui est de neuf jours. Au mois de septembre, les décades n'ont pas dépassé huit jours de pluies pour toutes les stations, excepté Cabrousse où la première décennie a compté 10 jours de pluies. À la dernière décennie d'octobre, seul le poste d'Oussouye a compté un jour de pluie.

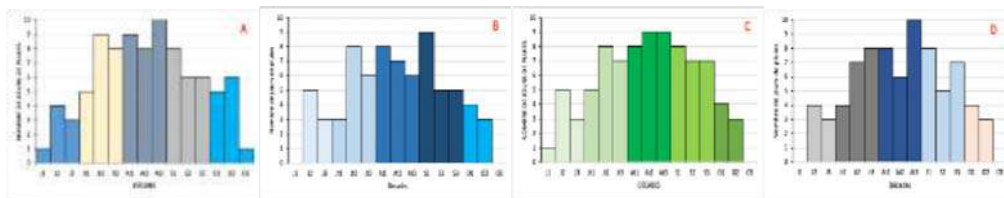


Fig.2 : Évolution décadaire du nombre de jours de pluies à Oussouye (A), Cabrousse (B), Loudia Ouolof (C) et Diémbéring (C) en 2020

3.2.2. Analyse des pluies journalières maximales

Les différentes stations ont reçu d'importants cumuls journaliers très intenses voire même extrême durant l'hivernage 2020. Les pluies journalières maximales se sont majoritairement produites de juillet à septembre avec des maxima au mois d'août (figure 3).

L'hivernage 2020 est marqué par un total de 14 jours de pluies intenses à extrêmes à la station d'Oussouye (trois en juillet, six jours en août et cinq jours en septembre). Le cumul maxima journalier a été enregistré le 26 août avec 133,8 mm. Sept jours de fortes pluies y ont été recueillies avant ce 26 août : le 11 juillet (64,5 mm), le 20 juillet (94,5 mm), le 27 juillet (66,9 mm), le 4 (97 mm), le 7 (64,4 mm), le 10 (110,7 mm) (52,8 mm) et le 30 (56,6 mm).

En septembre, durant la première décade, quatre jours de fortes pluies consécutives ont été enregistré, le 1^{er} (79,3 mm), le 2 (79,7 mm) et le 3 (50,7 mm). En 72h, 209,7 mm ont été recueillies, soit 60% du cumul décadaire et 38% du cumul mensuel. Après un jour de pause, la journée du 5 a reçu 68 mm. Et enfin, la journée du 14 a enregistré la dernière forte pluie de l'année à Oussouye avec 53,2 mm. La situation reste semblable dans toute la zone comme en témoignent les résultats des autres stations. Par exemple, au mois de juillet, les station de Cabrousse et Diémbéring ont enregistré respectivement 124 mm et 154,8 mm en 48h, le 11 (51 mm et 93,6 mm) et le 12 (73 mm et 62,3 mm). À la même décade, entre le 17 (avec 99,2mm) et le 18 (avec 63,7 mm), la station de Loudia Ouolof a reçu un cumul pluviométrique de 162,9 mm suivi d'un cumul journalier de 92 mm le 27 du même mois. Quelques soit la station considérée, le cumul maxima journalier est enregistré au mois d'août (le 10 avec 174,2 mm à Cabrousse, le 28 avec 108 mm à Loudia Ouolof et le 26 avec 109,1 mm à Diémbéring).

N'est-il pas important d'insister sur les cumuls de jours consécutifs ? Entre 26 et 28 août le poste de Loudia a cumulé 222,2 mm de pluie alors que du 28 au 29 août celui de Cabrousse a recueilli 207,6 mm.

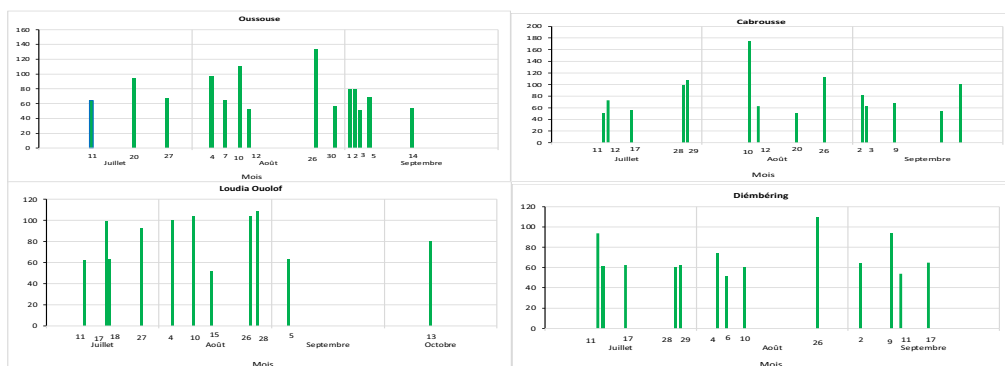


Fig.3 : Pluies maximales journalières ≥ 50 mm à la station d'Oussouye, Cabrousse, Loudia oulof et Diémbéring en 2020

3.2.3. Durée et pauses pluviométriques

La connaissance des paramètres agro climatiques (date de début et de fin de la saison des pluies) est importante pour la mise en place d'un calendrier cultural. En effet, le choix des variétés culturales adaptées et les zones cultivables dépendent des informations relatives au début et à la fin de l'hivernage (Traboulsi, 2012 ; Camberlin et al., 2003). L'hivernage 2020 a débuté de façon normale dans le département, d'Oussouye, dans la deuxième décennie de juin plus précisément le 12 juin pour toutes les stations retenues. Alors que la fin intervient le 14 octobre pour les stations de Kabrousse, Loudia et Diémbéring, et le 22 octobre à la station d'Oussouye. La durée de l'hivernage 2020 est suffisante pour les cultures de boucler correctement leur cycle végétatif. Avec les premières pluies enregistrées, les semis ont démarré par endroit dans la première quinzaine de juin sur les plateaux avec notamment l'arachide et le riz de plateau.

Ainsi, la figure 5 présente la durée de l'hivernage 2020 selon les paysans. En effet, 63,38% des paysans interrogés estiment que l'hivernage 2020 a été long, 11,97% pensent qu'il est normal. Pour eux, la réussite de la campagne agricole 2020 dépendait de la durée de l'hivernage.

L'analyse des pauses est déterminante pour une étude agro-climatique dans ce sens qu'elles peuvent donc, selon leurs fréquences et leurs durées, réduire les rendements agricoles (Diallo et al., 2022). L'analyse de la figure 5 nous montre qu'en 2020 pour toutes les stations retenues dans cette étude, les pauses de 1 à 3 jours constituent les plus fréquentes. Elles représentent 92% à Oussouye, 91% à Cabrousse, 93% à Loudia et 89% à Diémbéring du nombre total de pauses par station. Ceci montre la régularité et la bonne répartition temporelle des pluies durant cet hivernage.

Les pauses de 4 à 7 jours ne sont notées qu'aux mois de juin et octobre pour toutes les stations et au mois de juillet pour seulement la station de Cabrousse alors qu'aucune pause de plus de 7 jours n'a été enregistré dans la zone lors de cet hivernage 2020. L'ensemble de résultats attestent clairement le caractère particulier de l'hivernage 2020 dans cette partie sud-ouest du pays.

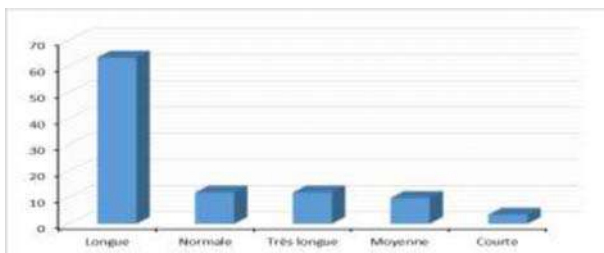


Fig.4 : Perception des populations sur la durée de l'hivernage 2020

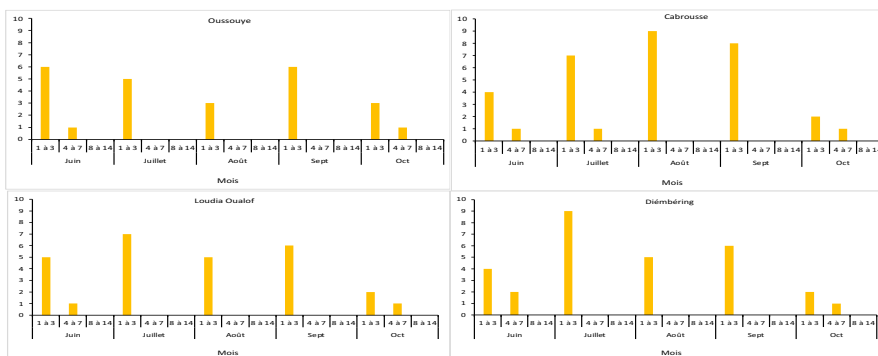


Fig.5 : Évolution mensuelle des pauses pluviométriques dans le département d'Oussouye en 2020

3.3. Impacts agricoles de pluies extrêmes de l'hivernage 2020 dans la zone

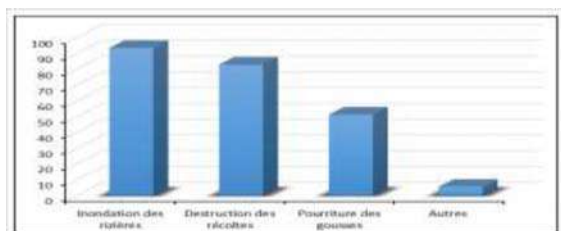
3.3.1. Impact sur les surfaces cultivables et les cultures

Dans le département d'Oussouye, les cultures sont généralement effectuées sur des parcelles individuelles. Les paysans cultivent rarement plus d'un hectare. Ce qui fait que les surfaces cultivées sont de petite taille pour les spéculations comme l'arachide, le maïs, le mil, etc. La période 2010-2020 est marquée dans la région par une tendance générale à la hausse des surfaces emblavées surtout pour le riz. La riziculture constitue la culture qui occupe la superficie emblavée la plus importante. Lors de la campagne agricole 2020, les surfaces emblavées sont supérieures à la moyenne pour toutes les spéculations (tableau 1). Pour le riz, on est passé à 14 008,8 ha contre 9 612 ha (moyenne 2010-2020). Pour l'arachide, en 2020, on note 1 418,1 ha contre 1 342 ha. Pour le maïs, on a 580 ha en 2020 contre 113 ha. Sur la période 2010-2020, seule l'année 2020 a une surface cultivable supérieure à la moyenne. Enfin, pour le mil, on est passé à 698 ha en 2020 contre 455 ha.

Tab.1 Superficies emblavées par spéculation dans le département d'Oussouye en 2020 et en 2010-2020

| Années | Superficie (Ha) | | | |
|-------------------|-----------------|------|-----|----------|
| | Riz | Maïs | Mil | Arachide |
| Moyenne 2010-2020 | 9612 | 113 | 455 | 1342 |
| 2020 | 14008,8 | 580 | 698 | 1418,1 |

Par ailleurs, les fortes pluies ont à la fois des conséquences positives et négatives sur les cultures. Les pluies extrêmes notées entre juillet-août-septembre dans le département ont occasionné des débordements des rizières déjà pleines. En effet, 93% des personnes interrogées soulignent que les inondations des rizières ont été occasionnées par les pluies extrêmes (figure 6). Ces fortes pluies ont ralenti les opérations agricoles dans les vallées, certaines rizières profondes étaient impraticables et ont été abandonnées. Avec des pluies extrêmes enregistrées dans le département, le niveau du fleuve a augmenté. Ce dernier a débordé de son lit et a envahi les rizières basses (profondes) c'est-à-dire des rizières qui sont à proximité du fleuve. Ce phénomène a été noté à Cabrousse où des rizières ont été abandonnées à cause de l'invasion des eaux du fleuve. Cette dernière provoque la salinisation des rizières basses, qui constitue un facteur limitant pour la riziculture.

**Fig.6 : Impacts des pluies extrêmes sur les cultures**

Au niveau du plateau, les récoltes des premiers semis d'arachide et de maïs ont démarré et le riz de plateau en pleine maturation entre septembre et octobre, alors qu'il continue toujours à pleuvoir. De ce fait, ces pluies notées en septembre et octobre ont entraîné la germination de certaines graines récoltées. En plus, ces fortes pluies ont entraîné l'érosion au niveau des zones de plateau et l'ensablement des rizières (figure 7).

**Fig.7 : Bottes de riz protégées avec de la toile à Cabrousse (A) ; Erosion hydrique à Cabrousse (B)**

3.3.2. Impact sur les rendements et la production agricoles

L'hivernage 2020 a été très pluvieux dans la région. Les rendements suivent la même évolution que les surfaces cultivées. En effet, on y constate une tendance générale à la hausse des rendements agricoles de 2010 à 2020.

En 2020, les rendements des différentes spéculations retenues ont dépassé leurs moyennes 2010-2020 (tableau 2). En 2020, le riz présente le plus important rendement sur la période 2010-2020. Il a atteint 2 950 kg/ha soit une hausse 755,5 kg/ha par rapport à la moyenne. Les rendements de l'arachide, du maïs et du mil ont également connu une hausse considérable comparée à la moyenne 2010-2020. Le riz reste la céréale la plus cultivée dans le département d'Oussouye. En effet, sa production est estimée à 247 703 tonnes entre 2010 et 2020. Alors que l'arachide, le maïs et le mil n'ont pas dépassé 15 000 tonnes chacun sur la même période (tableau 3). Ces cultures sont marginalisées dans le département d'Oussouye, en plus les surfaces affectées à ces spéculations sont relativement petites.

La pluie est certes un déterminant essentiel pour la production agricole en Afrique subsaharienne (Sambou, 2015 ; Diop, 2007 ; Adomefa, 2006 ; Seck et al., 2005 ; Diop, 2003; Ndong, 2003) mais le cumul pluviométrique annuel ne détermine pas à lui seul les rendements agricoles (Faye et al., 2018). Dans la région, l'hivernage 2020 a eu des impacts sur la production agricole de par la quantité importante de sa pluviométrie associée à sa bonne répartition temporelle et la faible durée des pauses pluviométriques. Ce constat est conforme à celui de (Bathiéry et Ndiaye, 2001). Les résultats définitifs de la production pour la campagne agricole 2020 ont été jugé élevés pour toutes les spéculations dans le département d'Oussouye. Pour le riz, la production est estimée à 41 326,1 tonnes, soit une hausse de 18 808,1 tonnes par rapport à la moyenne. Elle constitue la meilleure production agricole sur la période 2010-2020. En ce qui concerne l'arachide, la production en 2020 est de 1 426,1 tonnes. La production du maïs est évaluée à 542 tonnes au même moment, celle du mil est de 626.1 tonnes.

Tab. 2 Rendements des différentes spéculations en 2020 par rapport à la moyenne 2010-2020

| Spéculations | Rendement agricole 2020 (Kg/ha) | Moyenne 2010-2020 (Kg/ha) |
|--------------|---------------------------------|---------------------------|
| Riz | 2950 | 2194,5 |
| Maïs | 934,5 | 701,7 |
| Mil | 897 | 573 |
| Arachide | 1005,6 | 795,3 |

Source : Données DAPSA, 2021

Tab.3 Productions des différentes spéculations en 2020 par rapport à la moyenne 2010-2020

| Spéculations | Production agricole 2020 (Tonne) | Moyenne 2010-2020 (Tonne) |
|--------------|----------------------------------|---------------------------|
| Riz | 41326,1 | 22518 |
| Maïs | 542,0 | 103 |
| Mil | 626,1 | 279 |
| Arachide | 1426,1 | 1215 |

3.4. Mesures et stratégies de luttres contre les sècheresses

Au Sénégal, la majorité des politiques conçues pour protéger l'agriculture des effets liés à la variabilité climatique ont essentiellement porté sur le renforcement de la résistance et de la résilience de l'agriculture face à la sécheresse. Dans ce sens de grands projets et programmes d'aménagements hydroagricoles ont vu le jour en Basse Casamance dans les années 80 dans le but de lutter contre la dégradation des terres agricoles, notamment rizicoles. Il s'agit notamment du barrage de Guidel et du barrage d'Affiniam (figure 8). En plus, de nombreux autres aménagements comme les digues anti-sel, les mini-barrages munis d'ouvrages d'évacuateurs de crue ont été construit notamment dans le département d'Oussouye par les ONG et les projets de développement avec un accompagnement des structures étatiques.

Dans le département d'Oussouye, les projets et programmes intervenant dans les aménagements hydroagricoles à l'image du Programme Pôle de Développement de la Casamance (PPDC) mettent l'accent sur la mise en place de mini barrages et digues équipées d'ouvrage pour évacuer les eaux pluviales (figure 9). Ces ouvrages accomplissent plusieurs fonctions.



Fig.8 : Le barrage de Guidel (A) et d'Affiniam (B)



Fig.9 : Digue équipée de vannes à Loudia Diola (A) ; Mini barrage à Efoque (B)

En effet, ils permettent d'une part de lutter contre la salinisation des terres en empêchant l'intrusion des eaux marines dans les rizières et d'autre, ils permettent de retenir l'eau lors des pluies extrêmes. Ils sont équipés de vannes qui permettent de les ouvrir ou de les fermer au moment propice. Les vannes sont fermées en début de l'hivernage puis ouvertes une fois que les parcelles sont inondées pour évacuer le sel. Ce type d'aménagement facilite le lessivage des terres et un meilleur contrôle du niveau des plans d'eau (Diédhiou et al., 2021 ; Sané, 2017).

En outre, l'une des conséquences de la sécheresse a été aussi l'abandon de plusieurs terres culturales. Des programmes sont intervenus pour mettre des stratégies notamment la construction de la digue comme celle de Heir à Cabrousse (figure 10) par le Projet de Valorisation des Eaux pour le Développement des Chaînes de Valeur (PROVAL-CV) qui permet de récupérer plusieurs hectares de rizières abandonnées.



Fig.10 : La digue de Heir à Cabrousse en construction

3.4. Les stratégies d'adaptation communautaire face aux pluies extrêmes

Dans ce contexte de variabilité climatique, les paysans du département d'Oussouye ont développé des stratégies pour s'adapter aux événements pluviométriques extrêmes, dont la construction de digues traditionnelles, la mise en œuvre de système de drainage et la diversification des cultures pluviales. Ces techniques sont certes efficaces mais elles ne sont pas durables, car elles demandent des ressources financières et humaines.

3.4.1. Les digues traditionnelles et diguettes

Dans le département d'Oussouye, les paysans privilégient la culture sur billon. La construction de digue est efficace dans la protection des rizières contre l'intrusion de l'eau salée, de diguette pour une meilleure gestion de l'eau dans les casiers. Les parcelles rizicoles sont séparées par des diguettes d'une hauteur d'environ 60 cm (figure 11).

Cette technique traditionnelle consiste à retenir l'eau le plus longtemps possible dans les casiers mais aussi de ralentir la vitesse des eaux de ruissellement dans les champs lors des précipitations extrêmes. Si cette technique est efficace et pertinente, la construction et l'entretien de ces ouvrages nécessitent une main d'œuvre importante, ce qui parfois constitue une contrainte pour leur suivi et renouvellement.



Fig.11 : Une digue traditionnelle à Kabrousse

3.4.2. Système de drainage traditionnel des eaux pluviales

Dans le département d'Oussouye, l'abondance de la pluviométrie constitue une véritable problématique pour les paysans. L'Hivernage 2020 a enregistré plus de 2000 mm de pluies dans la zone, les rizières étaient pleines dès le mois d'août et commençaient à déborder suite aux pluies extrêmes. Face à cette situation, les paysans ont adopté un système de drainage avec des diguettes équipées de buses à base de troncs de palmier évidés et placés sur les parties basses (figure 12). Ces buses permettent d'évacuer l'excès d'eau au niveau des casiers dont la submersion menace le développement des plantes. Ces drains facilitent aussi le dessalement des parcelles et permettent un meilleur contrôle du niveau de l'eau dans les casiers.

Cet ouvrage doit être suivi et entretenu durant la saison des pluies pour faire face aux menaces de déstabilisation des drains qui peuvent être causées par le renforcement du débit fluvial par ces évènements de pluies extrêmes.



Fig,12 : Système de drainage traditionnel

5. Conclusion

L'hivernage 2020 s'est caractérisé par une pluviométrie très excédentaire dans le département d'Oussouye. Des cumuls pluviométriques annuels supérieurs à 2000 mm ont été enregistrés. Le mois d'août a enregistré tous les maxima pluviométriques mensuels mais aussi les pics pluviométriques journaliers les plus importants de l'année dans les quatre stations retenues dans cette étude. En ce qui

concerne les pauses pluviométriques, elles ont été tolérantes pour les cultures en termes d'impacts du fait qu'elles ont été globalement de courte durée. L'analyse des pluies de l'hivernage 2020 nous a ainsi permis de comprendre le comportement des cultures durant la saison culturale. Les résultats définitifs de la campagne agricole 2020 montrent une hausse des superficies emblavées, de la production et des rendements agricoles. En revanche, les fortes pluies de l'hivernage 2020 ont aussi engendré des effets négatifs sur les cultures avec notamment l'inondation des rizières, l'invasion des eaux fluviales dues aux excédents pluviométriques, le ralentissent des opérations agricoles.

En Basse Casamance en général des stratégies ont toujours été mise en œuvre soit par les autorités étatiques avec l'appui de ces partenaires et les paysans, soit par les communautés elles-mêmes tantôt pour lutter contre les sécheresses tantôt pour faire face aux événements de pluies extrêmes. Ces stratégies consistent à la fois à la construction d'ouvrages modernes et des méthodes traditionnelles. Toutefois, si ces stratégies d'adaptation communautaire se sont révélées efficaces notamment face aux pluies extrêmes, elles exigent à la fois un suivi régulier mais aussi un renouvellement annuel qui nécessite à son tour de gros moyens financiers mais aussi et surtout une main d'œuvre importante, entraînant de sérieux problèmes de durabilité de ces ouvrages.

Références bibliographiques

- Adomefa K. (2006), Intégration agricole-élevage Alternative pour une gestion durable des ressources naturelles et une amélioration de l'économie familiale en Afrique de l'Ouest et du Centre, INERA 2005, Dakar, 370 p.
- Bathiéry O., Ndiaye A. (2001). Les pauses pluviométriques et la croissance du mil à Kaolack, Annales de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines, n°31, Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Camberlin P., Okoola R., Diop M. & Valimba P. (2003). Identification des dates de démarrage et de fin de saison des pluies : applications à l'Afrique de l'est et au Sénégal, Publication de l'Association Internationale de Climatologie, vol. 15, pp. 295-303.
- Diallo S., Faye M. & Nacro H. B. (2022). La variabilité pluviométrique et ses impacts sur les rendements et les surfaces cultivées dans le bassin arachidier de la région de Thiès (Sénégal), Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Regards / Terrain, mis en ligne le 05 mai 2022, consulté le 23 février 2023. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/34710> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.34710>
- Diédhiou S. O., THIOR M., DIOUF A. C., MBALLO I. & DIALLO A. K. (2021), Riziculture pluviale de bas-fonds dans la région de Sédhiou (Sénégal) : contraintes de production et stratégie d'adaptation. Revue scientifique européenne, ESJ, vol. 17, n°24, 88 p.
- Diop C., Sambou P. C., Sagna P. & Yade M. (2016). Précipitations de l'hivernage 2014 dans la partie occidentale du Sénégal et leurs impacts sur les rendements de mil et d'arachide, in Actes du colloque en hommage au Professeur Fulgence Afouda, Risques et catastrophes climatiques : Vulnérabilité et adaptation en Afrique de l'Ouest, Vol. 2 : Agroclimatologie, Abomey-Calavi, Benin, pp. 79-90.
- Diop N. (2003). Agriculture, dans Atlas du Sénégal, Paris, éditions Jeune Afrique, pp. 32-37.
- Diop N. (2007). Agriculture, dans Atlas du Sénégal, Paris, éditions Jeune Afrique, pp. 82-85.

- Faye C. (2015), Le changement climatique dans le bassin-versant de la Casamance: évolution et tendances du climat, impacts sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation. Eaux et sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance. Atelier scientifique et lancement de l'initiative Casamance: un réseau scientifique au service du développement en Casamance, Ziguinchor, Sénégal, 15-17 juin 2015.
- Faye M. B., Fall A., Faye G. & Van H. E. (2018), La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental, *Belgeo*, 1, pp.1-16.
- Ndong J. B. (1995). L'évolution pluviométrique au Sénégal et les incidences de la sécheresse récente sur l'environnement, *Revue de géographie de Lyon*, vol. 70, n°34/95, pp.193-198.
- Ndong J. B. (2003), L'évolution climatique récente dans la région de Dakar, *Annales de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Cheikh Anta Diop de Dakar*, n°33/UCAD, pp. 92-108.
- Sagna P. (1995). L'évolution pluviométrique récente de la Grande Côte du Sénégal et de l'Archipel du Cap- Vert, *Revue de géographie de Lyon*, vol. 70, n° 3-4, pp.187-192.
- Sagna P. (2007), Caractéristiques climatiques, dans *Atlas du Sénégal*, Paris, éditions Jeune Afrique, pp. 66-69.
- Sambou P. C. (2015), Évolution climatique récente, impacts et stratégies d'adaptation des populations dans les arrondissements de Sakal et de Ndande, dans la région de Louga, Thèse de doctorat, Département de géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, École doctorale Etude sur l'Homme et la Société, 456 p.
- Sane T. (2017). Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et aux changements sociaux en Basse-Casamance (Sud-Ouest du Sénégal). Thèse de doctorat de Géographie, Université Sorbonne Paris Cité, Université Cheikh Anta Diop (Dakar), 351 p.
- Sarr B. & Louna I. (2009), Les fortes pluies enregistrées au Sahel au cours de l'hivernage 2007 : variabilité et/ou changement climatique. Centre Régional Agrhymet (CRA), Département Formation et Recherche
- Seck M., Moussa M. A. & Thomas J. P. (2005), Adaptation aux changements climatiques. L'étude de cas des systèmes de production agricoles de Sébikotane (Sénégal), ENDA Tiers-Monde, 33 p.
- Sene S. & Ozer P. (2002). Evolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 42, pp. 27-33.
- Sivakumar M. V. K. (1988), Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, 42, pp. 295-305.
- Traboulsi, M. (2012). La saison pluvieuse au Proche-Orient: une tendance au raccourcissement. *Climatologie*, 9, pp. 109-125.

Evaluation des potentialités fourragères du Sud-Bénin

Mahugnon S. Spéro Kpokame : kpokamespero@gmail.com,

Dodji Paolo Armel Lesse : lessepaolo@gmail.com,

Marcel Romuald Benjamin Houinato : mrhouinat@yahoo.fr

Résumé

Le Sud-Bénin est une zone où se développe l'élevage des ruminants dont l'alimentation repose sur l'exploitation des pâturages naturels. Dans ce milieu, on constate aujourd'hui un déficit de ressources fourragères dû à une restriction de ces pâturages par l'urbanisation et le surpâturage. C'est ce qui justifie la présente étude portant sur l'évaluation des potentialités fourragères du Sud-Bénin. L'étude a été réalisée dans les Départements du Mono, de l'Atlantique et de Ouémé. Elle a pour objectif principal d'évaluer la productivité des pâturages naturels et des résidus de récoltes au Sud-Bénin.

Pour l'étude, le matériel végétal a été récolté de Juillet à Novembre 2021 par la méthode de coupe rase à l'intérieur des placeaux de 10 m x 10 m mis en défens en ce qui les pâturages naturels. Dans les champs représentatifs, trois placeaux de 25 m² ont été délimités pour chaque culture. Les résidus de récoltes de maïs, de manioc, d'arachide et de niébé ont été fauchés au sein de trois (03) départements en fin-Novembre/Décembre au moment de la récolte des grains. La phytomasse moyenne de graminée varie de 464,17 à 2134,95 Kg MS/ha et de 6,34 Kg MS/ha à 424,84 Kg MS/ha pour les légumineuses durant le cycle de croissance. Elle varie de 206,60 Kg MS/ha à 3592,23 Kg MS/ha pour les autres espèces fourragères durant la période de végétation. Les plus fortes moyennes de résidus sont 2,25 t MS/ha pour l'arachide, 2,40 t MS/ha pour le maïs, 2,81 t MS/ha pour le manioc et 1,77 t MS/ha pour le niébé. Ce document est un guide de prise de décisions adéquates pour l'amélioration et la conservation des espaces pastoraux au Sud-Bénin. L'évaluation de la productivité fourragère permettra de proposer des actions de développement durable.

Mots clés : Phytomasse, capacité de charge, résidus de récolte, Bénin

Abstract

Southern Benin is an area where the breeding of ruminants is developing, the food of which is based on the exploitation of natural pastures. In this environment, there is today a deficit of fodder resources due to a restriction of these pastures by urbanization and overgrazing. This is what justifies the present study on the evaluation of fodder potential in southern Benin. The study was carried out in the Departments of Mono, Atlantique and Oueme. Its main objective is to assess the productivity of natural pastures and crop residues in southern Benin.

For the study, the plant material was harvested from July to November 2021 by the clear cut method inside the plots of 10 m x 10 m set aside in the natural pastures. In the representative fields, three plots of 25 m² were demarcated for each crop. Corn, cassava, groundnut and cowpea crop residues were mowed in three (03) departments in late November/December at the time of the grain harvest. The average grass phytomass varies from 464.17 to 2134.95 Kg DM/ha and from 6.34 Kg DM/ha to 424.84 Kg DM/ha for legumes during the growth cycle. It varies from 206.60 Kg DM/ha to 3592.23 Kg DM/ha for other fodder species during the growing season. The highest residue averages are 2.25 t DM/ha for groundnut, 2.40 t DM/ha for maize, 2.81 t DM/ha for cassava and 1.77 t DM/ha for cowpea. This document is a guide for making appropriate decisions for the improvement and conservation of pastoral areas in southern Benin. The evaluation of fodder productivity will make it possible to propose sustainable development actions.

Keywords : Phytomass, carrying capacity, crop residues, Benin

1. Introduction

La ration des ruminants est en grande partie composée de fourrages. L'alimentation des ruminants repose essentiellement sur les pâturages naturels et accessoirement les résidus de cultures (Vigne *et al.*, 2013). Ces pâturages naturels constituent une étendue plus importante sur laquelle les animaux passent régulièrement afin de répondre à leurs besoins alimentaires (Boni *et al.*, 2018). Cependant, dans les zones périphériques des grandes villes, il est de plus en plus difficile pour les troupeaux d'accéder aux pâturages naturels à cause de l'urbanisation très poussée et des feux de brousse (Sanon *et al.*, 2014). Au cours des deux dernières décennies, dans la sous-région, la vulnérabilité des élevages aux crises alimentaires s'est considérablement aggravée en raison de plusieurs facteurs climatiques et la faible disponibilité ou accès aux ressources pastorales (Koffi, 2016). Les impacts liés au manque ou à l'insuffisance d'aliments pour le bétail se répercutent sur la productivité ou le revenu des petits éleveurs. Selon Kouassi *et al.* (2010), on enregistre le plus souvent lors des transports et la mobilité du bétail, une perte de poids suite au manque d'aliment et au stress.

De plus, la disponibilité fourragère au cours des diverses saisons de l'année varie et en saison sèche, les troupeaux manquent d'aliments. De ce fait, les pressions sur les ressources fourragères existantes deviennent très fortes. Ces ressources fourragères se réduisent de façon continue à la faveur de l'extension des aires de culture avec la poussée des cultures de rente (Djènotin, 2010). En outre, la quantité de protéine animale devient de plus en plus faible, compromettant la sécurité alimentaire. D'autres auteurs ont signalé les conflits (Lesse, 2011) découlant de la mobilité des animaux.

Ainsi, la sédentarisation des troupeaux ruminants couplée avec la gestion durable de la transhumance s'avère nécessaire pour la réussite de l'élevage du bétail au Bénin. Les études ont été faites beaucoup plus dans le Nord-Bénin en ce qui concerne les potentialités fourragères (Sinsin, 1993 ; Agonyissa, 1998 ; Houinato, 2001 ; Djènotin, 2010). Toutefois, plus près de notre zone d'étude, plusieurs travaux ont été également réalisés sur les pâturages naturels (Zoffoun, 2009 ; Aboh, 2012 ; Bekpa-Kinhou, 2015). En plus de cela Koura (2015) remarque dans la même zone un déficit fourragère accru du fait de l'urbanisation, la pression agricole, la variabilité climatique, la concentration des élevages et l'extension des carrières d'extraction de sable, sur la côte du Bénin. Il ressort que, la régression des terres de parcours constitue donc un frein au développement de l'élevage dans ces zones périurbaines. Si rien n'est fait, cette activité sera menacée de disparition alors qu'elle constitue une importante source de revenus pour ces éleveurs, et surtout, qu'elle joue un rôle non négligeable, dans l'approvisionnement en viande des abattoirs des villes. Pour une meilleure gestion pastorale dans cette zone, une gestion durable des ressources végétales de ces zones s'impose. Et pour ce fait une base de données doit être disponible pour la zone.

Le but de cette étude est d'évaluer les ressources alimentaires (productivité et capacité de charge des pâturages naturels et des résidus de récolte des cultures) au Sud-Bénin en vue de la mise en place des stratégies de gestion rationnelle des ressources pastorales disponibles.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée de Juillet à Novembre 2021 au Sud-Bénin notamment les départements du Mono, de l'Atlantique et de l'Ouémé (Figure 1). Elle est située entre 6°10' et 7°00' latitude Nord et 1°40' et 2°40' longitude Est. Elle est limitée au Nord par les communes de Pobè, Adja-Ouère, Zogbodomey, à l'Est par les communes d'Adjohoun, Zè, Allada, à l'Ouest par les communes de Lalo, Toviklin, Dogbo et au Sud par les communes de Houéyogbé, Comè et Tori-Bossito. Cette zone couvre une superficie totale de 982,5 Km² soit 1,43 % de la superficie totale du Bénin (RNA, 2022). La zone d'étude jouit d'un climat de type subéquatorial avec une succession de quatre saisons dont une grande saison pluvieuse (mi-Mars à la première moitié de Juillet) suivie d'une petite saison sèche (mi-Juillet à mi-Aout) et ensuite une petite saison pluvieuse (mi-Aout à la première moitié de Novembre) suivie d'une grande saison sèche (mi-Novembre à mi-Mars). Sa pluviométrie est située entre les isohyètes 900 mm et 1500 mm (ATDA Atlantique, 2021). L'humidité relative de l'air varie de 67 % en Mars à 80 % en Aout (DNM, 2020) avec la température moyenne qui oscille entre 24 et 28°C.



Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude

2.2. Matériel

Pour les coupes de phytomasse et de fauchage de résidus de récoltes liées à l'évaluation des productivités, les instruments utilisés sont une placette métallique de forme carrée de 1m de côté pour définir les placettes de coupe à l'intérieur des placeaux ; des sécateurs de jardinier pour la coupe rase à l'intérieur des placeaux ; des pesons à ressort pour la pesée des échantillons de phytomasse et de résidus récoltés au niveau des placettes ; des sachets de productivité en papier Kraft, des sachets et sacs-poubelles en plastique pour conserver, protéger et transporter les échantillons de plantes prélevées.

Le matériel utilisé pour le séchage des échantillons des espèces végétales se compose de papiers journaux, des ficelles et des cartons pour la confection de l'herbier ; sacs de jute pour le pré-séchage à l'air libre du matériel végétal sur le terrain; étuve pour le séchage jusqu'à poids constant au laboratoire et d'une balance de précision pour peser l'échantillon après séchage.

2.3. Méthodes

➤ Méthode de récolte des données de phytomasse

A partir de la carte d'occupation des terres, les unités de végétation constituée de savanes, de champs et jachères et de galeries forestières ont été déterminées. Ces unités ont été identifiées le long des couloirs de passage des troupeaux. Suite à la superposition de la carte d'occupation du sol et la carte de la végétation, les Communes de collecte de données ont été choisies dans les formations végétales naturelles appelées parcours naturels dans les localités à forte activité pastorale. Dans les trois (03) Communes choisie dans chacun des trois (03) Départements, 03 placeaux équidistants de 500 m ont été installés dans les arrondissements retenus. Soit un total de 30 placeaux répartis sur toute la zone d'étude. L'intervalle de temps adopté entre deux séries de coupe était de 30 jours.

Le matériel végétal a été récolté de Juillet à Novembre 2021 par la méthode de coupe rase au sol au sécateur de Jardinier à l'intérieur des placeaux de 10 m x 10 m mis en défens pour toute la durée de l'étude.

A chaque date de coupe, sept carrés de 1 m de côté ont été choisis au hasard à l'intérieur de chaque placeau quadrillé et coupés avec un sécateur de jardinier à ras du sol. La figure 5 présente le dispositif expérimental montrant le quadrillage d'un placeau de productivité. La phytomasse de la strate herbacée ainsi récoltée a été triée en trois catégories : graminées, légumineuses et autres espèces. Les poids frais du matériel végétal ainsi coupé ont été évalués à l'aide de pesons à ressort de 500 ± 5 g et 2500 ± 50 g au niveau de chacun des carrés. Pour chacune des trois catégories de plante, graminées, légumineuses et autres espèces, 300 g ont été prélevés sur le terrain dans des sachets de productivité pour la détermination du poids sec. Un pré-séchage a été réalisé sur le terrain par une exposition à l'air libre à

l'abri des rayons solaires. Les poids secs de tous les échantillons récoltés, pour l'estimation de la biomasse, ont été notés après séchage à l'étuve à 60 °C pendant 96 heures jusqu'à poids constant.

➤ **Méthode de récolte des résidus de cultures**

Durant la campagne agricole 2021-2022, quatre cultures vivrières les plus exploitées (les cultures qui emblavent de grandes superficies de terre) dans notre milieu d'étude, offrant des quantités importantes de fourrages utilisables pour le bétail pendant la saison sèche ont été choisies. Les résidus de maïs, manioc, arachide et niébé ont été donc récoltés au sein des 03 départements. Des champs représentatifs par culture choisis, trois placeaux de 25 m² (5m x 5m par spéculation) ont été délimités (Sanon *et al.*, 2014). Les résidus de cultures ont été récoltés en fin-Novembre et début Décembre au moment de la récolte des grains puis pesés sur le champ pour les cultures de maïs, manioc et niébé. Les résidus d'arachide ont été récoltés en septembre. Un échantillon de 300g a été prélevé par spéculation et par localité. Ces échantillons ont été mis à l'étuve jusqu'à poids constant pendant 48 h à 60 °C pour obtention de la matière sèche.

2.4. Analyses statistiques

➤ **Méthode de traitement des données de phytomasse**

Les données de phytomasse issues des coupes de biomasse ont été utilisées pour la réalisation des graphes avec le tableur Excel. Ces données ont été soumises à l'analyse de variance au moyen du logiciel SPSS. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée pour voir les différences significatives de la productivité d'un département à autre. Les moyennes et écart-types de la productivité ont été donc calculés. Ces moyennes ont été comparées entre les départements à travers le test de significativité des différences entre les moyennes de Newman-Keuls. Le seuil de significativité considérée était de 5 % avec un intervalle de confiance de 95 %.

La capacité de charge théorique des pâturages naturels est calculée à partir des phytomasses périodiques et de la ration de l'UBT estimée à 6,25 kg MS/j (Boudet et Rivière, 1968).

- Capacité de charge

$$CC \text{ (UBT/ha/an)} = \frac{\text{Production} \left(\text{Kg} \frac{\text{MS}}{\text{ha}} \right) \times K (\%) }{\text{Nombre de jours de pâture} \times 6,25 \text{ Kg.MS/ UBT / jour}}$$

où K (%) = coefficient d'utilisation = 1/3 ; 6,25 : Ration de l'UBT (Unité de Bétail Tropical) exprimée kg MS/j ; 365 : Nombre de jours en une année.

➤ **Méthode de traitement des données des résidus de cultures**

Les données collectées ont été saisies puis codifiées dans le tableur Excel 2013. Le logiciel IBM-SPSS version 26 a été utilisé pour les analyses statistiques. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée

pour voir les différences significatives de la productivité des résidus d'un département à autre. Les moyennes et écart-types de la productivité ont été donc calculés. Ces moyennes ont été comparées entre les départements à travers le test de significativité des différences entre les moyennes de Newman-Keuls. Le seuil de significativité considérée était de 5 % avec un intervalle de confiance de 95 %. La disponibilité des résidus de récolte a été calculée en multipliant leur productivité moyenne par la superficie moyenne emblavée. Tous les graphes ont été réalisés grâce au Tableur Excel 2013.

3. Résultats

3.1. Productivité, capacité de charge et demande en terre équivalente des pâturages naturels du milieu d'étude.

3.1.1. Graminée

La production de matière sèche de graminée varie d'un Département à autre suivant la période (Tableau X). Les productivités de Juillet à Octobre dans les trois Départements sont similaires ($P > 0,05$). Par contre, les productivités en Novembre diffèrent significativement ($P < 0,05$) avec une plus forte moyenne dans le Mono ($2134,95 \pm 734,47$ Kg MS/ha). Les plus fortes moyennes en Aout ($1866,16 \pm 1408,14$), en Octobre ($1369,23 \pm 233,19$ et en Novembre ($2134,95 \pm 734,47$ Kg MS/ha) se situent respectivement dans les départements de Ouémé et du Mono. La quantité de biomasse de Juillet à Novembre sont similaires au seuil de 5% à l'intérieure de chaque département ($P = 0,05$ dans l'Atlantique ; $P = 0,473$ dans le Mono et $P = 0,271$ dans l'Ouémé)

Tableau I : Productivité (Kg MS/ha) moyenne de graminée dans les départements de l'Atlantique, de Mono et de l'Ouémé

| | Total | | Atlantique | | Mono | | Ouémé | | Probabilité |
|-----------|---------|---------|------------|---------|----------|---------|----------|---------|-------------|
| | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | |
| Juillet | 1030,08 | 623,10 | 1003,14a | 693,71 | 1001,13a | 841,29 | 1094,93a | 555,42 | 0,982 |
| Aout | 1650,45 | 1179,42 | 1372,54a | 1125,51 | 1805,29a | 1454,77 | 1866,16a | 1408,14 | 0,861 |
| Septembre | 1497,97 | 933,22 | 1333,84a | 1475,41 | 1485,63a | 608,89 | 1729,14a | 385,74 | 0,885 |
| Octobre | 830,07 | 658,80 | 464,16a | 801,73 | 1369,23a | 233,19 | 778,78a | 476,24 | 0,206 |
| Novembre | 1239,82 | 772,25 | 732,92a | 242,58 | 2134,95b | 734,47 | 1020,54a | 517,74 | 0,021 |

Dans les lignes, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$)

La figure 3 présente l'évolution de la capacité de charge de graminée durant la période de végétation. Elle varie parallèlement de 0,07 UBT/ha (Atlantique) à 0,31 UBT/ha (Mono) durant la période de végétation.

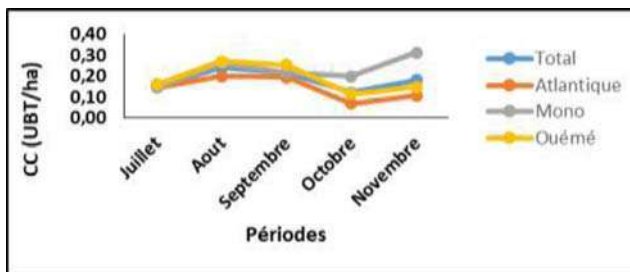


Figure 2 : Evolution de la capacité de charge de graminée durant la période de végétation

3.1.2. Légumineuse

La production de matière sèche de légumineuse dans l'Atlantique est quasiment nulle alors qu'elle varie dans les deux autres Départements suivant la période (Tableau II). Les productivités de Juillet à Novembre dans les départements de Mono et de l'Ouémé sont similaires ($P>0,05$). Les plus fortes productivités de légumineuses se retrouvent dans l'Ouémé durant toutes périodes. La quantité de biomasse de Juillet à Novembre sont similaires au seuil de 5% à l'intérieure de chaque Département ($P=0,633$ dans le Mono et $P=0,669$ dans l'Ouémé)

Tableau II : Productivité (Kg MS/ha) moyenne de légumineuse dans les départements du Mono et de l'Ouémé

| | Total | | Atlantique | | Mono | | Ouémé | | Probabilité |
|-----------|---------|--------|------------|------|---------|-------|---------|--------|-------------|
| | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | |
| Juillet | 24,93 | 39,22 | 0,00a | 0,00 | 25,89a | 44,84 | 57,21a | 45,88 | 0,162 |
| Aout | 46,25 | 129,16 | 0,00a | 0,00 | 17,20a | 29,78 | 136,98a | 237,26 | 0,386 |
| Septembre | 61,14 | 165,33 | 0,00a | 0,00 | 6,35a | 11,00 | 197,46a | 288,14 | 0,254 |
| Octobre | 133,24 | 401,42 | 0,00a | 0,00 | 19,29a | 33,41 | 424,84a | 735,85 | 0,362 |
| Novembre | 130,88 | 362,15 | 0,00a | 0,00 | 52,27a | 90,53 | 383,99a | 665,10 | 0,389 |

Dans les lignes, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($P>0,05$) La figure 5 présente l'évolution de la capacité de charge de légumineuse durant la période de végétation.

La capacité de charge est très faible dans le Mono. La capacité de charge la plus élevée (0,6 UBT/ha) durant la période de végétation s'observe dans l'Ouémé.

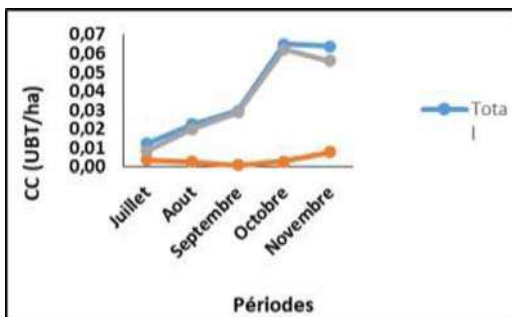


Figure 3 : Evolution de la capacité de charge de légumineuse durant la période de végétation

3.1.3. Autres herbacées fourragères

La production de matière sèche des autres herbacées fourragères du milieu est variable d'un département à autre suivant la période (Tableau III). Les productivités en Juillet et Aout diffèrent significativement dans les trois Départements ($P < 0,05$) avec les plus fortes moyennes dans l'Atlantique ($1949,19 \pm 612,65$ Kg MS/ha en Juillet et $2695,57 \pm 747,71$ Kg MS/ha en Aout). Par contre, les productivités de Septembre à Novembre dans les trois départements sont similaires ($P > 0,05$). Les moyennes les plus élevées en Septembre ($1949,19 \pm 612,65$), en Octobre ($1645,69 \pm 2037,38$) et en Novembre ($2996,34 \pm 4554,61$) sont respectivement remarquables dans l'Atlantique et dans le Mono. La quantité de biomasse de Juillet à Novembre sont similaires au seuil de 5% à l'intérieure de chaque département ($P = 0,701$ dans l'Atlantique ; $P = 0,287$ dans le Mono et $P = 0,621$ dans l'Ouémé).

Tableau III : Productivité (Kg MS/ha) moyenne des autres herbacées fourragères dans les Départements de l'Atlantique, du Mono et de l'Ouémé

| | Total | | Atlantique | | Mono | | Ouémé | | Probabilité |
|-----------|---------|---------|------------|---------|----------|---------|----------|---------|-------------|
| | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | |
| Juillet | 962,31 | 940,09 | 1949,19b | 612,65 | 306,96a | 343,10 | 301,80a | 222,91 | 0,003 |
| Aout | 1325,46 | 1288,80 | 2695,57b | 747,71 | 206,60a | 104,29 | 617,51a | 491,02 | 0,001 |
| Septembre | 1888,06 | 2851,14 | 3592,23a | 4140,38 | 811,46a | 1057,89 | 692,40a | 236,17 | 0,341 |
| Octobre | 1376,49 | 1628,58 | 1645,69a | 2037,38 | 1538,06a | 2158,54 | 855,96a | 677,52 | 0,837 |
| Novembre | 2396,11 | 2578,06 | 2954,88a | 1684,95 | 2996,34a | 4554,61 | 1050,85a | 1013,04 | 0,615 |

Dans les lignes, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) La figure 7 présente l'évolution de la capacité de charge des autres herbacées fourragères durant la période de végétation. La capacité de charge varie de 0,03 UBT/ha (Mono) à 0,52 UBT/ha (Atlantique) durant la période de végétation.

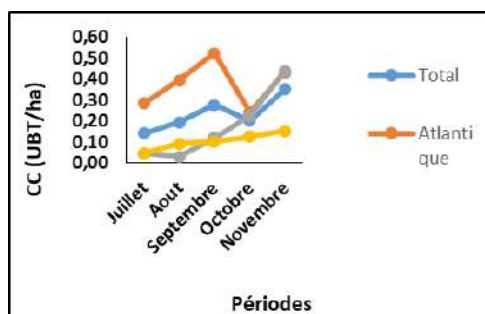


Figure 4 : Evolution de la capacité de charge des autres herbacées fourragères durant la période de végétation

3.2. Disponibilité des résidus de récolte dans la zone d'étude

La disponibilité de matière sèche des résidus de quatre cultures phares est variable d'un département à autre (Tableau IV). Néanmoins, les résidus disponibles pour chaque culture dans les trois départements sont similaires ($P > 0,05$). Les plus importantes disponibilités moyennes des résidus de récolte s'observent

dans l'Atlantique pour les résidus d'arachide ($607,56 \pm 638,52$ t MS), du maïs ($32265,32 \pm 11735,93$ t MS), et du manioc ($24269,39 \pm 20075,47$ t MS). La moyenne la plus élevée des résidus du niébé ($2104,97 \pm 527,40$ t MS) se trouve dans l'Ouémé. Ces disponibilités sont fonction de la superficie totale théorique emblavée par chaque culture dans les différentes localités (Tableau VI).

Tableau IV: Disponibilité (t MS) des résidus de récolte dans la zone d'étude

| | Total | | Atlantique | | Mono | | Ouémé | | Probabilité |
|----------|----------|----------|------------|----------|---------|---------|----------|----------|-------------|
| | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | |
| Arachide | 304,08 | 280,90 | 607,56 | 638,52 | 251,49 | 89,25 | 53,19 | 18,87 | 0,368 |
| Maïs | 19554,14 | 12862,91 | 32265,32 | 11735,93 | 6544,69 | 1435,03 | 19852,41 | 20348,12 | 0,368 |
| Manioc | 11561,67 | 11587,96 | 24269,39 | 20075,47 | 1579,30 | 1546,22 | 8836,32 | 6960,87 | 0,368 |
| Niébé | 1012,20 | 953,54 | 582,61 | 774,56 | 349,03 | 255,58 | 2104,97 | 527,40 | 0,368 |

Dans les lignes, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$). De même, les productivités moyennes les plus élevées des résidus d'arachide ($2,25 \pm 0,49$ t MS/ha), celles des résidus du maïs ($2,40 \pm 0,88$ t MS/ha) et du manioc ($2,81 \pm 1,01$ t MS/ha) étaient obtenues dans l'Atlantique. Ces importantes productivités pour les résidus du niébé ($1,77 \pm 0,00$ t MS/ha) se retrouvaient dans l'Ouémé. Les productivités des résidus de chaque culture étudiée sont similaires dans les différents départements ($P > 0,05$).

Tableau V: Productivité (t MS/ha) moyenne des résidus de culture dans les Départements de l'Atlantique, du Mono et de l'Ouémé

| | Total | | Atlantique | | Mono | | Ouémé | | Probabilité |
|----------|---------|------|------------|------|---------|------|---------|------|-------------|
| | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | Moyenne | ET | |
| Arachide | 1,27 | 1,02 | 2,25 | 0,49 | 1,35 | 0,93 | 0,21 | 0,03 | 0,368 |
| Maïs | 1,54 | 0,80 | 2,40 | 0,88 | 0,82 | 0,37 | 1,40 | 0,41 | 0,368 |
| Manioc | 2,29 | 0,80 | 2,81 | 1,01 | 1,36 | 0,18 | 2,68 | 0,45 | 0,368 |
| Niébé | 1,27 | 0,43 | 0,99 | 0,50 | 1,06 | 0,04 | 1,77 | 0,00 | 0,368 |

Dans les lignes, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

La figure 10 indique l'évolution de la capacité de charge des résidus de récolte la zone d'étude. La capacité de charge des résidus en général varie de 0,03 UBT/ha (Ouémé) à 0,41 UBT/ha (Atlantique).

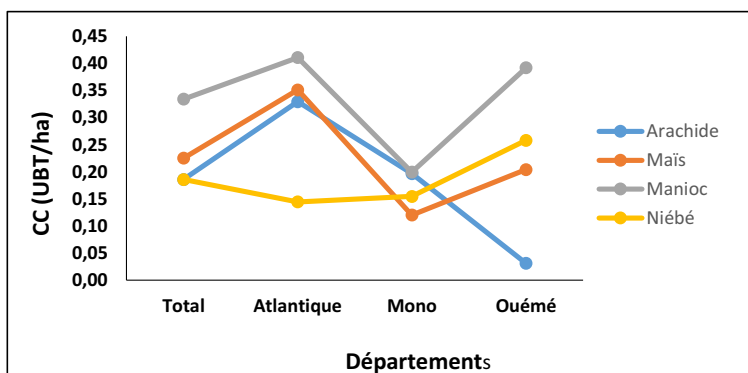


Figure 5 : Evolution de la capacité de charge des résidus de récolte dans la zone d'étude

4. Discussion

4.1. Productivité, capacité de charge et demande en terre équivalente des pâturages naturels du milieu d'étude

Dans notre zone d'étude, les phytomasses sont variables d'un département à autre et au sein d'un département lors d'un même cycle de croissance. Les graminées et les légumineuses sont beaucoup plus productives dans l'Ouémé, les autres espèces fourragères dans l'Atlantique.

La phytomasse moyenne totale varie de 1121,50 à 4896,08 Kg MS/ha durant le cycle de croissance. La capacité de charge varie de 0,27 à 0,72 UBT/ha durant la période de végétation.

Nos résultats recourent ceux de nombreux auteurs qui ont démontré l'ampleur de ce type de variation dans diverses régions.

Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par Rivière en 1991 (2,5 à 13 t MS/ha) dans les pâturages guinéens, ce qui témoigne d'une régression de biomasse au sein de ces formations végétales. Cette régression peut être due à un surpâturage ou à une forte urbanisation. Néanmoins, ces valeurs recourent celles de Koura (2011) qui a obtenu sur l'axe Calavi-Ouidah des productivités de 1,57 à 2,58 t MS/ha. Akadiri (2017) a trouvé les valeurs de productivité situées dans l'intervalle de $1,83 \pm 0,67$ à $3,34 \pm 0,52$ t MS/ha lors de ses travaux de caractérisation des pâturages périurbains le long du cordon littoral du Sud Bénin. Les valeurs de productivités potentielles obtenues dans le Département du Mono dans la Commune d'Athiémé par Zoffoun (2009) varient de 10,98 à 12,77 t MS/ha. Ce dernier lors de ses travaux (Zoffoun, 2013), a trouvé les valeurs de biomasse comprises entre 3,72 et 8,07 t MS/ha sur la Ferme d'Elevage de Kpinnou et entre 3 et 6,16 t MS/ha à Samiondji. Par ailleurs, nos valeurs de productivité rejoignent également celles de nombreux autres auteurs ayant travaillé dans la zone guinéenne.

En effet, Lecomte (1995) cité par Houinato (2001) observe des variations de phytomasse allant de 1,5 à 7,7 t MS/ha dans les savanes guinéennes de l'Adélé au Togo. César (1990) a obtenu dans la région guinéenne de la Côte d'Ivoire des productivités de 3 à 17 t MS/ha.

Notons aussi que les graminées sont plus représentées comparativement aux légumineuses. Selon Kouassi *et al.* (2014), la forte proportion de Poaceae pourrait s'expliquer par le fait que cette famille possède une forte vitesse de repousse et une forte possibilité de tallage. Par ailleurs, les Poaceae ont une forte résistance aux conditions climatiques difficiles et sont atteintes rarement de maladies (Yaya, 2020). Les phytomasses des familles des espèces fourragères dans la zone varient d'un département à autre. Rivière (1977) justifie que la productivité d'un pâturage est principalement fonction de la zone climatique et à l'intérieur d'une même zone climatique on peut noter des variations importantes selon la nature des sols et le type d'aménagement en place.

La capacité de charge étant définie selon Behnke *et al.* (1993) comme le nombre de têtes de bétail qu'une zone pourra supporter sans que la production fourragère ne diminue pendant les saisons suivantes, elle permet de réduire les effets négatifs du bétail sur le rendement des pâturages à long terme. Dans notre milieu d'étude, la capacité de charge de la biomasse totale variait de 0,27 UBT/ha à 0,49 UBT/ha durant le cycle de croissance ; celle des graminées variait de 0,12 UBT/ha à 0,24 UBT/ha. On obtient 0,01 à 0,02 UBT/ha pour les autres herbacées fourragères alors que la capacité de charge des légumineuses est faible. Ces valeurs ne corroborent pas celles de Zoffoun (2009) qui a trouvé dans la Commune d'Athiémé une capacité de charge moyenne de 1,74 UBT/ha/an correspondant à 0,57 ha/UBT de demande en terre équivalente. Notre travail étant réalisé sur des pâturages naturels contrairement à celui de Zoffoun (2009) qui a été effectué sur les pâturages de la ferme de kpinnou qui est un milieu contrôlé. Nos résultats sont presque identiques avec ceux obtenus par Aboh (2012) en zone soudano-guinéenne au Bénin. La capacité de charge annuelle des pâturages naturels le long du cordon littoral du sud Bénin trouvé par Akadiri (2017) est comprise entre 0,26 et 0,48 UBT/ha/an soit une moyenne de 0,37 UBT/ha/an correspondant à 2,7 ha/UBT de demande en terre équivalente (DTE) et sont similaires à nos valeurs observées. Les données de phytomasse de la zone étudiée s'inscrivent dans le même ordre de grandeur que celles obtenues par différents auteurs à des latitudes similaires dans les régions soudano-guinéennes : 3 à 10 t MS/ha en Cote d'Ivoire (Daget *et al.*, 1971) et 3,3 à 7,4 t MS/ha au Nigeria (Afolayan *et al.*, 1978).

La productivité de la biomasse totale au début (5227,29 Kg MS/ha en Juillet) de la période de végétation est la plus faible. Les ligneux fourragers s'utilisent jusqu'en ce moment pour alimenter les troupeaux pour palier au déficit fourrager. Lors de la période active de végétation (Aout à Octobre), ce sont les différentes catégories de fourrages qui servent à nourrir le bétail car en ce moment la plupart de ses espèces fourragères sont en abondance (développement massif de la végétation). En dépit des feux précoces allumés au début de la saison sèche (Novembre) pour garantir le bon fourrage en Décembre et Janvier, les résidus de récolte sont exploités dans cette première partie de la saison sèche pour nourrir les troupeaux en guise de contribution à la résolution du déficit fourrager. La variation de la biomasse totale durant la période de végétation est due aux conditions climatiques du milieu. Abdou (2020), affirme que les modifications des paramètres climatiques influencent fortement la disponibilité des ressources hydriques et fourragères. La disponibilité en eau du sol, directement liée à la position topographique, a joué un rôle important (Sinsin, 1991). D'une manière générale, la phytomasse herbacée est d'autant plus élevée que le sol est riche en fractions fines et que le couvert ligneux est faible.

En revanche, la taille du cheptel bovin dans notre zone d'étude est 42 365 têtes (Mono : 8 813 têtes, Atlantique : 12 851 têtes, Ouémé : 20 701 têtes) ; l'effectif des caprins s'élève à 340 046 têtes (Mono :

148 029 têtes, Atlantique : 138 537 têtes, Ouémé : 53 480 têtes) et celui des ovins est estimé à 421 032 têtes (Mono : 140 514 têtes, Atlantique : 183 980 têtes, Ouémé : 96 538 têtes) (RNA, 2021). De même, le croit 2012/2013 au Bénin pour bovin, ovin et caprin était respectivement 2,6 ; 2,13 et 2,26 (ANOPER, 2014).

4.2. Disponibilité des résidus de récolte dans la zone d'étude

Les résidus de récolte disponible pour chaque culture sont similaires dans les trois départements et sont plus productifs dans l'Atlantique.

Dans le milieu d'étude, les productivités moyennes de résidus de récolte varient de 0,21 à 2,25 t MS/ha pour l'arachide, de 0,82 à 2,40 t MS/ha pour le maïs, 1,06 à 1,77 t MS/ha pour le niébé et de 1,36 à 2,81 t MS/ha pour le manioc. La capacité de charge des résidus en général variait de 0,03 UBT/ha à 0,41 UBT/ha.

Ce résultat est semblable à celui de Djenontin *et al.* (2003) qui ont trouvé que les résidus de récolte utilisés pour l'alimentation des ruminants domestiques dans les départements de l'Alibori et du Borgou sont les pailles de céréales (maïs, sorgho, mil et riz) et les fanes des légumineuses vivrières (niébé et arachide). Les plus fortes quantités de résidus de maïs et de manioc obtenus sont dues à la prédominance de ces cultures dans la zone d'étude. Les résultats montrent aussi que les résidus de récolte dans le milieu constituent d'important atout pour la complémentation alimentaire des animaux.

Nos valeurs de productivité moyenne de résidus de récolte sont similaires à 2,7 t MS/ha et 2,9 t MS/ha obtenues respectivement pour les résidus du petit mil, du sorgho rouge et 3,7 t MS/ha obtenue pour le sorgho blanc au Burkina Faso (de Boer et Kessler, 1994). La différence obtenue au niveau de ces valeurs peut être expliquée par le fait que les cultures ne sont pas les mêmes, de plus les conditions écologiques et les pratiques culturales sont différentes. Les rendements fourragers des résidus de cultures sont comparables à ceux d'autres auteurs. Sangaré *et al.* (2001) ont obtenu entre 2,45 et 3,5 t MS/ha de pailles de mil. Peltier (1996) a trouvé un rendement de 0,99 à 1,5 kg MS /ha de fanes d'arachide; et 5,15 t MS/ha de pailles de sorgho sont notées par Cattan *et al.* (2001) sur des sols sablonneux.

5. Conclusion

La capacité de charge saisonnière du milieu est faible par rapport aux années antérieures et la progression du cheptel ruminant est apparente. Cette situation montre les difficultés qu'éprouvent les éleveurs du milieu dans leur recherche de fourrages et l'alimentation des animaux. Les variations du climat observées ces dernières années auraient un effet négatif sur la productivité des pâturages. La dominance des autres herbacées fourragères comparativement aux deux principales familles est en lien avec la faible productivité des élevages de ruminants de la zone. Néanmoins, la forte productivité des résidus de

récoltes dans le milieu permet aux éleveurs de combler le déficit fourrager. La faible capacité de charge animale des pâturages naturels du milieu retient notre attention et pose des inquiétudes pour le développement de l'élevage de ruminants dans la région et il convient de poursuivre la typologie des pâturages naturels de la zone.

Références bibliographiques

1. **Abdou H., Karimou I.A., Harouna B.K., Zataou M.T. 2020.** Perception du changement climatique des éleveurs et stratégies d'adaptation aux contraintes environnementales : cas de la Commune de Filingué au Niger. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73(2): 81-90, doi: 10.19182/remvt.31873
2. **Aboh A., Babatounde S., Oumorou M., Houinato M. et Sinsin B. 2012.** Valeur pastorale des parcours naturels en zone soudano-guinéenne et stratégie paysanne d'adaptation aux effets de leur invasion par *Chromolaena odorata* au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(4): 1633-1646.
3. **Afolayan T.A., 1978.** Grass biomass production in Northern Guinea savanna ecosystem. *Oecol. Plant.*, 13: 375-386.
4. **Agonyissa D., Sinsin B. 1998.** Productivité et capacité de charge des pâturages naturels au Bénin. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 51 (3) : 239-246
5. **Akadiri F.J. 2017.** Caractérisation des pâturages périurbains le long du cordon littoral du Sud Bénin. Mémoire de fin de formation Pour l'obtention du diplôme de master en agronomie. Faculté des Sciences Agronomiques. P42- 44
6. **ANOPER. 2014.** La situation actuelle des éleveurs de ruminants au Bénin : analyse et perspectives. 68 p.
7. **Behnke R.H., Scoones I. et Kerven C. 1993.** Range ecology as disequilibrium: new models of natural variability and pastoral adaptation in African savannah. London : Overseas Development Institute (ODI).
8. **Bekpa-Kinhou A.C.M. 2015.** La transhumance et ses impacts sur les ressources naturelles sur le plateau Agonlin au centre-Bénin et en Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat en gestion de l'environnement. Université d'Abomey-Calavi. 329p
9. **Boni Y., Natta K.A., Tassou Z.F., Sounon Bouko B. 2018.** Impacts environnementaux des parcours naturels de Doguè dans la Commune de Bassila au nord du Bénin. *Annales des lettres et sciences sociales de l'Université de Parakou*, 1 (1), 21-36.
10. **Cattan P., Letourmy P., Zagrè B., Minougou A. et Compaoré E. 2001.** Rendement de l'arachide et du sorgho en rotation sous différents itinéraires techniques au Burkina Faso, *Cahiers Agricultures* Volume 10, Numéro 3, pp. 159-72
11. **Cesar J. 1990.** Etude de la production biologique des savanes de la Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme : biomasse, valeur pastorale et production fourragère. Thèse de doct. Univ. Paris 6. 230 p.
12. **Daget P., Poissonet J. 1971.** Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22 : 5-41.

13. **de Boer W. F. et Kessler J-J. 1994.** Le système d'élevage Peulh dans le Sud du Burkina Faso. Une étude agro-écologique du département de Tô (Province de la Sissili). Université Agronomique de Wageningen, Documents sur la gestion des ressources tropicales, Wageningen, Pays-Bas. 106 p.
14. **Djenontin J. 2010.** Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord Est du Bénin. Thèse Doct., Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 274 p.
15. **Djenontin J.A., Nasser M.B. et Moutaharou A. 2003.** Gestion de la fertilité des sols dans le nord du Bénin et incidences économiques pour les exploitations agricoles. (eds.) J.-Y. Amin, L. Seiny Boukar, C. Floret., Cirad - Prasac, 7p.
16. **Houinato M. 2001.** Phytosociologie, écologie, productivité et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts-kouffé (Bénin). Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Université de bruxelles, Belgiques, p.219.
17. **Koffi C. 2016.** Contribution des ressources arborées à la sécurité alimentaire des populations rurales dans le sud-ouest du Burkina Faso dans un contexte de variabilité climatique. Thèse de doctorat; Science de l'environnement; AgroParisTech, 280 p.
18. **Kouassi A.F., Koffi K.J., N'Goran K.S.B., Ipou I.J. 2014.** Potentiel de production fourragère d'une zone pâturée menacée de destruction: cas du cordon littoral Port-Bouët et Grand-Bassam. *J. Appl. Biosci.*, 82: 7403– 7410, doi: 10.4314/jab.v82i1.13
19. **Kouassi A.M., Kouamé K.F., Koffi Y.B., Dje K.B., Paturel J.E., Oulare S. 2010.** Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cybergeog. Eur. J. Geogr.* 22 (1) : 77- 84.
20. **Koura I. 2011.** Stratégies d'alimentation des élevages périurbains de bovins au sud Bénin : Caractéristiques et dynamique sur le cordon littoral sableux des Communes d'Abomey-calavi et Ouidah. Thèse pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome FSA/UAC 133p.
21. **Koura I., Dossa L.H., Kassa B., Houinato M. 2015.** Adaptation of Periurban Cattle Production Systems to Environmental Changes: Feeding Strategies of Herdsmen in Southern Benin. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(1): 83-98pp.
22. **Lesse P. 2011.** Analyse de la gestion pastorale et de l'adaptation des éleveurs transhumants face aux variabilités climatiques dans les Communes riveraines de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (Bénin), thèse DEA Université d'Abomey-Calavi, Bénin, p. 102.
23. **Peltier R. 1996.** Les parcs à Faidherbia, Cahiers scientifiques, n° 12, éditions Quae, CIRAD, Montpellier, 311p.
24. **Riviere R. 1977.** Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris, France, Ministère de la coopération, 523 p. (Coll. Manuels et précis d'élevage n° 9).
25. **Rivière R. 1991.** Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ministère de la coopération. France, 525p.
26. **Sangaré M., Fernández-Rivera S., Bationo A., Hiernaux P., Pandey V.S. 2001.** Effets de différents types d'amendements sur le rendement du mil et la fertilité du sol au Sahel, Cahiers Agricoles, Volume 10, Numéro 5, pp. 319-25
27. **Sanon H.O., Savadogo M., Tamboura H.H., B.A. Kanwé. 2014.** Caractérisation des systèmes de production et des ressources fourragères dans un terroir test de la zone soudanienne du Burkina Faso. *VertigOREv. Électronique En Sci. Environ.* 14 (2) : 151 - 171.

28. **Sinsin B. 1993.** Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au Nord-Bénin. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Université de bruxelles, Beliques. 390p
29. **Sinsin B. 1991.** Influence de la topographie sur la production pluviale des pâturages herbacés des savanes soudaniennes du NordBénin. In : Actes Sémin. int. Gestion agroclimatique des précipitations, Bamako, Mali, 9-13 décembre 1991.
30. **Vigne M., Peyraud J.L., Lecomte P., Corson M. S., Wilfart A. 2013.** Emergy evaluation of contrasting dairy systems at multiple levels. *Journal of Environmental Management*. 129 : 44-53
31. **Yaya I., Mama Sambo Seidou Y., Assani Seidou A., Sanni Worogo H.S., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I., Houinato M. 2020.** Influence of grazing and climatic gradient on the flora diversity and productivity of rangelands in Benin. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (3): 000-000, doi: 10.19182/remvt.31894.
32. **Zoffoun A. G., Djenontin A. J. P., Mensah G. A., Koudandé D. O. 2009.** Inventaire du potentiel fourrager pour l'élevage des bovins dans la Commune d'Athiémé au sud-ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. Numéro 66.122p
33. **Zoffoun A. G., Aboh A. B., Adjolahoun S., Houinato M., Sinsin B. 2013.** Effet de l'âge et de l'intensité de pâture sur le développement des touffes et la production de biomasse de *Panicum maximum* var. C1 dans les pâturages artificiels en zone soudanienne et subéquatoriale. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(3): 1168-1179.

Evaluation de l'efficacité d'un complément alimentaire local à base de l'anacarde pour lutter contre la malnutrition des enfants au Mali

Dr. Fatimata Cisse Diallo^{} ; Mme Fanta Guindo¹ ; M. Mamadou Soufountera¹ ; Dr. Yara Koureissi Dembele¹ ; M. Kola Cisse¹ ; M. Moussa Sanogo²*

¹Institut d'Economie Rurale, IER,

²Direction Régionale de la Santé de Sikasso

Contact de l'auteur correspondant : diallofati@gmail.com

Résumé

Au Mali, la malnutrition constitue toujours un problème de santé publique. En 2022, les prévalences des trois types de malnutrition étaient de 10,8% pour la malnutrition aiguë, 18,6% pour l'insuffisance pondérale et 21,9% pour le retard de croissance. L'anacarde peut contribuer au renforcement de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations par le biais de sa consommation. Malgré ses valeurs nutritionnelles et ses vertus les produits à base d'anacarde sont peu connus et peu consommés dans notre pays. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'efficacité d'un complément alimentaire local à base d'anacarde pour lutter contre la malnutrition au Mali. Trois formulations de farine de complément à base des sous-produits de l'anacarde ont été développées et caractérisées sur le plan physico-chimique, microbiologique, nutritionnel et sensoriel. La meilleure formulation répondant aux critères d'acceptabilité et de besoins nutritionnels des enfants a été la farine composée de 45% de maïs, 15% de niébé, 15% de pulpe d'anacarde, 20% amandes grillées et 5% de poudre de baobab qui a fait l'objet de test clinique dans la région de Sikasso. Pour les 249 enfants de ce premier test clinique, les résultats obtenus ont montré des gains plus élevés en poids et périmètre brachial de J0 à J56 chez les enfants du groupe test consommant l'aliment enrichi avec les sous-produits de l'anacarde comparé aux enfants du groupe témoin sans que cette différence soit statistiquement significative. La valeur ajoutée de cette étude est que la consommation de l'aliment de complément test a pu guéri 88,7% du nombre total des enfants test en 8 semaines (et en même temps 90,0% des enfants test ont gagné entre 0,1 et 2kgs de poids entre leur admission et la sortie.

Mots clés : Malnutrition, anacarde, pulpe, amande, farine de complément.

Abstract

In Mali, malnutrition still constitutes a public health problem. In 2022, the prevalence of the three types of malnutrition was 10.8% for acute malnutrition, 18.6% for underweight and 21.9% for stunting. Cashew nuts can contribute to strengthening the food and nutritional security of populations through their consumption. Despite its nutritional values and its virtues, cashew products are little known and little consumed in our country. The main objective of this study was to evaluate the effectiveness of a local food supplement based on cashew nuts to combat malnutrition in Mali. Three formulations of complementary flour based on cashew by-products were developed and characterized on the physicochemical, microbiological, nutritional and sensory levels. The best formulation meeting the criteria of acceptability and nutritional needs of children was the flour composed of 45% corn, 15% cowpea, 15% cashew pulp, 20% toasted almonds and 5% baobab powder. which has been the subject of clinical testing in the Sikasso region. For the 249 children in this first clinical test, the results obtained showed higher gains in weight and upper arm circumference from D0 to D56 in the children in the test group consuming the food enriched with cashew by-products compared to the children in the test group. children in the control group without this difference being statistically significant. The added value of this study is that the

consumption of the test complementary food was able to cure 88.7% of the total number of test children (134/151) in 8 weeks (as in the national protocol for the management of malnutrition) and at the same time 90.0% of the test children gained between 0.1 and 2kgs of weight between their admission and discharge.

Key words: Malnutrition, cashew, pulp, almond, complementary flour.

INTRODUCTION

Le Mali, tout comme ses voisins de la bande sahélienne, où les populations sont structurellement en proie à la faim et à la malnutrition, malgré beaucoup d'efforts réalisés pour améliorer leur sécurité alimentaire et nutritionnelle, est toujours le théâtre de crises alimentaires et nutritionnelles successives aggravant une situation chronique alarmante. En référence aux analyses des dernières années sur la sécurité alimentaire et la nutrition, les données de l'enquête Enquête Nationale Nutritionnelle Anthropométrique et de Mortalité rétrospective (INSTAT 2019) ont révélé que seulement 26,3% des ménages étaient en sécurité alimentaire, que 25% étaient en insécurité alimentaire dont les 3% en insécurité alimentaire sévère et 48,3% en sécurité alimentaire limite. En moyenne, un (01) malien sur cinq (05) se trouve en insécurité alimentaire chronique ; et plus d'un (01) enfant de moins de cinq (05) ans sur quatre (04) souffre d'un retard de croissance, soit 29,3% (INSTAT 2019).

Selon l'enquête SMART en 2019, la prévalence de l'émaciation est de 9,4%, le retard de croissance de 26,6% et l'insuffisance pondérale de 18,1%. Cependant la région de Sikasso note une prévalence de la malnutrition aigüe de 6,5%, la malnutrition chronique 31,7% et l'insuffisance pondérale 17,4%. Pour répondre aux besoins en micro- et macro-éléments des malnutris, l'anacarde peut jouer un grand rôle du fait de sa richesse en potassium, phosphore, magnésium, calcium, lipide, fibre, glucide et protéine.

L'utilisation de l'anacarde comme une base d'aliment de complément peut contribuer au renforcement de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations par le biais de sa consommation, et par une meilleure accessibilité aux aliments à travers la disponibilité des revenus monétaires de la vente des noix. Les revenus tombent à point lors des mois de la soudure agricole où les capacités économiques d'accès aux aliments sont plus faibles (Rapport final du projet PAFAM, 2022)

Le deuxième résultat du « Projet d'Appui à la Filière de l'Anacarde au Mali » (PAFAM) porte la prévention de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition, spécialement chez les enfants de moins de 5 ans, par le biais de l'amélioration de l'accès aux aliments, principalement grâce aux revenus de la vente des produits de l'anacarde, par la promotion de la consommation de ces produits, et par des actions de sensibilisation et éducation nutritionnelle des populations. En particulier, ce résultat vise à améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations bénéficiaires dans les communes ciblées de la région de Sikasso.

La présente étude sur l'évaluation de l'efficacité d'un complément alimentaire local à base de l'anacarde pour lutter contre la malnutrition des enfants au Mali, s'inscrit dans le cadre des activités sur l'impact de

la filière anacarde dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la population et sur ses possibilités d'utilisation comme complément et diversification alimentaire du deuxième résultat du projet PAFAM. Pour atteindre cet objectif, la Direction Nationale de l'Agriculture à travers le projet PAFAM, en collaboration avec l'Institut d'Economie Rurale à travers son Centre Régional de la Recherche Agronomique (CRRA) de Sotuba et en particulier le Laboratoire de Technologie Alimentaire sous un financement direct de l'Agence Espagnole pour la Coopération Internationale au Développement ont signé une convention pour l'exécution de cette étude. Le présent article rend compte des résultats obtenus dans la phase de test réalisé sur la farine de complément à base d'anacarde.

MATERIELS ET METHODES

Matériels :

Les matériels et outils suivants ont été utilisés dans le cadre de l'étude :

Fiches de collecte des données ; sachets de complément alimentaire ; bandes Shakir ; balances électroniques ou semi électroniques ; toises ; tables de Z score ; stylos.

Méthodologie

Type et période de l'étude

Une étude clinique chez les enfants de 6 à 59 mois a été réalisée de manière randomisée dans quatre (4) districts sanitaires, Elle a été réalisée de novembre 2021 à février 2022, soit d'une durée de 8 semaines.

Cadre de l'étude

L'étude a été réalisée dans la zone d'intervention du projet qui est la région de Sikasso dans quatre districts sanitaires (Sikasso, Yanfolila, Kolondiéba et Bougouni).

Présentation des produits alimentaires

La noix de cajou est un produit très riche en micro et macro-élément ce qui en fait un candidat intéressant pour palier au déficit nutritionnel causé par la malnutrition (voir tableau 1). Le complément alimentaire testé est un mélange de la farine de maïs, la farine de niébé, la poudre de la pulpe d'anacarde, la poudre des amandes grillées d'anacarde et la poudre du fruit du baobab dans des proportions bien déterminées, appelé produit alimentaire test (produit 1). Le complément alimentaire témoin (produit 2) est un mélange de la farine de maïs, la farine de niébé et la poudre du fruit du baobab dans les mêmes proportions que le produit 1.

Tableau 1 : Valeur nutritive de l'amande de cajou.

| Substances minérales | Valeur nutritive moyenne en mg pour 100 g | Substances minérales | Valeur nutritive moyenne en mg pour 100 g |
|----------------------|---|-------------------------|---|
| Potassium | 668 | Zinc | 2,1 |
| Phosphore | 466 | Manganèse | 0,8 |
| Magnésium | 252 | Nickel | 0,5 |
| Calcium | 38 | Fluor | 0,14 |
| Sodium | 14 | Molybdène | 0,01 |
| Fer | 5,2 | Cuivre | 3,7 |
| Vitamines | Valeur nutritive moyenne en mg pour 100 g | Substances énergétiques | Valeur nutritive moyenne en g pour 100 g |
| Vitamine B1 | 0,43 | Protéines | 18,6 |
| Vitamine B2 | 0,16 | Lipides | 49,3 |
| Vitamine B3 | 1,8 | Glucides | 20,5 |
| Vitamine B5 | 1,6 | Fibres alimentaires | 3,5 |
| | | Eau | 4 |

Source : Manuel d'information sur l'anacarde.

Tableau 2 : Formulation des produits alimentaires

| Formulation | % Maïs | % Niébé | % Pulpe anacarde | % Amande grillée | % Baobab | Total |
|-------------|--------|---------|------------------|------------------|----------|-------|
| Produit 1 | 45 | 15 | 15 | 20 | 5 | 100 |
| Produit 2 | 70 | 25 | 0 | 0 | 5 | 100 |

Déroulement pratique de l'étude

Préalablement à l'étude les Directeurs Techniques des Centres de santé (DTC), les chargés de nutrition, les responsables de nutrition, et les animateurs du projet PAFAM ainsi que les agents de Santé Communautaire (ASC) ont été formés sur les modes de préparation de la farine des compléments alimentaires (test et témoin) en bouillie suivant le ratio eau /farine et le temps de cuisson déjà définis ainsi que sur les caractéristiques technologiques de la bouillie (écoulement). Ils ont été aussi formés sur le respect des bonnes pratiques d'hygiène dans la préparation des bouillies.

Les compléments alimentaires (test et témoin) ont été codifiés et présentés de façon randomisée aux enfants. L'intégration des enfants dans l'un des deux (2) groupes a été faite de façon aléatoire.

Chaque semaine, les mamans ont reçu la quantité de farine (100g /portion) nécessaire pour une prise de bouillie 3 fois/jour pendant 8 semaines et en fonction du groupe d'appartenance de l'enfant. Une évaluation régulière du statut nutritionnel (PB et le rapport poids-taille en Z score) des enfants par le médecin de l'équipe a été fait une fois par semaine, soit à J-0, J-7, J-14, J-21, J-28, J-42 et J-56. Le gain de poids a été calculé par enfant comme étant le poids à J-56 moins le poids à J-0. La perception des mamans sur l'efficacité de la bouillie a aussi été évaluée.

Population d'étude

La population d'étude est composée par les enfants malnutris aigües modérés âgés de 6 à 59 mois vivants dans les districts sanitaires de Sikasso, Yanfolila, Bougouni et Kolondieba de septembre à octobre 2021.

Critères d'inclusion

- Être enfants âgés de 6 à 59 mois vivants dans les districts sanitaires de Sikasso, Yanfolila, Bougouni et Kolondieba de Septembre à Octobre 2021 ;
- Être atteints de malnutrition aigüe modérée dans les districts sanitaires de Sikasso, Yanfolila, Bougouni et Kolondieba de Septembre à Octobre 2021 ;
- Enfants ne présentant aucune pathologie chronique pouvant être un frein à sa croissance ou favorisant une prise de poids.
- Avoir le consentement des parents ou des tuteurs pour la participation de leurs enfants à l'étude.

Critères de non-inclusion

- Être enfants âgés de moins de 6 mois et plus de 59 mois vivants dans les districts sanitaires de Sikasso, Yanfolila, Bougouni et Kolondieba de septembre à octobre 2021 ;
- Ne pas être atteints de malnutrition aigüe modérée dans les districts sanitaires de Sikasso, Yanfolila, Bougouni et Kolondieba de Septembre à Octobre 2021 ;
- Enfants présentant une pathologie chronique pouvant être un frein à sa croissance ou favorisant une prise de poids.
- Enfants dont les parents ou tuteurs n'ont pas accepté de signer le consentement de participation.

Echantillon et échantillonnage

Les enfants ont été sélectionnés de façon raisonné (non aléatoire) sur la base d'un test de dépistage communautaire actif par les relais communautaires à l'aide de la bande de Shakir. Le périmètre brachial (PB) de tous les enfants a été mesuré à l'aide de la bande de Shakir. Tous les enfants ayant un périmètre brachial (PB) supérieur ou égal à 115 mm et inférieur à 125 mm ($PB \geq 115 \text{ mm}$ et $< 125 \text{ mm}$) ont été présélectionnés pour l'étude. Le statut nutritionnel (PB et le rapport poids-taille en Z score) de tous les enfants inclus dans l'étude a été déterminé par le médecin de l'équipe au début de l'essai clinique (J-0).

La taille de l'échantillon a été calculée suivant la formule de Daniel Schwartz avec une précision de 5% :

$$n = Z^2 * \frac{p * q}{i^2}$$

n = Taille de l'échantillon ;

Z = Paramètre lié au risque d'erreur, Z = 1,96 (soit 2) pour un risque d'erreur de 5 % (0,05) ;

p = Prévalence attendue de la malnutrition aigüe dans la population, exprimée en fraction de 1 ;

q = 1-p, prévalence attendue des enfants non malnutris, exprimée en fraction de 1 ;

i = Précision absolue souhaitée exprimée en fraction de 1 (i = 0,05).

NB : La prévalence de la malnutrition aigüe dans la région de Sikasso qui est de 6,5% selon l'enquête SMART 2019 a été utilisée pour le calcul de la taille de l'échantillon, cette prévalence est estimée à 7% et la prévalence attendue des enfants non-malnutris (q) est de 93% ($q = 1 - p = 1 - 0,07 = 0,93$)

$$n = Z^2 * \frac{p * q}{i^2} = 2^2 * \frac{0,07 * 0,93}{0,05^2} = 4 * \frac{0,0651}{0,0025} = 104,16 \approx 104$$

Le taux de non-participation estimé à 15% = $104 * 15 / 100 = 16$.

La taille minimale de l'échantillon a été 120 sujets malnutris ($104 + 16 = 120$) dans le groupe test. Sur la base d'un appariement d'un sujet test pour un sujet témoin, le nombre minimum de sujets nécessaires pour la réalisation de l'étude est de 240 enfants (soit 120 enfants dans le groupe test et 120 enfants dans le groupe témoin).

Variables d'étude

Les paramètres enregistrés dans l'étude sont constitués des principales variables suivantes :

- La variable dépendante : le statut nutritionnel des enfants de 6 à 59 mois, spécifiquement l'émaciation ou la malnutrition aiguë : Le périmètre brachial ; le rapport poids/taille en Z score.

Collecte et analyse des données

Collecte des données

Les données sur les paramètres socio-démographiques, nutritionnels et alimentaires ont été collectées à l'aide d'une fiche de questionnaire. Les données sur le statut nutritionnel (PB et le rapport poids-taille en Z score) des enfants ont été également collectées par le médecin de l'équipe une fois par semaine sur la fiche de suivi, soit à J-0, J-7, J-14, J-21, J-28, J-42 et J-56.

Outils d'analyse des données

Les données ont été transférées sur les logiciels ENA for SMART et SPSS. Le logiciel ENA for SMART a été utilisé pour faciliter l'épuration, vérifier la fiabilité des données et surtout pour analyser les données anthropométriques pour les enfants de 6 à 59 mois. Les autres analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS version 21.0.0.0 avec une probabilité $p = 5\%$. Les résultats ont été présentés sous forme de tableau sur le logiciel SPSS puis sur Excel 2007.

RESULTATS

Développement et caractérisation des produits à base d'anacarde à haute valeur nutritionnelle

Le **tableau 2** montre la composition nutritionnelle et les caractéristiques physico-chimiques des deux farines de complément (test et témoin). La farine de complément test a un taux en protéines (12,07 g) et de lipide (10,95 g) supérieur à celui de la farine de complément témoin (11,5g de protéine et 1,98g). L'énergie brute de la farine test (432,06 kcal) est également plus élevée que celui du témoin (391,5 kcal). La farine de complément a également des taux de calcium, de fer et de zinc plus élevés que celui du témoin (voir tableau 3). Par contre le taux de glucide est plus élevé dans le témoin que dans la farine de complément test.

En comparant les valeurs nutritionnelles des différents mélanges aux recommandations de la Commission du Codex Alimentarius, on constate que la teneur en énergie de la farine de complément test est supérieure à la norme CAC comparé au témoin qui est inférieur.

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques et composition nutritionnelle des farines de complément pour 100g de matière sèche.

| | Farine de complément test | Farine de complément témoin | Normes* | | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|------------|
| | | | CAC | OMS | FAO |
| Energie, kcal/100g | 432,06 | 391,5 | 400 | - | 362 |
| Glucides, g | 71,299 | 81,87 | - | 50 – 55 | 72 |
| Protéines, g | 12,07 | 11,5 | 15 | 10 – 12 | 9,5 |
| Lipides, g | 10,95 | 1,98 | 10 – 25 | 30 – 35 | 4 |
| Calcium, mg | 18,11 | 13,38 | 500 | - | 12 |
| Fer, mg | 4,73 | 3,65 | 16 | - | 2,5 |
| Zinc, mg | 6,79 | 0,87 | 3,2 | - | |
| Viscosité, Cm | 9 | 7 | | | |

*Source : CAC (Commission Codex Alimentarius), 2003

Description de la population de l'étude

Au total 249 enfants ont participé à cette étude dont 151 enfants tests et 98 enfants témoins. L'analyse du **tableau 4** montre que le plus grand contingent des enfants venait du centre de Niéna avec 54 enfants tests soit 35,8% du groupe test contre 25 enfants témoins soit 25,5% du groupe témoins. On constate dans l'étude que 58,23% des enfants étaient de sexe féminin soit 51,0% dans le groupe test et 69,4% dans le groupe témoins. Ce qui fait un total de 145 filles et 104 garçons. Parmi eux 205 enfants étaient toujours allaités au sein dont 82,5% des enfants tests (125/151) et 81,6 des enfants témoins (80/98).

Tableau 4 : Répartition des enfants ayant participé à l'étude dans la région de Sikasso selon leurs provenances

| | Provenance | Effectifs | Pourcentage |
|------------------------|--------------|------------|-------------|
| Enfants Tests | Niéna | 54 | 35,8 |
| | Kologo | 25 | 16,6 |
| | Koloni | 23 | 15,2 |
| | Missikoro | 17 | 11,3 |
| | Farakala | 15 | 9,9 |
| | Ména | 7 | 4,6 |
| | Bougoula | 5 | 3,3 |
| | Finkolo | 5 | 3,3 |
| | Total | 151 | 100 |
| Enfants témoins | Niéna | 25 | 25,5 |
| | Kologo | 22 | 22,4 |
| | Koloni | 17 | 17,3 |
| | Missikoro | 9 | 9,2 |
| | Farakala | 8 | 8,2 |
| | Ména | 6 | 6,1 |
| | Bougoula | 6 | 6,1 |
| | Finkolo | 5 | 5,1 |
| | Total | 98 | 100 |

Sur un effectif de 151 enfants du groupe test, 126/151 (83.4%) ont moins de 24 mois contre 87/98 (88,8%) dans le groupe des témoins. La moyenne d'âge du groupe test est de 17.3 mois contre 15.46 mois pour le témoin. La moyenne d'âge est différente entre les deux bras de traitement ($P=0,50$) (**tableau 5**) avec une moyenne plus élevée dans le groupe test 17,3 par rapport au groupe témoins 15,46.

Tableau 5 : Répartition des enfants ayant participé à l'étude dans la région de Sikasso selon la moyenne d'âge

| Produits administrés | N | Moyenne d'âge en nbre de mois | Ecart-Type | Error Standard | Minimum | Maximum |
|----------------------|-----|-------------------------------|------------|----------------|---------|---------|
| TESTS | 151 | 17,30 | 8,04 | ,66 | 6 | 48 |
| TEMOINS | 98 | 15,46 | 8,64 | ,81 | 6 | 48 |

Analyse de l'effet du traitement

Sur le type de sortie :

L'analyse du **tableau 6** montre que le taux de guérison était plus élevé dans le groupe des enfants tests, soit 88,7% que dans le groupe des témoins 82,7%. La proportion d'enfants ayant quitté l'étude (abandon + non répondant) est supérieure pour le groupe témoin (12 enfants soit 12.2%) comparé au groupe test (4 enfants soit 2.6%).

Tableau 6 : Répartition des enfants ayant participé à l'étude dans la région de Sikasso selon le type de sorties

| | Types sorties | Effectifs | Pourcentage |
|------------------------|----------------|------------|-------------|
| Enfants test | Guéri | 134 | 88,7 |
| | Non Guéri | 13 | 8,6 |
| | Abandon | 2 | 1,3 |
| | Non répondants | 2 | 1,3 |
| | Total | 151 | 100 |
| Enfants témoins | Guéri | 81 | 82,7 |
| | Non répondants | 7 | 7,1 |
| | Non Guéri | 5 | 5,1 |
| | Abandon | 4 | 4,1 |
| | Transfert | 1 | 1,0 |
| | Total | 98 | 100 |

Sur le poids :

La moyenne du poids à l'admission n'était pas différente entre les deux bras de traitement avec une moyenne de poids dans le groupe test de 7,073 Kg et dans le groupe témoin de 7,055 Kg. D'autre part, la moyenne du poids à la sortie était différente entre les deux bras de traitement ($p=0,02$) avec une moyenne plus élevée dans le groupe test 8,42 par rapport au groupe témoins 8,19.

Sur le périmètre brachial (PB)

L'analyse du **tableau 7**, montre que la moyenne du PB à la sortie était différente entre les deux bras de traitement ($p=0,22$ chez les tests et $p=0,26$ chez les témoins) avec une moyenne plus élevée dans le groupe test (128,52 par rapport au groupe témoins 127,04).

Tableau 7 : Répartition des enfants ayant participé à l'étude dans la région de Sikasso selon la moyenne du PB à la sortie

| Produits administrés | N | Moyenne en mm | Ecart-Type | Error Standard | Minimum | Maximum |
|----------------------|-----|---------------|------------|----------------|---------|---------|
| TESTS | 148 | 128,52 | ,203 | ,22 | 124 | 140 |
| TEMOINS | 93 | 127,04 | ,183 | ,26 | 121 | 134 |

Sur un total 249 enfants ayant participé à cette étude, 151 enfants étaient soumis au produits tests c'est-à-dire enrichit avec les sous-produits de l'anacarde et 98 au produits non enrichis avec les sous-produits de l'anacarde.

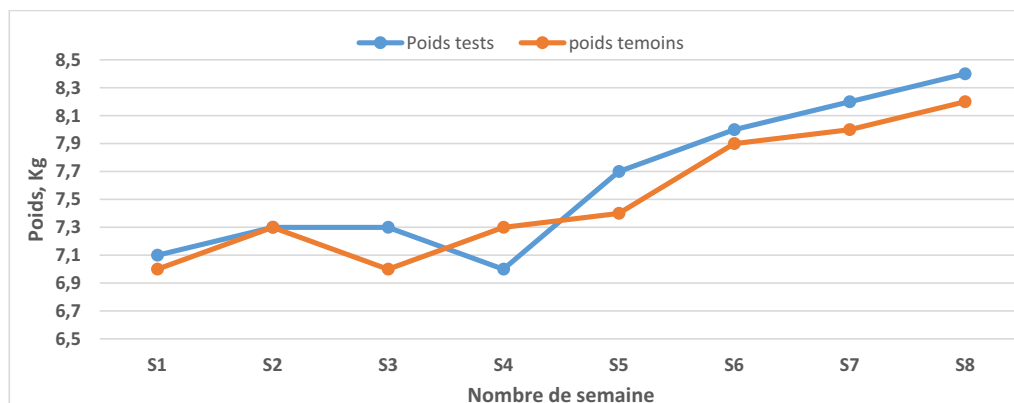
Il n'y a de différence statistiquement significative entre les deux groupes de traitement par rapport à la représentativité ($X^2 = 1,251$ et $p = 0,311$). On constate que 51.7% des enfants avaient fait un gain de plus de 2kgs dans le groupe des tests contre 48.3% dans le groupe des témoins. (Voir tableau 8) ;

Tableau 8 : Répartition des enfants ayant participé à l'étude dans la région de Sikasso des gains de poids des enfants selon les groupes d'enfants.

| Gain de Poids | Gain | Enfants tests | | Enfants témoins | | X^2 | p-value |
|--------------------|--------------------|---------------|------|-----------------|------|-------|---------|
| | | N | % | N | % | | |
| Gain de 0,1 à 2kgs | Gain de 0,1 à 2kgs | 135 | 62.5 | 81 | 37.5 | 1.251 | 0.311 |
| | Plus de 2kgs | 15 | 51.7 | 14 | 48.3 | | |
| | Total | 150 | 61.2 | 95 | 38.8 | | |

Sur l'évolution des enfants selon leurs poids de l'admission à la sortie :

La figure 1 montre l'évolution des enfants selon leurs poids à l'admission et à la sortie. A la 1ere semaine de suivi des enfants, le poids moyen était de 7,1 chez les enfants tests contre 7,0 chez les témoins soit une différence de 0,1 et cette moyenne était de 8,4 chez les tests contre 8,2 a la semaine 8 du traitement avec une différence de 0,2. On constate que la moyenne était plus élevée chez les enfants test que les enfants témoins pendant l'étude. Il n'y a aucune différence statistiquement significative à la sortie des enfants entre les effets des 2 traitements sur le poids ($P=0,087$).

**Figure 1** : Evolution des poids de l'admission à la sortie des enfants sous intrants tests et témoins

Sur l'évolution des enfants selon le périmètre brachial de l'admission à la sortie :

A la 1^{ère} semaine de suivi des enfants, le PB était de 120,25 chez les enfants tests contre 121,29 chez les témoins soit une différence de 1,04 et cette moyenne était de 128,5 chez les tests contre 127,05 chez les témoins à la semaine 8 du traitement avec une différence de 1,45. On constate que la moyenne était plus élevée chez les enfants tests que chez les enfants témoins pendant l'étude. Il n'y a aucune différence statistiquement significative à la sortie des enfants entre les effets des 2 traitements sur le PB ($P=0.17$).

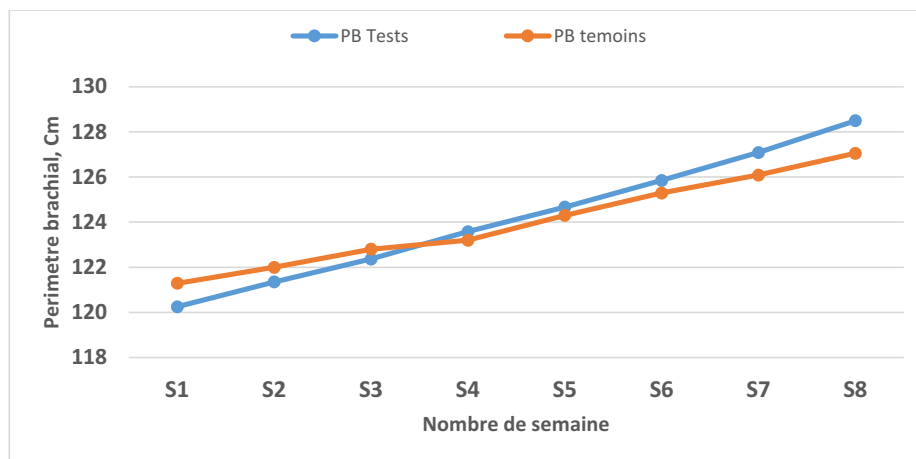


Figure 2 : Evolution des PB de l'admission à la sortie des enfants sous intrants tests et témoins

DISCUSSIONS

La formule de complément test a des teneurs en protéine, lipide, calcium, fer et zinc plus élevées que ceux des recommandations de la FAO (codex alimentarius). L'augmentation de la teneur en protéines, lipide, calcium, fer et zinc des mélanges pourrait être attribuée à la teneur élevée en ces éléments dans la noix de cajou (amande) (*Emelike et al., 2015*). Cette constatation a été faite lors d'une étude dans laquelle la farine de cajou (amande) a été utilisée en complément du popcorn à base de maïs (*Ljarotimi et al., 2012*). La protéine étant l'un des éléments nutritifs requis le plus important dans les aliments de sevrage, la farine d'anacarde pourrait servir dans la formulation d'aliments de complément à haute valeur protéique. Tenant compte des considérations de FAO/OMS, une teneur en protéine de 11 à 21% est requise pour la complémentation maximale des acides aminés des aliments et la croissance des nourrissons (FAO/OMS, 2008). La formule test répond à cette exigence avec une teneur à 12,07%, même si elle ne satisfait pas encore à la demande en protéines des nourrissons. Toutefois, cette augmentation dans les mélanges sera d'une importance nutritionnelle dans la plupart des pays en développement. La teneur en lipide est très élevée pour le test (10,95) que pour le témoin (1,98) et reste supérieur au niveau recommandé de 8% pour les aliments de sevrage (FAO/OMS, 2006). L'augmentation significative de la valeur énergétique des farines tests 432,06 kcal/100g serait imputable à l'augmentation de la teneur lipidique par suite des fortes teneurs en lipide des farines de cajou (*Ibrahim et al., 2017*). La valeur énergétique de la farine test (432,06 kcal/100g) seraient supérieures à celle rapportées par *Nadia et al., 2017* (409,15, 397,95, 402,01) pour les farines

de fonio enrichies (Fonio+Soja+Arachide+Fretins séchés), par *Zannou et al., 2011* dans les farines infantiles respectives Attiéké+Soja (394 kcal), Manioc+Soja (390 kcal).

La malnutrition protéino-énergétique (MPE), est observée chez les enfants et qui se traduit par des troubles dus à une alimentation insuffisante ou déséquilibré en protéines et en calories (OMS 2000). La farine de complément test, par sa composition en énergie, lipide, glucide, protéines et sa richesse en vitamines et en substance minérale peut servir d'aliment d'appoint pour lutter contre la malnutrition protéino-énergétique (MPE).

La consommation de la farine de complément test a permis à la majorité des enfants de ce groupe de garde une moyenne de poids et de périmètre brachial plus élevée que les enfants sous les produits non enrichis (groupe témoin) à la huitième semaine S8. Cette augmentation de ces paramètres était plus importante pour le groupe test que le groupe témoin mais sans que cette différence ne soit statistiquement significative.

Les résultats de cette étude sont similaires à ceux de l'étude faite sur l'efficacité de l'EQUINUT (Traoré et al, 2017) ou l'utilisation d'EQUINUT comme aliment de prévention de la malnutrition à la dose de 100 g trois fois par semaine en plus de l'alimentation normale entraîne un gain pondéral plus élevé chez les enfants bénéficiaires comparés à ceux soumis seulement à une alimentation normale. Dans cette étude de *Traoré et al, 2017*, la différence n'était pas significative entre les deux traitements.

Cette augmentation bien qu'elle ne soit pas significative, ouvre en perspective une voie à explorer dans les études futures. Ces résultats obtenus rejoignent aussi ceux de plusieurs études menées ces dernières années dans les pays en développement dont le Mali, le Malawi, Kenya, l'Inde, le Vietnam en termes d'efficacité, de gain de poids et de rapidité de récupération (*Lagrone et al, 2013, Traoré et al, 2017*).

Le traitement de la malnutrition doit être progressif. Elle se déroule en trois phases, utilisant des aliments selon leurs teneurs en protéines, lipides, glucides et oligo-éléments. Les aliments thérapeutiques prêts à l'emploi, ont facilités le traitement de la malnutrition aigüe sévère. Les plus utilisés en Afrique subsaharienne, sont le F75, F100, et le Plumpy Nut [(*Mupenzi Mumbere et al, 2018*) ; (*Schoonees et al, 2019*)]. L'utilisation de la farine de complément test enrichie par les produits de l'anacarde (la poudre de la pomme d'anacarde, les amandes d'anacarde) a permis la récupération nutritionnelle en 8 semaines de 90.0% des enfants test avec des gains de poids entre 0.1 et 2kgs de poids entre leur admission et la sortie. Compte tenu de la disponibilité de l'anacarde au Mali et des résultats ci-dessus, montrent l'intérêt de l'utilisation de l'anacarde dans la prise en charge des enfants malnutris.

CONCLUSIONS

L'utilisation de l'aliment de complément enrichi aux produits de l'anacarde (produit test) présente des compositions en substance minérale, en vitamine et en substance énergétique répondant aux recommandations de la FAO en termes de composition des produits destinés à être des aliments de complément.

L'alimentation complémentaire à l'âge de 6 à 59 mois en Afrique, particulièrement au Mali, présente des délicatesses dépendant généralement du niveau d'instruction des mères et aux revenus familiaux limités. Cela ne permet pas l'acquisition des farines infantiles de bonne qualité nutritionnelle et expose les enfants au risque de malnutrition, notamment le retard de croissance et les carences en micronutriments.

Cette étude propose des stratégies pour élaborer, à partir d'ingrédients disponibles localement, des farines infantiles composées respectant des normes de qualité requises par la FAO/OMS et qui peuvent permettre la

récupération nutritionnelle des enfants souffrant d'un MAM. Aussi, vu l'importance des substances énergétiques, des substance chimiques et des vitamines dans la croissance harmonieuse et la santé de l'enfant, des voies d'enrichissement ont été proposée. Ainsi la farine complète de complément test a été élaborer et tester dans 3 district sanitaire de la région de Sikasso connu pour être le plus gros foyer de malnutrition au Mali. La farine de complément a été testé avec succès mais qui reste à être confirmé une autre étude de confirmation à plus grande échelle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdel Kader TRAORE. Place de l'équinoxe versus plumpy'sup dans la prise en charge et la prévention de la malnutrition aiguë modérée dans 7 centres de santé communautaires (cscm) des cercles de Mopti, Djenne et Kita. Rapport de synthèse (2017)
2. Emelike et al., 2015. Proximate, mineral and functional properties of defatted and undefatted cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) Kernel flour. *European Journal of Food Science and Technology*. Vol.3, No.4, pp.11-19, September 2015.
3. FAO/OMS, CAC31 (2008) ; CCFO20 Comité du Codex sur les graisses et les huiles, Londres Royaume-Uni ; CCNE4 Comité FAO/OMS de coordination pour le Proche-Orient
4. Ibrahim et al., 2017. Effets de la fortification à l'amande de cajou sur la valeur nutritive et sensorielle de la farine de banane plantain Côte d'Ivoire.
5. Institut National de la Statistique (INSTAT), Cellule de Planification et de Statistique Secteur Santé-Développement Social et Promotion de la Famille (CPS/SS-DS-PF), et ICF. 2014. Cinquième Enquête Démographique et de Santé au Mali 2018. Indicateurs Clés. Bamako, Mali, et Rockville, Maryland, USA : INSTAT, CPS/SS-DS-PF, et ICF.
6. Institut National de la Statistique (INSTAT), Cellule de Planification et de Statistique Secteur Santé-Développement Social et Promotion de la Famille (CPS/SS-DS-PF), et ICF. 2019. Sixième Enquête Démographique et de Santé au Mali 2018. Indicateurs Clés. Bamako, Mali, et Rockville, Maryland, USA : INSTAT, CPS/SS-DS-PF, et ICF.
7. Institut National de la Statistique et de l'Informatique (INSTAT). Enquête Nationale Nutritionnelle Anthropométrique et de Mortalité rétrospective suivant la méthodologie SMART. Mali 2019.
8. Lagrone L et al, 2013. Locally produced ready-to-use supplementary food is an effective treatment of moderate acute malnutrition in an operational setting. *Annals of Tropical Paediatrics*, Volume 30, 2010. Pages 103-108 | Published online : 18 Jul 2013.
9. Mupenzi et al, 2018. Management of severe acute malnutrition by cow milk in resource constraints settings: experience of the Nutritional Centre of the University Clinics of Graben. *BMC Pediatrics*. 18 :140.
10. Nadia et al., 2017. Formulation de farine de fonio enrichie en ressources alimentaires locales pour l'alimentation complémentaire des jeunes enfants au Bénin. *Int. J.Biol. Chem. Sci.* 11 (6) : 2745-2755.

11. Schoonees et al 2019. Ready-to-use therapeutic food (RUTF) for home-based nutritional rehabilitation of severe acute malnutrition in children from six months to five years of age. Cochrane Database of Systematic Reviews. 5.
12. Zannou et al.,2011. Etude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour les enfants en âge de sevrage. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège. 80. 748-758.

Influence de différentes zones agroécologiques sur le rendement du système de riziculture intensive à Faranah/Guinée

BALDÉ M. M^{1*}, malalbaldeisav@gmail.com; **SAMOURA B¹**, bandjousamoura@gmail.com;
BAH H², bahamidou2004@gmail.com; **CAMARA M. M²**, mmcbagna@gmail.com ;
DIALLO D², diallodiawadou@gmail.com.

¹ = Département Vulgarisation agricole – Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah.

² = Département Agriculture – Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah.

*Auteur correspondant : BALDE M. M., malalbaldeisav@gmail.com.

Résumé

L'agriculture durable se pratique à travers une gestion harmonieuse des facteurs de production. Aujourd'hui, le système de riziculture intensive (SRI) constitue une technique permettant au riz d'atteindre son potentiel de production caché par les pratiques inappropriées. L'objectif de cette étude est d'évaluer la réponse du SRI sur différents milieux agroécologiques dans la Préfecture de Faranah. Une variété locale de riz « Diana » a été utilisée. Cinq parcelles installées le même jour avec la même variété dans différents sites ont servi pour l'expérimentation. Dans chaque site, après l'analyse du sol, une parcelle d'observation de 200 m² fut réalisée ; trois aires de calcul identifiées de façon longitudinale pour l'étude des variables. Les sept paramètres biométriques recueillis ont été soumis à l'analyse de variance à travers les logiciels Excel, SPSS version 2020 et les graphiques à l'aide du logiciel Sigma Plot 12.5. Les résultats d'analyse du sol ont présenté trois textures limono-sableuses avec des propriétés agrochimiques différentes, une texture argileuse et une texture limono argilo sableuse. Pour les paramètres biométriques, les résultats révèlent une différence significative entre les sites. Le nombre moyen de grains pleins par panicule a enregistré la plus grande dispersion avec quatre classes. Le nombre moyen de talles et le rendement moyen ont obtenu deux classes. Les plus grands rendements ont été obtenus dans les sites de Dalafilani (11,40t/ha), Magnan Centre (10,55t/ha) ayant une même texture limono-sableuse et Kamakonifé II de texture argileuse (10,20t/ha). Cette recherche a identifié les sites ayant des sols à texture limono-sableuse et argileuse les plus propice au SRI dans les conditions agroécologiques de la Préfecture de Faranah.

MOTS CLES : Riz (*Oryza sativa* L.), riziculture, multi local, système de riziculture intensif, Préfecture de Faranah.

Abstract

Sustainable agriculture is practiced through harmonious management of production factors. Today, the system of intensive rice cultivation (SRI) constitutes a technique allowing rice to reach its production potential hidden by inappropriate practices. The objective of this study is to evaluate the response of the SRI on different agroecological environments in Faranah Prefecture. A local variety of rice "Diana" was used. Five plots installed on the same day with the same variety in different sites which were used for the experiment. In each site, after the soil analysis, an observation plot of 200 m² was created; three calculation areas identified longitudinally for the study of variables. The seven biometric parameters collected were subjected to analysis of variance using Excel, SPSS version 2020 software and graphs using Sigma Plot 12.5 software. The soil analysis results presented three loam-sandy textures with different agrochemical properties, a clayey texture and a loam-clay-sandy texture. For biometric parameters, the results reveal a significant difference between sites. The average number of full grains per panicle recorded the greatest dispersion with four classes. The average number of tillers and average yield obtained two classes. The greatest yields were obtained in the sites of Dalafilani (11.40t/ha), Magnan Center (10.55t/ha) having the same loamy-sandy texture and Kamakonifé II with a clayey texture (10.20t/ha). This research identified sites with loamy-sandy and clayey texture soils most conducive to SRI in the agroecological conditions of Faranah Prefecture.

Keywords: Rice (*Oryza sativa* L.), rice cultivation, multi-local, intensive rice cultivation system, Faranah Prefecture.

1. Introduction

Apparu en 1983 d'une réflexion de Henri de Laulanie, et de jeunes agriculteurs malgaches, le Système de Riziculture Intensive (Serpantié, 2013) est conçu au niveau local avec les paysans. Il préconise une innovation technique basée sur le repiquage en ligne de jeunes plants de riz (8 à 15 jours), avec de faibles densités de repiquage et une gestion adaptée de l'eau et a été classé comme approche agroécologique de la riziculture (Stoop et *al.*, 2002 ; Uphoff, 1999). Ce système se propose d'accroître le rendement sans faire appel à des intrants chimiques, prône une utilisation rationnelle de l'eau et est désormais le modèle le plus prescrit à Madagascar (Serpantié, 2013).

Dans la filière rizicole, l'agro-écologie disposait d'un « créneau vacant de référentiel international », sans travaux dédiés ni compétences particulières, N. Uphoff mobilise en 1999 l'agro-écologie pour une nouvelle interprétation du « miracle » SRI en évoquant l'effet de « synergies agro-écologiques ».

Selon Rakotondramanana, 2018, l'agro-écologie se définit comme étant l'ensemble des approches innovantes et durables qui puisent dans les savoirs de l'agronomie, de l'écologie et des agriculteurs locaux présentant de multiples atouts pour répondre aux défis à venir de l'humanité.

Les internationaux asiatiques et africains du SRI ont mis un accent sur l'intérêt du SRI pour les paysans pauvres en ressources (Stoop et *al.*, 2002). Ces nouvelles qualifications « agro-écologique » et « pro-poor » ont été suivies d'une nouvelle augmentation adaptée aux nouveaux agendas de la productivité de l'eau et de la réduction de l'émission des gaz à effets de serre.

Toutefois, dans le processus d'internationalisation du SRI vers l'Asie, une controverse a éclaté entre les agronomes internationaux proche de l'IRRI (Dobermann, 2004 ; Sheehy et *al.*, 2004 ; Sinclair et Cassman, 2004) aux promoteurs du SRI. Mais cette polémique a eu toutefois très peu d'impact.

La recherche multidimensionnelle du SRI dans d'autres situations notamment dans les régions froides ou chaudes, sur l'intérêt pour la filière « bio » est inachevée. Le SRI peut aussi servir à étudier les rizicultures économes en eau, parallèlement à d'autres modèles qui répondraient aux besoins d'adaptation dans les zones soumises à un retard pluviométrique telles que les Hautes Terres malgaches du Sud (Serpantié, 2017).

Au Sénégal par exemple, les techniques culturales mises en œuvre par les riziculteurs de la basse Casamance sont pratiquement orientées sur leurs savoirs et savoir-faire, observés à travers l'utilisation et la gestion des semences locales, les techniques d'aménagement des rizières et la gestion de la fertilité des sols (Badiane, 2022).

En Guinée, le système de riziculture de bas fond représente 10 % des superficies rizicoles. Les rendements sont entre 1,5 et 2,5 t/ha. Les bas-fonds aménagés donnent jusqu'à 3 t/ha et 8000 ha seulement sont aménagés sur un potentiel aménageable de 42 000 ha. Toutefois, on constate de nombreux abandons de parcelles aménagées après 5 à 10 ans de mise en valeur. Des itinéraires techniques permettant de maintenir le niveau de fertilité de ces espaces restent à vulgariser à plus grande

échelle (Diallo et Subsol, 2004). Eu égard aux potentialités agricoles multidimensionnelles que dispose le pays, cette recherche a été menée et a pour but d'évaluer le SRI dans différentes zones agroécologiques de la Préfecture de Faranah pour promouvoir la durabilité agrosystèmes dans les exploitations rizicoles.

2. Matériels et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Présentation de la zone d'étude

Les Communes rurales de Beindou et de Gnaléah de la Préfecture de Faranah ont servi de zone d'étude. Ces deux communes sont à l'Est de la Préfecture de Faranah et sont limités par la préfecture de Kouroussa. Le District de Sanbouya a abrité trois sites dans le domaine de Kamakonifé aménagé en riziculture irriguée, un site au bas-fond de Mania centre situé à 12 km du chef lieu de la Préfecture et un site au bas-fond de Dalafilani dans la commune rurale de Beindou (Fig. 1). L'agriculture, l'élevage et la chasse sont les principales activités socio-économiques dans ces localités. Les sols des 5 zones sont alluviaux récents fluviaux correspondant au Fluvisols dystriques et leurs caractéristiques physico-chimiques ont été obtenu par analyse (Tab. 1).

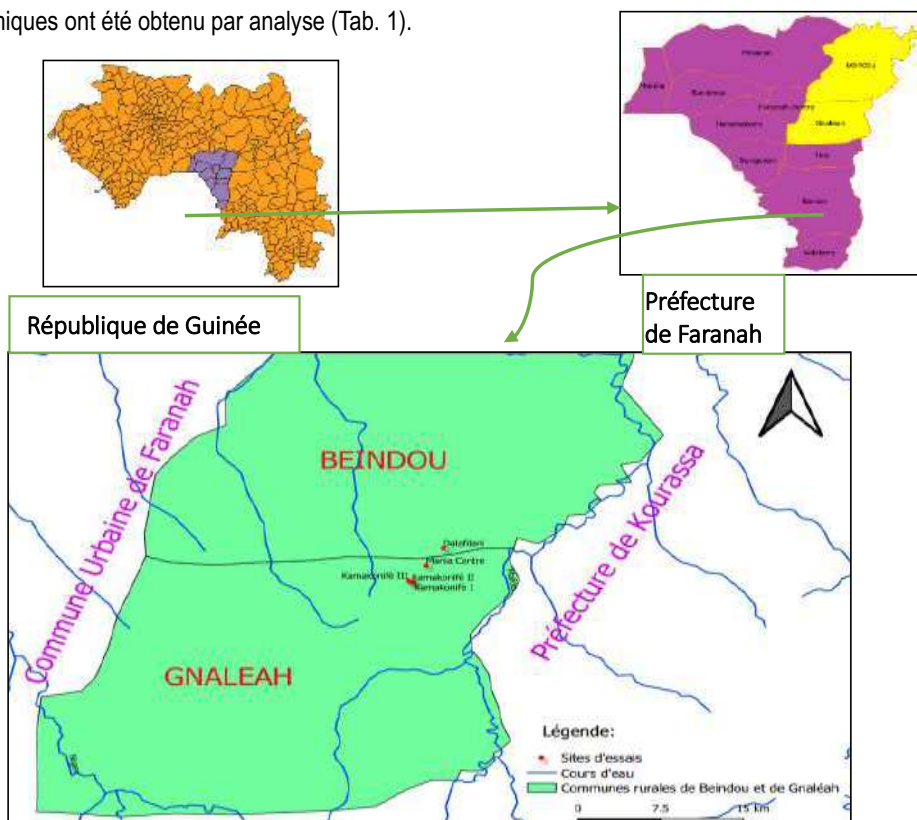


Figure 1 : Carte des Communes rurales de Beindou et de Gnaléah.

2.1.2 Matériel Végétal

La Variété locale de riz de bas-fond « **Diana** » de cinq mois environs, très productive, largement cultivée dans la zone a été utilisée comme semence.

2.2 Méthodes

2.2.1 Zones agroécologiques

Les Cinq **Zones** ont été identifiés par le GPS à travers le géoréférencement des points et le logiciel QGIS a permis de les géolocalisés sur la figure 1. Les coordonnées géographiques des sites se présentent comme suit :

- **Kamakonifè I** : 10°05.546" latitude Nord ; -10°40.798 " longitude Ouest sur une altitude de 432m
- **Kamakonifè II** : 10° 05.555" latitude Nord ; -10° 40. 998" longitude Ouest sur une altitude de 428m.
- **Kamakonifè III** :10°05. 718" latitude Nord ; -10° 41. 285" longitude Ouest sur une altitude de 437m.
- **Mania Centre** : 10°07. 24" latitude Nord ; -10°39. 822" longitude Ouest sur une altitude de 460m
- **Dalafilani** :10°09. 034" latitude Nord ; -10° 38. 396" longitude Ouest sur une altitude de 421m.

Pour chaque zone une superficie de 200m² a été délimitée pour l'emplacement de l'essai.

2.2.2 Conduite expérimentale

Un essai multi local a été installé dans les cinq zones (Kamakonifè I, Kamakonifè II, Kamakonifè III, Mania Centre et Dalafilani), le même jour avec la variété locale de riz de bas-fond « Diana ». Dans chaque zone, après l'analyse du sol physiques et agrochimiques, une parcelle d'observation de 200 m² a été expérimentée en Système de riziculture intensive dont l'itinéraire technique adoptée est définie ainsi qui suit. Sur un sol fertilisé par 10t/ha de compost bien décomposé associé à 75kg d'un engrais minéral 15-15-15 (NPK), des jeunes plants de 10 jours après semis ont été repiqué en ligne avec un écartement de 25 cm x 25 cm entre deux plants. L'urée technique (un engrais minéral de couverture titré à 48% d'azote) a été apportée en deux fraction. Le premier apport est intervenu le 50^{ème} jour après repiquage et le second apport a été appliqué le 80^{ème} jour. Pendant la végétation, trois sarclo-binages d'intervalle d'une semaine a été réalisés après le repiquage. Le cycle végétatif fut obtenu par une étude phénologique de la variété et les conditions climatiques ont été observées à la station agrométéorologique de l'ISAV de Faranah. Trois aires de calcul d'un m² chacune ont été identifiées de façon longitudinale par site pour l'étude de sept variables (hauteur de plants à la récolte, le nombre de talles totale, le nombre de talles fertiles, la longueur des panicules, le nombre de grains par panicule) sur dix échantillons, le poids de mille grains et le rendement. Ces sept paramètres biométriques recueillis ont été soumis à l'analyse de variance à travers les logiciels Excel, SPSS version 2020 et les graphiques à l'aide du logiciel Sigma Plot 12.5.

3. Résultats et Discussion

3.1 Analyses physique et agrochimique du sol

Les résultats des analyses physico-chimiques du sol des différentes zones sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Résultats de l'analyse physique et agrochimique du sol de différents sites

| Zones | Texture | pH _{eau} (*) | MO% (*) | NO ₃ ⁻ mg/kg (**) | P ₂ O ₅ mg/kg (**) | K ₂ O mg/kg (**) |
|----------------|---------|-----------------------|---------|---|--|-----------------------------|
| Kamakonifè I | LaS | 5,8 | 6,00 | 4,8 | 0,22 | 194 |
| Kamakonifè II | A | 4,8 | 2,00 | 4,8 | 0,22 | 194 |
| Kamakonifè III | LS | 5,0 | 3,00 | 4,8 | 0,22 | 190 |
| Mania Centre | LS | 5,5 | 2,00 | 4,8 | 0,22 | 194 |
| Dalafilani | LS | 5,2 | 4,00 | 6,6 | 0,20 | 194 |

Légende : *Analyse faite au SENASOL, **Analyse faite à l'ISAV de Faranah 2019 ;

LaS = Limon argilo-sableuse; **A** = argileuse; **LS** = limono-sableuse.

Du point de vue propriétés physiques, la texture varie selon la position géographique des zones : argileuse pour Kamakonifè II, Limon argilo-sableuse pour Kamakonifè I et limono-sableuse pour les 3 autres sites. Du point de vue agrochimique, le pH du sol des différents sites est légèrement acide, donc non toxique en riziculture. La matière organique du sol est peu élevée tout comme les autres éléments assimilables. Dans les mêmes conditions la fertilisation organo-minérale va améliorer la libération des éléments pour répondre aux besoins nutritionnels du riz au cours du cycle végétatif. Cette disparité des propriétés du sol partage les idéaux de (Badiane, 2022) qui stipule que les différents terroirs choisis sont localisés dans les zones où la riziculture prédomine, à savoir aux alentours des cours d'eau. Il faut noter que chaque zone possède des caractéristiques particulières et sont comparables à ceux de (Tahirou et al., 2022) qui dénotent que les sept zones ont toutes une teneur en N dans la fourchette (0,024-0,126%) et un pH de variant de 5,1- 6,7, qui est considérée comme potentiellement acide. Cependant, Raharison et al. (2016) affirment que les contraintes techniques ou pédoclimatiques dans certaines zones, la conduite des systèmes, l'augmentation des temps de travaux peuvent présenter des obstacles à l'adoption du SRI.

3.2 Observations phénologiques

La variation de la durée des différentes phénophases ainsi que celle du cycle entre les 5 zones apparaissent dans le tableau 2. Le début de chaque phénophase est observé à 10% et la plénitude à 75%.

Tableau 2 : Durées des phénophases en jours après semis (JAS)

| Site | Repiquage | Reprise | | | Tallage | | | Montaison | | | Paniculation | | | Maturation | | | Cycle (jours) |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|----|-----------------|------------------|----|------------------|------------------|----|------------------|------------------|----|---------------|
| | | D | F | d | D | F | d | D | F | d | D | F | d | D | F | d | |
| Kamakonifè I | 10 ^e | 12 ^e | 14 ^e | 3 | 22 ^e | 69 ^e | 48 | 91 ^e | 104 ^e | 14 | 106 ^e | 115 ^e | 10 | 123 ^e | 137 ^e | 15 | 137 |
| Kamakonifè II | 10 ^e | 13 ^e | 16 ^e | 4 | 24 ^e | 70 ^e | 47 | 94 ^e | 105 ^e | 12 | 109 ^e | 119 ^e | 11 | 127 ^e | 142 ^e | 16 | 142 |
| Kamakonifè III | 10 ^e | 12 ^e | 14 ^e | 3 | 22 ^e | 69 ^e | 45 | 91 ^e | 100 ^e | 10 | 110 ^e | 120 ^e | 11 | 130 ^e | 143 ^e | 14 | 143 |
| Magna centre | 10 ^e | 11 ^e | 12 ^e | 2 | 19 ^e | 61 ^e | 43 | 97 ^e | 107 ^e | 11 | 109 ^e | 118 ^e | 10 | 124 ^e | 139 ^e | 16 | 139 |
| Dallafilani | 10 ^e | 12 ^e | 14 ^e | 3 | 19 ^e | 61 ^e | 43 | 95 ^e | 106 ^e | 12 | 108 ^e | 115 ^e | 8 | 121 ^e | 137 ^e | 17 | 137 |

D = début ; F = fin ; d = durée

De ce tableau, il ressort que le repiquage a été fait le même jour (10^{ème} JAS). Sur toutes les phénophases une variation de la durée a été observée entre les zones. Cela a conduit à une obtention des cycle végétatifs différents sur la même variété. Toutefois les sites Kamakonifè I et Dallafilani ont enregistré le cycle le plus court 137 jours. Cela pourrait se justifier par leurs richesses en matière organique respectivement 6,00 et 4,00% et leurs teneurs en azote assimilable respectivement 4,8 et 6,6%.

3.3 Effet des zones agroécologiques sur les paramètres biométriques évalués

La synthèse des résultats statistiques des paramètres biométriques évalués sur l'ensemble des zones agroécologiques se trouve consignée dans le tableau 3.

Tableau 3 : résultats des analyses statistiques

| N° | Paramètres | Moyenne générale | F | Pr ($\alpha \leq 5\%$) |
|----|--------------------------------------|------------------|--------|--------------------------|
| 1 | Hauteur des plants à la récolte | 127,72 (cm) | 52,26 | 0,000*** |
| 2 | Nombre de talles total par touffe | 9,02 | 2,87 | 0,018* |
| 3 | Nombre de talles fertiles par touffe | 8,63 | 6,96 | 0,006** |
| 4 | Longueur des panicule | 21,64 (cm) | 7,14 | 0,006** |
| 5 | Nombre de grains pleins par panicule | 161,93 | 134,70 | 0,000*** |
| 6 | Poids de 1000 grains | 26,86 (g) | 29,63 | 0,000*** |
| 7 | Rendement | 9,7 (t/ha) | 11,40 | 0,001*** |

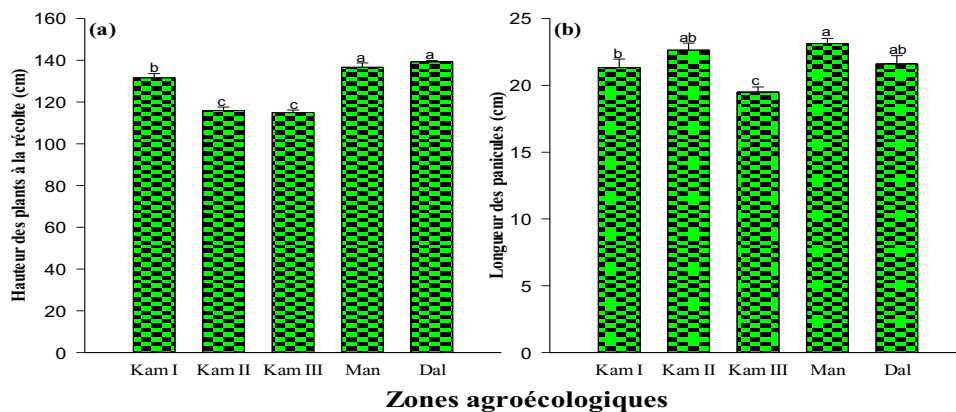
* : significatif ; ** : Hautement significatif ; *** : Très hautement significatif

De ce tableau, l'analyse statistique des sept paramètres montre des effets significatifs entre les cinq zones agroécologiques. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par (Bagayoko et al., 2017) sur l'évaluation de la faisabilité technique du Système de Riziculture Intensive dans cinq localités de l'Office du Niger, selon lesquels les résultats ont varié d'une localité à l'autre ; le poids de 1000 grains se trouve

dans l'intervalle de 23,54 g à 25,25 g et les rendements paddy du SRI varient de 2,2 à 10,7 t/ha. Le nombre de talles est inférieur à celui obtenus par Styger (2009) soit 24,1 talles/poquet en SRI.

3.4 Comparaison des zones agroécologiques

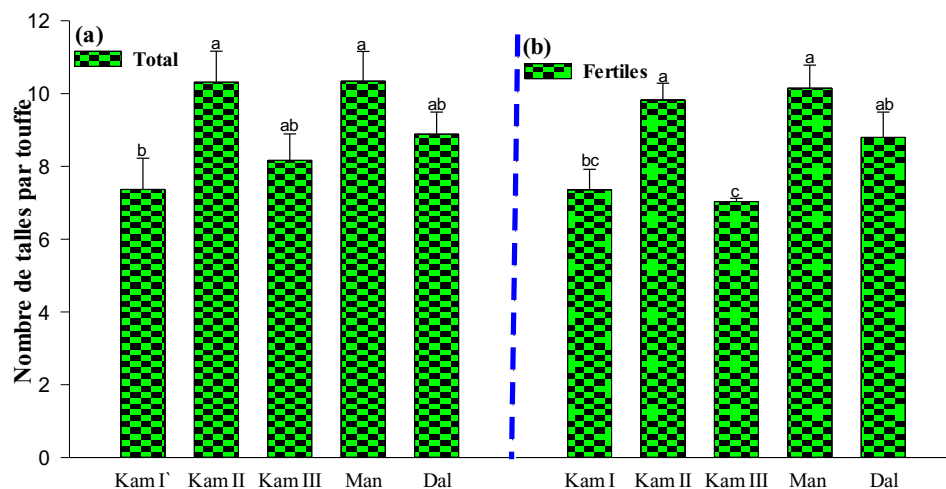
Les figures 2, 3 et 4 montrent les effets des différentes zones agroécologiques sur les paramètres évalués.



Légende : Kam = Kamakonifè ; Man = Magan centre ; Dal = Dallafilani

Figure 2 : Variation de la hauteur des plants et la longueur des panicules

La figure 2 (a) montre que les zones de Dal et de Man ont favorisé plus l'évolution de la hauteur des plants respectivement $139,30 \pm 0,57$ cm et $136,70 \pm 2,06$ cm au cours du cycle végétatif par rapport aux autres zones. Toutefois sur la figure 2 (b), la persistance de la performance de la zone de Man du point de vue longueur des panicules ($23,12 \pm 0,39$ cm) est lisible sans différence significative avec les zones Kam II ($22,64 \pm 0,53$ cm) et Dal ($21,60 \pm 0,63$ cm). Ces variations peuvent être causées par la réserve du sol en potassium et en azote. La hauteur des plants et la longueur des panicules obtenues sur les différentes zones sont comprises dans les intervalles définis par Anonyme (1998) selon lesquels la hauteur en culture sèche varie de 0,5 à 1 m et celle du riz flottant de 5 à 7 m et la longueur de la panicule, plus ou moins large et dense se situe de 20 à 40 cm.

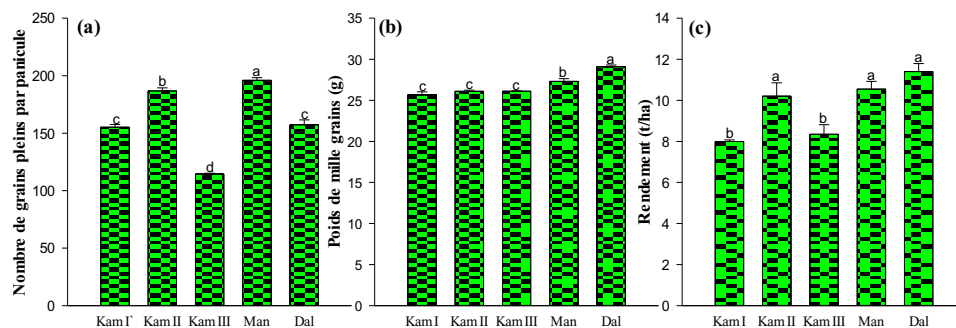


Zones agroécologiques

Légende : Kam = Kamakonifè ; Man = Magan centre ; Dal = Dallafilani

Figure 3 : Variation du nombre de talles total et fertiles par touffe

Ces figures 3 (a) et 3 (b) affichent quasiment les mêmes tendances et il se dessine que les zones de Man et Kam II ont développé le plus grand nombre de talles total et de talles fertiles respectivement ($10,34 \pm 0,82$ et $10,32 \pm 0,85$) pour le nombre total de talles ; ($10,15 \pm 0,63$ et $9,42 \pm 0,45$) pour le nombre de talles fertiles. Cela pourrait être dû à l'équilibre de la dynamique de facteurs de croissance et du développement du riz que ces zones disposent. Ces résultats sont proches de ceux de Sanou et *al.* (2016) qui ont eu un nombre de talles par poquet en SRI de 17 talles à Karfiguéla, 15 talles par poquet à la Vallée du Kou ; par rapport à celui de CTA, (2011) qui affirme que le tallage pour un seul plant peut aller dans l'ordre de 30 talles ou plus ; mais inclus aux valeurs obtenues par (Barry, 2015) le nombre moyen de talles fertiles a varié de 4,95 à 19,33 avec les doses.



Zones agroécologiques

Légende : Kam = Kamakonifè ; Man = Magan centre ; Dal = Dallafilani

Figure 4 : Variation du nombre de grains par panicule, du poids de mille grains et le rendement

Il ressort de la figure 4 (a) que le nombre de grains pleins par panicule enregistré est plus élevé dans la zone de Man ($196,00 \pm 2,33$) et le plus faible a été enregistré par celle de Kam II ($114,40 \pm 0,72$). Au niveau du poids de mille grains (figure 4 (b)), la zone de Dal ($29,09 \pm 0,21$) a été meilleure suivie de Man ($27,31 \pm 0,33$) et les trois autres occupent la même classe. Par ailleurs, la figure 4 (c) donne le meilleur rendement aux zones Dal ($11,40 \pm 0,39$ t/ha), Man ($10,55 \pm 0,38$) et Kam II ($10,20 \pm 0,65$). Les rendements sur toutes les zones dépassent celui obtenu par (Belem et Oscar, 2013) qui ont obtenu 7 t/ha pour les premiers essais de SRI au Burkina Faso réalisés en 2006 sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou et celui de (Barry, 2015) sur la variété Tog 6080 avec le traitement D240 (6,9 t/ha). Le nombre de grains par panicule est similaire à celui trouvé par Baldé (2014) se situant entre 180,7 à 231,4.

4. Conclusion

Cette étude de la réaction des différentes zones agroécologiques au rendement en système de riziculture intensif dans la préfecture de Faranah (Guinée) a abouti à la conclusion suivante. Le sol des différentes zones agroécologiques ayant servi d'essais présente des propriétés physico-chimiques différentes. Cependant, les conditions édapho-climatiques ont été favorables dans toutes les zones. Le cycle végétatif et les paramètres biométriques évalués y compris le rendement ont varié d'une zone à une autre. Les zones agroécologiques de Dallafilani, Magna centre et de Kamakonifè II ont enregistré les meilleurs rendements respectivement $11,40 \pm 0,39$ t/ha, $10,55 \pm 0,38$ t/ha et $10,20 \pm 0,65$ t/ha. Ces trois zones présentent ainsi des caractéristiques agroécologiques répondant mieux à l'expression du potentiel de production du riz en système de riziculture intensive.

5. Références bibliographiques

1. Anonyme 1998. Mémento de l'agronome, Maisonneuve et la rose Paris-France 535p.
2. Badiane A., 2022. Changement climatique et riziculture : savoirs et stratégies des paysans de Basse-Casamance pour une transition agroécologique. Thèse doctorale. Université Assane Seck de Ziguinchor. Spécialité : Géographie, Environnement, Agriculture et Risques. Sénégal 389 p.
3. Bagayoko M., Traore G., Samake O., 2017. Variabilité spatiale des rendements du riz en système de riziculture intensive (SRI) en zone office du Niger Au Mali. *Agronomie Africaine Sp.* 29 (2) : 137 – 147. P11.
4. Baldé M., 2014. Evaluation de la productivité du riz en systèmes de riziculture intensif et traditionnel : cas des variétés L₈, NL₂₄ et Oguénéca. Mémoire de Master en ADGRE ISAV/F.CU. Faranah/République de Guinée p54.
5. Barry M. L., 2015. Criblage agro-physiologique des variétés de riz (28) en conditions de toxicité ferreuse sous différentes doses de silice dans les bas-fonds rizicoles en guinée Conakry. Université de Ouagadougou Mémoire de Master professionnel en sélection et valorisation des ressources phyto-génétiques (MP/SVRPG).
6. Belem P, Oscar A. 2013. Burkina Faso : la formation aux méthodes SRI améliore le quotidien des paysans de Bama. *AGRIDAPE*, 29(1): 06–08.

7. CTA, 2011. Système de riziculture intensive (SRI) collecte guides pratique du CTA n° 17. Publication technique <http://publications.cta.int/>
8. Diallo T. A. et Subsol S., 2004. Note de capitalisation sur la filière riz en Guinée. Service suivi-évaluation information communication. Projet de dynamisation des filières vivrières. Ministère de l'agriculture et de l'élevage Bureau central des études et de la planification agricole Guinée. 28p.
9. Dobermann A., 2004, A critical assessment of the system of rice intensification (SRI) », *Agricultural Systems*, 79 : 261-281.
10. Raharison T. Rasolomanjaka J., Razaka M. Rakotondramanana. 2016. Rapport de Capitalisation Projet d'appui Nationale A L'agro-Ecologie GSDM. Min Agri-Repoblikan'I Madagasikara CMG AFD 60110.1.K 126p.
11. Rakotondramanana, 2018 *Journal de l'Agro-Ecologie*. GSDM. Trimestrielle - Edition N° 04 - Janvier à Mars 2018. 24p.
12. Sanou A. G., Dembele K. D., Ouedraogo I. et Dakouo D. 2016. Problématique de mise en œuvre du système de riziculture intensif dans les périmètres rizicoles irrigués de Karfiguéla et de la vallée du Kou au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(6): 2693-2709. <http://www.ifgdg.org>
13. Serpantié G., 2017. Le système de riziculture intensive ou « SRI » à Madagascar Entre légende urbaine et innovation rurale. Mythes sociotechniques et développement. *Anthropologie & développement*. journals.openedition.org/anthropodev/588 ; DOI : 10.4000/anthropodev.588. 67-99p.
14. Serpantié, G. 2013. Genèse malgache d'un modèle agroécologique : Le système de riziculture intensive (SRI). *Cahiers Agricultures*, vol. 22, n °5, p. 393-400. <https://doi.org/10.1684/agr.2013.0659>
15. Sheehy J.E., Peng S., Dobermann A., Mitchell P.L., Ferrer A., Yang J., Zou Y., Zhong X., Huang J., 2004, « Fantastic yields in the systems of rice intensification: fact or fallacy? », *Field Crop Research*, 88 : 1-8p.
16. Sinclair T.R., Cassman K.G., 2004, « Agronomic UFOs », *Field Crop Research*, 88(1) : 9-10
17. Stoop, W. A., Uphoff, N., & Kassam, A. 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: Opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. *Agricultural Systems*, vol. 71 n °3, 249-274. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00070-1)
18. Styger E., Attaher M. A., Guindo H., Ibrahim H., Abba I., Diaty M., Traore M. et Mahamar M. S. 2009. Fiche Technique pour le Système de Riziculture Intensive (SRI) à Tombouctou, Mali Secteur de l'Agriculture de Goundam. africare@africaremali.net 27p.
19. Tahirou S., Zerbo P., Ouattara S. et Ado M. N., 2022. Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole de Saga (Niamey) dans la vallée du fleuve Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16(2): 842-854. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). <http://www.ifgdg.org>.
20. Uphoff, N. 1999. Agroecological Implications of the System of Rice Intensification (SRI) in Madagascar. *Environment, Development and Sustainability*, vol. 1, n°3, p. 297-313. <https://doi.org/10.1023/A:1010043325776>.

Diversité des morphotypes de *Hibiscus sabdariffa* L produits au Bénin

Auteur Principal : Ayidego Crépin Ebed HOUENOU, (Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Physiologie, Phytotechnie et d'Amélioration Génétique des Espèces Végétales (PAGEV), Email : ebedhouenou@gmail.com),

Mahucklo Céphas HOUNSOU (Université d'Abomey-Calavi , Laboratoire de Physiologie, Phytotechnie et d'Amélioration Génétique des Espèces Végétales (PAGEV), Tél : 00229 97001554, Email : cephashounsou@gmail.com),

Dévi Emilienne ASSEA (Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Physiologie, Phytotechnie et d'Amélioration Génétique des Espèces Végétales (PAGEV), Tél : 00229 97846365, Email : emilienne.asea@gmail.com)

Florent Jean-Baptiste QUENUM (Laboratoire de Physiologie, Phytotechnie et d'Amélioration Génétique des Espèces Végétales (PAGEV), Tél : 00229 97602098, Email : quenumfl@yahoo.com)

Résumé

L'insuffisance d'informations sur la variabilité génétique et les traits morphologiques associés, constituent l'une des contraintes limitant la production de certaines espèces négligées au Bénin. *Hibiscus sabdariffa* L. couramment appelé bissap est l'une des cultures décriées, dont le potentiel de production et de commercialisation n'est point à négligé. L'objectif de notre étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la variabilité génétique de l'espèce produite au Bénin. Spécifiquement il s'est agi (i) d'identifier les différents morphotypes du bissap, (ii) d'évaluer les caractéristiques morphologiques et la fréquence d'apparition des différents morphotypes en plein champ et enfin (iii) d'évaluer le rendement de ces derniers. Pour ce faire des enquêtes et études diagnostiques en plein champ ont été conduites dans le département du Zou, auprès de 37 producteurs de bissap, situés dans la commune de Djidja. Les données collectées comprenaient les caractéristiques socio-économiques des producteurs, la couleur de la tige et des feuilles, la couleur du pétiole et des nervures, la couleur du pétale et des étamines, la couleur du sépale et des calices la forme des calices, le nombre de fruits (NF), le poids de 100 graines, la fréquence d'apparition et de recouvrement par parcelle. Les différentes données quantitatives ont été soumises à une analyse de variances. Par ailleurs, les données qualitatives (morphologiques) ont été décrites et évaluées par une analyse des correspondances multiples (ACM) suivie d'une classification hiérarchique ascendante (CAH). Des résultats obtenus, douze (12) différents morphotypes sur la base des traits qualitatifs ont été identifiés. Le morphotype M6, présentait des fréquences d'abondance et d'apparition, un nombre de calices récoltés et de poids moyen significativement élevées comparés aux autres types de morphotypes ($p < 0,05$). Par ailleurs quel que soit le type de morphotype, aucune différence significative n'a été notée au niveau du poids de 100 graines. Ces différents résultats indiquent qu'il existe un stock de variabilité génétique qui peut être exploité pour l'amélioration du bissap au Bénin.

Mots-clés : Bissap, variabilité génétique, morphotypes, Bénin

Abstract

Lack of information on genetic variability and associated morphological traits is one of the constraints limiting production of some neglected species in Benin. *Hibiscus sabdariffa* L., also known as bissap, is one of these crops whose production and marketing potential should not be overlooked. The aim of our study is to contribute to a better understanding of the genetic variability of the species produced in Benin. Specifically, we aimed to (i) identify the different morphotypes of bissap, (ii) evaluate the morphological characteristics and frequency of appearance of the different morphotypes in the field, and (iii) assess their yield. To achieve this, field surveys and diagnostic studies were carried out in the Zou department, among thirty-seven bissap producers located in the commune of Djidja. Data collected included the socio-economic characteristics of the farmers, stem and leaf color, petiole and vein color, petal and stamen color, sepal and calyx color, calyx shape, number of fruits (NF), weight of 100 seeds, frequency of appearance and recovery per plot. The various quantitative data were analyzed using ANOVA. Qualitative (morphological) data were described and evaluated by multiple correspondence analysis (MCA) and hierarchical ascending classification (HAC). The results revealed twelve (12) different morphotypes

based on qualitative traits. Morphotype M6 had significantly higher frequencies of abundance and occurrence, number of calyxes harvested and average weight than the other morphotypes ($p < 0.05$). No significant difference was noted in 100-seed weight for any morphotype type. These results indicate the existence of a stock of genetic variability that can be exploited for the improvement of bissap in Benin.

Keywords: Bissap, genetic variability, morphotypes, Benin

Introduction

Hibiscus sabdariffa L. couramment appelé bissap est une légume feuille appartenant à la famille des Malvacées, originaire d'Afrique de l'Ouest et largement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales du monde entier (Ouangraoua et al., 2021 ; Alassi et al., 2017 ; Adjatin, 2006; Faladé, 2007 ; Dansi et al., 2008). Elle se présente comme une plante industrielle à multiple vertus médicinales et alimentaires. En effet, le bissap est riche en composés phénoliques, en anthocyanes et en vitamines, ce qui lui confère des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti hypertensives (Mahadevan et al., 2009 ; Philpott et al., 2004 ; Amin et al., 2008 ; Cissé et al., 2009 ; Da-Costa-Rocha et al., 2014). Les fibres de la plante sont utilisées en association avec d'autres fibres pour la production des sacs et des cordes (Ahmed et Salaheldeen, 2010, Ouangraoua et al., 2022).

Malgré que toutes les parties de la plante soient utilisées, les calices représentent la principale partie la plus valorisée. Sa production est estimée à plus de 65000 tonnes de calices commercialisés dans le monde (FAOSTAT, 2021). Au Bénin, Ils sont utilisés pour la préparation de jus, du thé, de confitures, de vin et des colorants alimentaires (Alassi et al., 2017 ; Ross, 2003). Ils représentent une source peu coûteuse et facilement disponible de vitamine C, pouvant être utilisée dans l'alimentation et la santé (Amin et al., 2008). Bien que la culture de cette plante soit plus ou moins répandue dans la région, la diversité des morphotypes de *bissap* produites reste très peu étudiée. En effet, elle présente une grande variabilité phénotypique, notamment en termes de taille, de forme et de couleur des feuilles et des fleurs

(Alassi, et al., 2017 ; Ouangraoua et al., 2022). La variabilité morphologique de l'espèce produite et consommée, peut affecter, le rendement et leur valeur économique. Elle limite également l'amélioration du matériel végétal de l'espèce, la sélection et la conservation des ressources génétiques locales (Pernes, 1983 ; Achigan-Dako et al., 2010). Les études récentes satisfaisantes sur la diversité génétique de la culture au Niger (Bakasso et al., 2013), en Inde (Sharma et al., 2016) et au Ghana (Tetteh et al., 2019), contrairement au Bénin, les études se sont limitées à quelques classes de morphotypes décrites et non vulgarisés (Alassi et al., 2017).

L'objectif de cette étude était d'évaluer la diversité des morphotypes de *bissap* produites dans différentes régions du Bénin en utilisant une approche morphométrique.

Milieu d'étude.

L'étude a été conduite en milieu paysan dans le département du Zou (figure 1) précisément dans la zone agroécologique du Pôle de Développement Agricole 5 de la commune de Djidja (PDA5). Cette zone représente une zone de diversification de la production agricole, propice au développement de la culture du bissap. Les sols

du département du Zou sont de type ferrallitique, argilo-sableux, fortement dégradés mais très bien drainés à faible capacité de rétention (INSAE, 2013). Cette région, couramment désignée comme le grenier du Zou, jouit d'un climat de transition entre le type subéquatorial et le type soudano-guinéen. Les précipitations annuelles moyennes varient entre 900 mm et 1400 mm avec une répartition inégale des pluies. La végétation est de type savane arborée dégradée, propice à la culture du bissap.

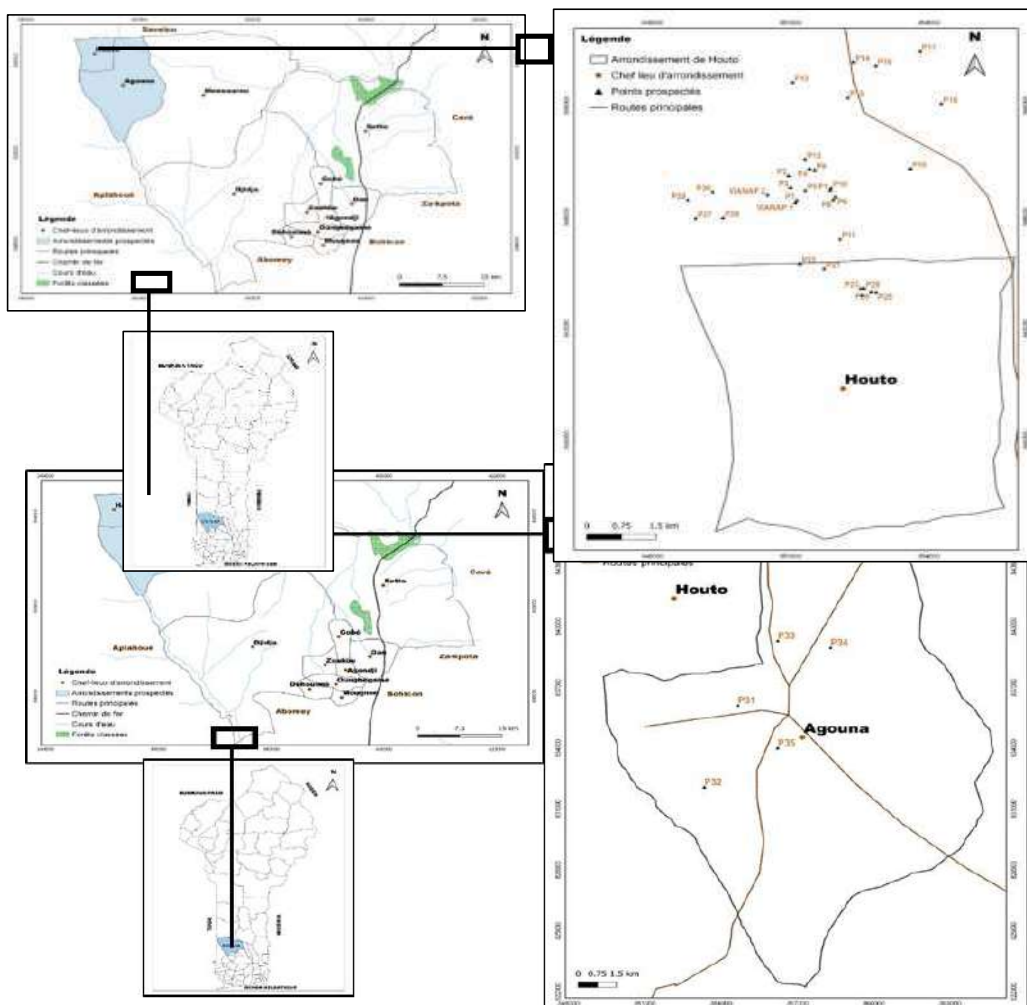


Figure 2: Localisation et cartographie des sites des producteurs retenus pour l'étude de diagnostic et d'identification des morphotypes du bissap.

Matériels et méthodes

L'étude a été conduite en trois phases : une première phase de pré-enquête longitudinale de Janvier à Février 2022 grâce à des interviews semi-structurées, a permis d'identifier et de sélectionner trente-sept producteurs de bissap. La seconde phase a consisté à la collecte des données socio-économiques des producteurs et l'identification des sites de production. Enfin au cours de la troisième phase, la diversité des morphotypes

Hibiscus sabdariffa a été déterminée en plein champ sur la base des diagnostics courant la période de septembre à décembre 2022 et a permis de collecter les données morphologiques et des rendements des différents morphotypes identifiés. Le diagnostic a été effectué sur la base de la couleur de la tige et des feuilles, la couleur du pétiole et des nervures, la couleur du pétale et des étamines, la couleur du sépale et des calices la forme des calices (Alassi *et al.*, 2017). Par ailleurs, sur chaque site, des carrées d'observation de 25m x 25 m ont été délimités et ont servi de dispositif pour l'évaluation des fréquences d'apparition (FA) et de recouvrement (FR) des différents morphotypes. La méthodologie modifiée d'Ahanchédé et Gasquez (1995) a été utilisée pour apprécier la fréquence de recouvrement. Elle a consisté à tracer deux diagonales, D1 et D2 au sein de chaque parcelle et à recenser à chaque écartement de 20 cm (à l'aide d'une règle graduée) la présence ou non de ou des morphotypes précédemment répertoriées sur la parcelle. Par ailleurs le taux de recouvrement a été évalué sur cinq (05) carrés de densités de 5m x 5m disposés suivant les deux diagonales des sites choisis pour l'étude. Le rendement en nombre de calices par morphotype a été évalué sur 05 plants choisis au hasard au niveau des carrée de densités.

Les données collectées ont été traitées à l'aide du logiciel Excel 2010 et la carte de la zone de l'étude a été élaborée grâce au logiciel Arcgis.10. Les valeurs moyennes et les tests statistiques appropriés (ANOVA /Kuskal-Wallis) ont été déterminés pour les différents types de morphotype. Cette analyse a été complétée par une Analyse en Composantes Principales (ACP) pour identifier les traits morphologiques discriminants en utilisant le logiciel R. Les variables qualitatives collectées ont servi à décrire les différents groupes de phénotypes obtenus.

Fréquence d'apparition (FA) : Somme du nombre de fois le morphotype a été présente / Nombre total de graduations

Fréquence de recouvrement (FR) : Nombre de plants par morphotype/ Nombre de plants total

Résultats et discussions

Caractéristiques socio-démographiques des producteurs

Les caractéristiques socio-démographiques des producteurs de bissap. ont été présentées dans le tableau N°1. . Au total, trente-sept sites des producteurs de bissap, répertoriés dans sept (07) villages (Houto centre, Sankpiti, Awanou, Djidja, Aklinmè, Tchiè, Assagba) des arrondissements de Houto et d'Agouna, dont douze (12) femmes ont servi à l'étude diagnostic d'identification des morphotypes. Les producteurs (rices) ayant participé à l'étude avaient en moyenne plus de 40ans, quel que soit le type d'arrondissement avec une expérience dans la production du bissap comprise entre 5 et 8 ans, dans les arrondissements d'Agouna et de Houto respectivement. Les producteurs d'Agouna emblavaient moins de superficie (0,38 ha) significativement différent, comparé à ceux des producteurs de Houto, dont la superficie moyenne est comprise entre 1,03 ha. Le niveau d'éducation noté était relativement le même entre les deux arrondissements. Les différences significatives observées au niveau de la superficie s'expliquerait par la promotion du bissap au sein de l'arrondissement de houto par une ONG

locale. Par ailleurs en ce qui concerne l'appartenance à un groupement, le nombre de producteurs recensé dans l'arrondissement de Houto était significativement supérieur à celui de l'arrondissement d'Agouna.

Tableau 1. Caractéristique sociodémographiques des producteurs de bissap par arrondissement

| Caractéristiques | Arrondissements | | |
|---|-----------------|-------|--------------|
| | Agouna | Houto | Test-t/ Khi2 |
| Age | 43,63 | 45,53 | 0,23 |
| Expérience dans la production du bissap | 5,18 | 8,60 | 1,37 |
| Superficie emblavée pour la culture du bissap | 0,38 | 1,03 | 2,21** |
| Appartenance à un groupement (%oui) | 5 | 15 | 14,12** |
| Niveau d'éducation (%) | Aucun | 30,43 | 38,88 |
| | Primaire | 43,47 | 33,33 |
| | Secondaire | 26,08 | 27,77 |

Morphotypes de bissap identifiés

Douze différents morphotypes de bissap ont été identifiés sur la base des variables qualitatives (figure 2). Les morphotypes présentés par la figure 2, se différencient entre autre selon les traits morphologiques allant de la couleur des feuilles, des nervures, des calices. Etc. Par ailleurs les morphotypes M1 et M8, plus ou moins identiques, présentaient des différenciations par la présence (M8) ou non (M1) des épines sur les tiges et les feuilles. Aussi, le limbe du morphotype M1 est palmé tandis que celui du M8 est digité.

Fréquence d'apparition et de recouvrement des morphotypes de bissap identifiés

Le test de normalité de Ryan Joiner sur les données relatives aux recouvrements et celles relatives à l'apparition des espèces a indiqué que chacune de ces données ne suivait pas la loi distribution normale, ce qui nous avait conduit à opter pour l'alternative non paramétrique, le test de kruskall Wallis. Le tableau 2 présente les résultats de ces tests indiquant la comparaison des morphotypes en termes de fréquence d'apparition et de recouvrement. Les résultats du tableau indiquent qu'il y a une différence significative entre les différents morphotypes en terme de fréquence d'apparition (p-value <0,05) et de fréquence de recouvrement (p-value <0,05).

Tableau 2 : Comparaison des morphotypes de bissap en termes de fréquence d'apparition et de recouvrement

| Mesures | Degré de liberté | P-value |
|---------------------------|------------------|-----------|
| Fréquence d'apparition | 11 | < 2,2e-16 |
| Fréquence de recouvrement | 11 | < 2,2e-16 |



M1

M2

M3



ge 1

M7



M8

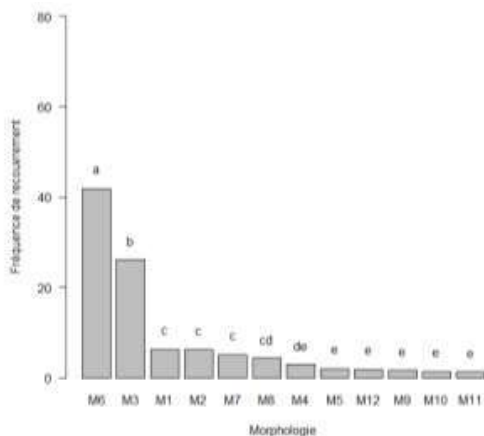
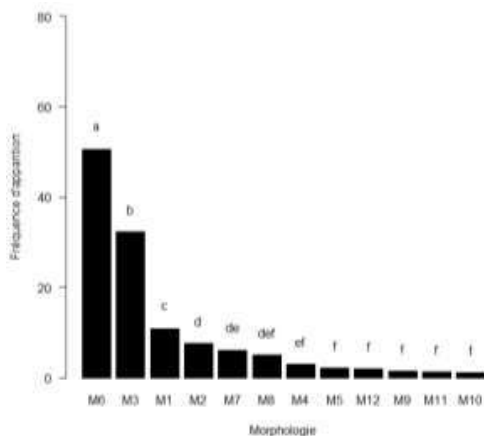


M9



Figure 3 : Différents morphotypes de bissap identifiés (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11 et M12)

Les figures 3 et 4 suivantes montrent la comparaison des morphotypes en termes de fréquence d'apparition et de recouvrement. L'analyse de la figure révèle que les espèces de bissap ayant un morphotype de type M6, sont non seulement plus nombreuses en termes de fréquence d'apparition mais aussi elles recouvrent



plus le sol en culture par rapport aux autres morphotypes.

Figure 4 : Fréquence d'apparition et de recouvrement

Figure 5 : Fréquence de

Classification des différents morphotypes de bissap

Les valeurs propres obtenues à partir de l'analyse factorielle des correspondances ont révélé qu'avec les trois (03) premiers axes, on contrôle environ 50% de l'information. L'axe 1 exprime 17,76% de la variance totale, l'axe 2 exprime 16,55% et l'axe 3 exprime 15, 7%. Cela nous a amené à donc retenir les trois premiers axes.

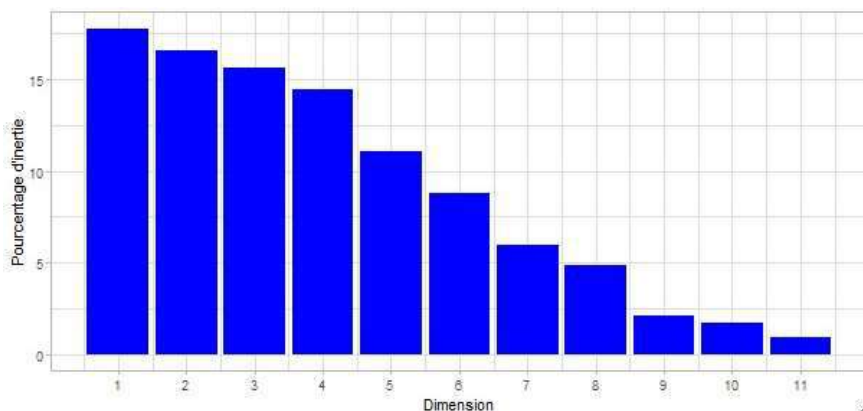


Figure 6 : Pourcentage de variance expliquée par les axes

Identification des groupes de morphotype

Afin de procéder à la classification hiérarchique des stratégies d'adaptation, un indice de niveau initial comprenant trois (03) classes distinctes a été utilisé. Les résultats de regroupement des variables sont fortement influencés par la méthode de liaison et la mesure de distance choisies.

Grâce à cette Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), quatre (04) groupes de morphotype qui se distinguent par des caractères appropriés a été identifié au sein des morphotypes de bissap, comme illustré dans la Figure suivante.

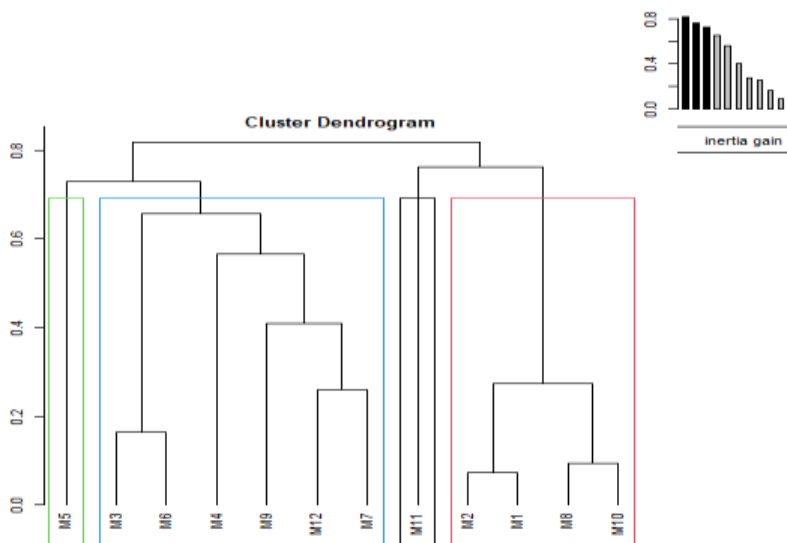


Figure 7 : Arbre hiérarchique

La figure 6 montre la représentation graphique du regroupement des morphotypes des espèces de bissap en fonction des caractères distinctifs et leurs projections sur les deux premières dimensions du plan factoriel. De cette figure on observe quatre (04) groupes des morphotypes repartis de façon hétérogène. Les caractéristiques générales de chacune des classes de morphotype en fonction des différents caractères se présentent comme suit:

La classe 1 est composée uniquement des espèces de bissap présentant un morphotype de type M11.

La classe 2 est composée des espèces caractérisées par la prédominance des morphotypes de type M1, M2, M8 et M10.

La classe 3 est composée des espèces de bissap présentant un morphotype de type M5.

La classe 4 est composée des espèces caractérisées par la prédominance des morphotypes de type M3, M4, M6, M9, M12 et M7.

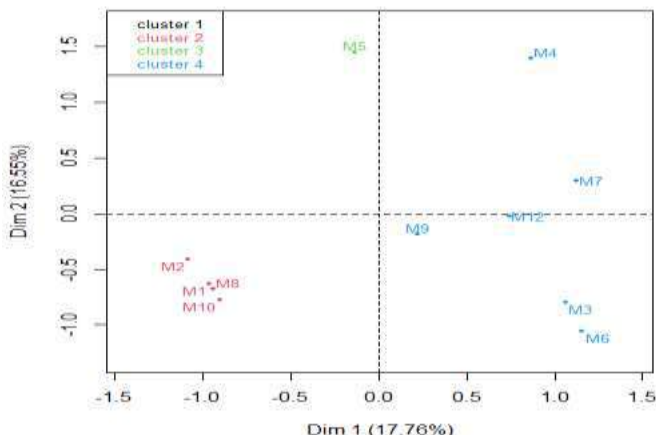


Figure 8 : Classification Ascendante Hiérarchique des morphotypes des espèces de bissap

différentes classes de morphotype des espèces de bissap

Le tableau 3 présente les caractères discriminants pour les différentes classes de morphotype de bissap. Les morphotypes de bissap de la classe 1 et de la classe 3 ne présentent aucune caractéristique spécifique, ce qui pourrait signifier que ces classes seraient caractérisées par la présence de tous les caractères distinctifs par rapport aux autres. Les caractéristiques discriminantes pour la Classe 2 sont la Couleur calice (Verte), Couleur pistil (Jaune), Couleur pétale (Jaune claire), Couleur Feuille (Verte claire), et Couleur veine (Verte claire). Par ailleurs les morphotypes de cette classe ont une forte valeur pour ces caractères (3,087), ce qui pourrait être lié à la différence entre les classes. Cependant il y a une différence significative entre les caractères de ce groupe (p-value < 0,05). Les caractéristiques discriminantes pour la Classe 4 sont la Couleur pistil (Jaune foncé), Couleur pétale (Rose foncé), Couleur calice (rouge), Couleur pistil (Jaune), Couleur pétale (Jaune claire), et Couleur feuille (Verte claire). Les morphotypes de cette classe ont de valeurs positives pour les trois premiers caractères (Couleur pistil (Jaune foncé), Couleur pétale (Rose foncé), Couleur calice (rouge)) mais négatives pour les trois derniers (Couleur pistil (Jaune), Couleur pétale (Jaune claire), et Couleur feuille (Verte claire)) indiquant une différence significative entre la présence de ces caractéristiques dans la Classe 4. La fréquence d'apparition moyenne de ces caractères est élevée pour chacun de ces caractères par rapport à leur moyenne générale, ce qui signifie que ces caractères prédominent dans cette classe par rapport aux autres. Cependant, il y a une différence significative entre les caractères de ce groupe (p-value < 0,05).

Tableau 3: Caractères discriminants les différentes morphotypes des espèces de bissap identifiés

| Groupes | Caractéristiques | V.test | Moyenne en catégorie | Moyenne générale | P.value |
|----------|-------------------------------|--------|----------------------|------------------|---------|
| Classe 1 | - | - | - | - | - |
| | Couleur calice (Verte) | 3,087 | 100 | 33,33 | 0,002** |
| Classe 2 | Couleur pistil (Jaune) | 3,087 | 100 | 33,33 | 0,002** |
| | Couleur pétale (Jaune claire) | 3,087 | 100 | 33,33 | 0,002** |

| | | | | | |
|----------|--------------------------------|--------|-------|-------|---------|
| | Couleur Feuille (Verte claire) | 3,087 | 100 | 33,33 | 0,002** |
| | Couleur veine (Verte claire) | 3,087 | 75 | 25,00 | 0,018* |
| Classe 3 | - | - | - | - | - |
| | Couleur pistil (Jaune foncé) | 2,670 | 83,33 | 41,67 | 0,008** |
| | Couleur pétale (Rose foncé) | 2,166 | 66,66 | 33,33 | 0,030* |
| Classe 4 | Couleur calice (Verte) | -2,166 | 0,00 | 33,33 | 0,030* |
| | Couleur pistil (Jaune) | -2,166 | 0,00 | 33,33 | 0,030* |
| | Couleur pétale (Jaune claire) | -2,166 | 0,00 | 33,33 | 0,030* |
| | Couleur feuille (Verte claire) | -2,166 | 0,00 | 33,33 | 0,030* |

Paramètre de rendement

Effet de la morphotype sur le poids de 100 graines et le poids moyen des calices frais

Quel que soit le types de morphotypes, aucune différence significative n'a été notée entre le poids moyen de 100 graines et celui des calices récoltés (tableau 4). Ce résultat met en exergue la difficulté de différenciation des différents morphotypes.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de variance

| Mesure | Degré de liberté | P_Value |
|---------------------------|------------------|-----------|
| Fréquence d'apparition | 11 | < 2,2e-16 |
| Fréquence de recouvrement | 11 | < 2,2e-16 |

Effet de la morphotype sur le nombre de calices récoltés

Un modèle poisson a été utilisé pour évaluer l'effet des morphotypes sur le nombre de calices récoltés chez les espèces *Hibiscus sabdariffa* L. étudiées. Les résultats indiquent que certains morphotypes spécifiques ont un effet significatif sur le nombre de calices récoltés, tandis que d'autres n'ont pas d'effet significatif. Les variables des morphotypes M10, M11, M12, M4, M5, M6, M7, M8 et M9 montrent une influence significative sur le nombre de calices récoltés. Cependant, les variables M2 et M3 n'ont pas été significativement associées au nombre de calices récoltés. Ces résultats fournissent des informations précieuses pour comprendre la relation entre les caractéristiques morphologiques et la récolte de calices, ce qui pourrait contribuer à améliorer la production et la gestion des espèces de bissapétudiées.

Tableau 5: Résultats du modèle

| Morphotype | Estimation | Erreur Standard | Z-test | P-value |
|------------|------------|-----------------|--------|---------------|
| Intercept | 3,26767 | 0,09759 | 33,484 | < 2,00e-16*** |
| M10 | 0,68837 | 0,11962 | 5,755 | 8,68e-09*** |
| M11 | 0,90287 | 0,11569 | 7,804 | 6,00e-15*** |
| M12 | 0,80136 | 0,11746 | 6,822 | 8,96e-12*** |
| M2 | 0,12516 | 0,13389 | 0,935 | 0,35 |
| M3 | -0,18805 | 0,14498 | -1,297 | 0,195 |
| M4 | 0,30187 | 0,12871 | 2,345 | 0,019* |
| M5 | 0,88337 | 0,11602 | 7,614 | 2,66e-14*** |
| M6 | 0,69315 | 0,11952 | 5,799 | 6,66e-09*** |
| M7 | 0,79708 | 0,11754 | 6,781 | 1,19e-11*** |
| M8 | 0,71668 | 0,11906 | 6,02 | 1,75e-09*** |
| M9 | 0,82668 | 0,11701 | 7,065 | 1,60e-12*** |

Discussions

Plus de 500 espèces de bissap (*Hibiscus Sabdariffa* L.) sont connues dans le monde et se rencontrent à la fois dans les régions tropicales et subtropicales. La région du sud Bénin regorge en son sein une grande variabilité de morphotype de bissap produite et commercialisé. L'étude a permis de recenser et d'identifier douze (12) morphotypes chez trente-sept (37) producteurs. Ces résultats permettent de confirmer l'existence de pool de gènes plus ou moins non négligeables au Bénin (Alassi *et al.*, 2017) comparativement à d'autres régions (Ankrah *et al.*, 2018). En général, plusieurs résultats ont montré des variations des morphotypes des plants de bissap à travers le monde sur la base des composantes de la plante (Sharma *et al.*, 2016 ; Tetteh *et al.*, 2019).

Les fréquences d'apparition et de recouvrement des morphotypes dans les systèmes de production montrent une certaine prédominance de certains morphotypes. En effet d'après les informations recensées, le morphotype M6 prédomine tous les autres avec des fréquences de recouvrement et d'apparition supérieures à 40%. Ces résultats pourraient s'expliquer par la couleur des calices et des traits agronomiques intéressants adaptés à l'environnement de production. En effet d'après Alassi *et al.* (2017), les morphotypes de calices rouges étaient essentiellement utilisés pour la préparation du jus de bissap surtout au Sud-Bénin tandis que les types blancs servaient comme légume-fleur au Centre-Bénin. Selon Houenou *et al.* (2020), la prédominance d'un cultivar corrobore avec les critères de choix préférentiels et les paramètres phénologiques, agromorphologiques et organoleptiques associés.

Par ailleurs, sur la base des caractères distincts, quatre classes de bissap ont été identifiées grâce à la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). La classe 1 est composée uniquement du morphotype de type M11 présentant des feuilles plus ou moins ovale et dont les calices sont verts avec des traits rouges longitudinaux. La classe 2, regroupe les morphotypes de types M1, M2, M8 et M10 dont les calices sont verts.

Tandis que la classe 3 est composé uniquement du morphotype M5 ayant des sépales à la fois rouge clair et vert. Enfin la classe 4, regroupant 50% des morphotypes identifiés (M3, M4, M6 et M7, M9 et M12) présentait des calices rouge foncé à rose. Les différents résultats confirment l'existence d'une variabilité génétique au Bénin déjà révélé par certains auteurs (Alassi et al., 2017 ; Dansi et al., 2008). Elle témoigne aussi de l'importance des traits morphologiques accordés aux morphotypes présentant des calices de couleur rouge. Cependant des analyses moléculaires sont plus que nécessaires pour confirmer cette diversité variétale. S'agissant des paramètres de rendements, les morphotypes n'ont pas été significativement associés au nombre de calices récoltés, pouvant se justifier par leurs traits morphologiques, mais aussi les conditions inhérentes à la production qui ne sont pas prises en compte dans notre étude.

Conclusion

La zone agroécologique de Djidja, présente une variabilité de morphotype de bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.) Une douzaine de morphotype, classifiés en quatre classes suivant les caractères distincts sont mis en exergue dans notre étude. Au nombre de ceux-ci les morphotypes ayant les calices rouges à rose sont prédominants. D'autres études doivent être menées pour mieux apprécier la variabilité génétique de l'espèce dans les différentes zones agroécologiques du Bénin.

Références bibliographique

- Achigan-Dako, E.G., Pasquini M.W., Assogba-Komlan F., N'danikou S., Yédomonhan H., Dansi A., Ambrose-Oji B. 2010.** Traditional vegetables in Benin. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. Imprimeries du CENAP, Cotonou.
- Ahanchédé, A. et Gasquez, J. 1995.** « Mauvaises herbes des cultures pluviales au Nord-Est du Bénin », Agriculture et développement, 7: 22-29.
- Ahmed M. E. N. & Salaheldeen E. A. 2010:** Effect of weeding frequencies on growth and yield of two roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) varieties under rain fed, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9): 4250-4255.
- Alassi C.A., Ewédjè E.B.K., and Adomou A.C. 2017.** Diversité variétale et caractérisation agro-morphologique des variétés locales de *Hibiscus sabdariffa* (bissap) au sud et au centre du Bénin : potentiel de valorisation. Bulletin de la Recherche Agronomique Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), (229) (2017) 46 - 65
- Amin A., Hamza A.A. 2005.** Hepatoprotective effects of *Hibiscus*, *Rosmarinus* and *Salvia* on azathioprine-induced toxicity in rats, *Life Sci.* 77. 266–278.

- Bakasso Y., Zaman-Allah M., Mariac C., Billot C., Vigouroux Y., Zongo J. D. & Saadou M. 2013.** Genetic diversity and population structure in a collection of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from Niger, *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*: 1–8, doi:10.1017/S1479262113000531
- Cisse M., Dornier M., Sakho M., Mar Diop C., Reynes M. & Sock O. 2009:** La production de bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.) au Sénégal, *Fruits*, 64 (1): 1–14.
- Dansi A., Adjatin A., Adoukonou-sagbadja H., Faladé V., Yedomonhan H., Odou D. et Dossou B. 2008.** "Traditional Leafy Vegetables and Their Use in the Benin Republic" *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55 (2008) 1239 -1256 <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-008-9324-z>
- Da-Costa-Rocha I., Bonnlaender B., Sievers H., Pischel I. & Heinrich M. 2014.** *Hibiscus sabdariffa* L. – A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry*, 165: 424–443.
- Falade O.S., Otemuyiwa I.O., Oladipo A., Oyedapoc O.O., Akinpelu B.A., Adewusi S.R.A. 2005.** The chemical composition and membrane stability activity of some herbs used in local therapy for anaemia, *J. Ethnopharmacol.* 102:15–22.
- Houenou A.C.E., Hinnou C.L., Maliki R., Tede S., Agbabgba C.E., Dagbenonbakin G.D. 2020.** Analyse genre de la sélection participative des variétés locales du niébé cultivées au centre du Bénin. Article présenté lors de la Journée Scientifique du Programme d'Amélioration de la Productivité Agricole des Petits Exploitants (PAPAPE), article soumis et en cours de correction au Journal de l'université de Parakou
- Ouangraoua W.J., Traore R.E., Kabore B., Sawadogo P. & Sawadogo M. 2022.** Agromorphological Characterization of *Hibiscus sabdariffa* L. Collection from Burkina Faso. *European Scientific Journal*, ESJ, 18 (27), 184. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p184>
- Mahadevan N., Kamboj S. & Kamboj P. 2009.** *Hibiscus sabdariffa* Linn. -An overview. *Natural product radiance*, 8(1): 77-83.
- Ross I.A. 2003.** *Hibiscus sabdariffa*. In: *Medicinal Plants of the World*. Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-59259-365-1_13
- Sharma k.H., Sarkar M., Choudhary S., Anil Kumar A., Maruthi R., Mitra J., Karmakar P.G., 2016.** Diversity analysis based on agro-morphological traits and microsatellite based markers in global germplasm collections of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), *Industrial Crops and Products*, 89, 303-315, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.027>.
- Tetteh, A. Y., Ankrah, N. A., Coffie, N., & Niagiah, A. 2019.** Genetic diversity, variability and characterization of the agro-morphological traits of Northern Ghana Roselle (*Hibiscus sabdariffa* var. *altissima*) accessions. *African Journal of Plant Science*, 13(6), 168-184

Profitability of fertilizer use in pineapple production in Benin

PADONOU Gbènoukpo Emile, Research fellow, Dept. of Crops Production, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 03BP 2819, Cotonou, Benin. gemilepadonou@gmail.com

HONFOGA Barthélémy Gbènoukpo, Full Professor, Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 03BP 2819, Cotonou, Benin. honfogabq@yahoo.fr

PADONOU Guignonou Pierre Freddy, Research fellow, Dept. of Agricultural Economics, University of Abomey-Calavi, 03BP 2819, Cotonou, Benin. padonoufreddy@gmail.com

AMADJI Guillaume Lucien, Full Professor, Dept. of Crops Production, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 03BP 2819, Cotonou, Benin. gamadji@yahoo.fr

*Auteur Correspondant: PADONOU G. Emile

ABSTRACT

Sub-optimal potassium/nitrogen (K/N) ratio in fertilizer use on pineapple is leading to low fruit quality and limited market outreach. This study compares the profitability of the experimental fertilizer use practices with farmers' practices, using the marginal effect of fertilizer use on yields, the increase in overall farm profit rate due to fertilizer use. The data were analyzed using gross margin analysis method and the traditional value/cost ratio. The findings revealed that, the experimental practice was 2 to 3 times more profitable than farmers' fertilizer use practices and could be recommended. A significant difference ($P < 0.05$) was found between the different markets for doses D1, D2 and D3. The rate of pineapple's response to fertilizer has more than doubled from 9 kg fruit/kg fertilizer with farmers' practices to 21 kg fruit/kg fertilizer with the experimental practice. While the profit rate of pineapple production under experimental practices, was 1.4-time farmers' practices without fertilizer use, it rather increased more than 3-fold with the best experimental practice, reaching 247% against 66% with farmers' practices. The experimental practice of fertilizer use took profit rate definitely from a negative (-98.25%) to a positive value as about 205% points, compared to farmers' practices. This practice increases six-fold the marginal effect of fertilizer use and doubled the classic value/cost ratio. However, farmers cannot yet harvest the promised yield as only 1% among them presently apply that high-dose best practice. Growers' perceptions on innovation and their own financing strategies will be critical for a successful adoption of this new practice of fertilizer use and boost agricultural productivity in Benin. In the meantime, access to credit and off-farm activities are likely to enable a larger adoption of the optimal dose.

Key words: Soil enrichment practice, adoption, marginal profit, value-cost ratio, poverty reduction, pineapple, Benin

Introduction

Agriculture in Benin accounts for about 70% of labor force, 33% of Gross Domestic Product (GDP), 75% of export revenue, 75% of export revenue and 15% of tax revenue (INSAE, 2017). Since 2013, the Bank has supported the implementation of the agricultural diversification program (ProCaD), with focus on promoting maize, rice, pineapple, cashew (cashew nut) and aquaculture value chains (World Bank-Benin, 2016). Cashew and pineapple received a particular attention as far as export revenue diversification is concerned, while other projects promoted soya bean. As of November 2016, 74 000 tons of pineapple were exported from the project area, against 30 000 tons forecasted for December. Average yield reached about 60 t.ha⁻¹, as expected (Gogohounga and Donou, 2017). Pineapple (*Ananas comosus* L. Merill) is the second most important exotic fruit after bananas and contributes to 20% of tropical fruits world production. In 2015, according to Mohamed (2016), main producers in Africa included Nigeria (1.5 million tons/year), Kenya, Angola, Cameroon and Guinea totalling three millions tons/year, behind leading producers in the world (Philippines 2 million, Thailand 1.8 million, and Costa Rica 1.7 million). Benin is not yet a main pineapple producer in Africa, however it produces the sweet-and-sour yellow-skin variety "Cayenne lisse" which is well appreciated, and is the most exported variety, besides "Pain de Sucre" which accounts for 80% of total pineapple planted area in the country (Cosinus conseils, 2017). This is due to the fact that *Cayenne lisse* requires more care and more work to respond to export quality requirements (COLEACP, 2009).

For both pineapple varieties, although growers have been increasing the dose of applied mineral fertilizers over the last decade, their fertilizer use practices remained inadequate and soil fertility kept declining. Apart from their traditional financial constraints, farmers just simply don't know the best practices. Updated fertilizer recommendations are not available for pineapple and no relevant mineral nutrition management scheme is available so far from research or extension services in Benin (Padonou *et al.*, 2019). Fertilizing crops and, using the right methods, increases crop yields while improving soil health. Fertilizer application should respect specific

conditions (doses, methods and time depending on crops and soil types), while preserving the health of consumers and the environment (Traoré *et al.*, 2015).

However, since the Fertilizer Summit of Heads of State and Government in Abuja (Nigeria) in 2006, the adventures of different countries in the sub region and the continent are diverse. The average fertilizer use intensity is today about 15 kg of products per ha of arable land, against 45 in Asia and more than 150 in Europe, while more than two thirds of African countries are still far below their needs (AGRA, 2019). Benin farmers' fertilizer use practices on pineapple do not obey the K/N ratio, which should be in the range of 2-2.5 over the crop's entire growing period (Adabe *et al.*, 2016).

The aim of this study is to compare the profitability of the experimental fertilizer doses derived from earlier study (Padonou *et al.*, 2018), with farmers' practices obtained from socioeconomic surveys. Farmers' practices of fertilizer use result from trial-and-error experiences, and are not based on any recommendation from research or extension services. Higher productivity income gains, and increase in profit rate that farmers would expect from adopting the best experimental practice was assessed, as well as the prospect for them to harvest the expected gold. The latter refers to earnings from the growing exports of yellow-flesh pineapple.

Methodology

Area of study

The study area is the Allada plateau of Benin, located at 6°25' and 7°30' N; 2° and 2°30' E in the Guinean zone. . It is located in the Atlantic department in south of Benin and the Farm Development Pole (PDA) 7. It has an area of about 2140 km², or 66% of the total area of Atlantic department (Dissou, 1986) and the commune of Allada ranks fourth nationally, with production of 14% (MAEP, 2011). It fully covers the municipalities of Abomey-Calavi, Ze, Allada, Tori Bossito, Toffo and part of the communes of Ouidah and Kpomassè. Allada is covered with ferrallitic soil commonly known as "bar land". The presence of these soils is linked to that of a particular material, the continental terminal (POS, 1991). They are characterized by iron and aluminum wealth and are generally poor in organic matter (Azontonde, 2016). Climate is essentially marked by a subequatorial climate characterized by two rainy and two dry seasons. The average annual rainfall is neighboring 1,200 mm.

Methods of data collection and analysis

The Experimental data were collected from trials on fertilizer conducted in Zè municipality (Padonou *et al.*, 2018), while farmers' practice data were part of socioeconomic data collected from farmers' household surveys (Padonou *et al.* in preparation).

Fruit are sold on the local and regional market by pile of forty. To estimate the number of pile per treatment, the fruits were sorted according to their weight and their diameters (small, medium and large). The average sale price of pile of pineapples was determined by calculating the average between the sale price in abundance times and in period of scarcity. The profitability of pineapple' fertilization was determined according to the cases where the producer sold his crop: on the local market, to the processing industries or export. Previous doses: D1 (276N-121P-622.5K), D2 (184N-121P-415K), D3 (276N-121P-415K), D4 (184N-121P-622.5K) in four fractions, D6 (106.7N-37.6P-100K) in three fractions, profitability have been compared. To achieve this objective, the overall profitability of farmers' practices (D6) and experimental fertilization ones was assessed with the use of fertilizers and without the use of fertilizers in each case. The increase in the profitability of pineapple production due to the use of fertilizers as well as the marginal productivity of the use of fertilizers on the profitability of the practices were also evaluated. Then, the profitability of the practices was compared for each case, in order to assess the marginal effect of the use of fertilizer on pineapple production. In addition, the marginal effect of fertilizer use on the profitability of farmers' practices and experimental fertilization ones were also evaluated.

Several methods can be used to access financial profitability: the internal rate of return or budgeting. In our case, budgeting was used. The budget of a crop consists of the evaluation of the costs of the inputs used to produce it and the estimation of the income of the product obtained, evaluated at the field price. Inputs include fertilizers, temporary hired labor, land rental, pesticides and seeds, etc. The cost of fixed capital, which will not be evaluated, is made up of production equipment such as: hoes, dabs, nijor, cutters, boots, etc. The calculations are carried out as follows:

- variable costs correspond to the costs of buying waste, pesticides and hired labor for all farming operations.

- fixed costs represent the depreciation of all the tools used by the pineapple producer per unit of area (ha). These include hoe, cutter, boots, tricycle, etc. The annuity by type of tool was estimated by the formula:

$$Ami = ni * Pi / Di$$

Where Ami is the annuity of the tool; n the number of copies of the tool considered; Pi the unit purchase price of the equipment and Di its lifespan. Fixed and variable costs were all assessed together, apart from the cost of fertilizer.

- the gross product is obtained by multiplying the yield by the declared sale price.
- net income is the difference between the gross product and the total cost of production.

The value/cost ratio (VCR) has been used to compare the profitability of the farmers' practices and experimental fertilization ones identified. The VCR of fertilizer used is defined as the ratio of the increase in income due to the use of fertilizer with the assumption that the costs of other factors remain constant and equal to those of the non-use of fertilizer in the practice concerned.

Given the simplicity of calculating the value/cost ratio, CIMMYT (1988) suggests using it as an estimate of economic profitability. However, in this expression of VCR, the "value" means by the abuse of language of the increase in the value of the production (net income) and the "cost", the increase in cost which, compared to the witness without fertilizer, is considered simply as the cost of purchasing the fertilizer. This last consideration oversimplifies reality too much. In fact, the cost of using the fertilizer includes the purchase cost plus the increase in the cost of other factors related to the application of the fertilizer (cost of additional labor for spreading and weeding, and the financial cost of credit). A VCR of 2 represents 100% return on the money invested in fertilizer and was considered to be sufficient to warrant financially constraint investment in fertilizer use (CIMMYT, 1988; Kihara *et al.*, 2016).

The profitability of the best experimental practice of fertilizer use, compared with farmers' practices, was assessed using the marginal effect of fertilizer use on yields, the increase in overall farm profit rate due to fertilizer use and the traditional value/cost ratio (VCR). An analysis of variance (ANOVA) has been performed on the value cost ratio to compare market between each dose, and a Student Newman-Keuls test at 5 % (probability level) was used for mean separation. The calculation was done with fertilizer doses which have been proposed (D1, D2, D3 and D4) in four fractions (Padonou *et al.*, 2018) and the farmers' practice.

Results and discussion

Effect of fertilizer doses on pineapple profitability

Pineapple was sold on local market using a quantity of 40 pineapples (one forty). The price of one forty depends of pineapple size and its availability during the year. Table 1 presents the number of one forty estimated at harvest.

Table 1: **Gross income estimation for local market**

| Doses | Number of one forty per hectare | | | One forty price (FCFA) | | | Amount (FCFA) | | | Total revenue (FCFA) |
|---------|---------------------------------|---------|---------|------------------------|------|------|---------------|---------|--------------|----------------------|
| | SF | MF | LF | SF | MF | LF | SF | MF | LF | |
| D0 | 875 | 291.75 | 171 | 1000 | 2500 | 5500 | 875 200 | 729 375 | 942 150 | 1 634 515 |
| D1 | 65.54 | 8.19 | 819 | 1000 | 2500 | 5500 | 65 540 | 20 475 | 4 505 985 | 4 592 000 |
| D2 | 106.1 | 128.61 | 1 249 | 1000 | 2500 | 5500 | 106 130 | 321 525 | 6 867 685 | 7 295 340 |
| D3 | 139.9 | 9 | 1353.78 | 1000 | 2500 | 5500 | 139 880 | 21 725 | 7 445 790 | 7 607 395 |
| D4 | 114.2 | 4.95 | 1142.55 | 1000 | 2500 | 5500 | 114 200 | 12 375 | 6 284 025 | 6 410 600 |
| D6 (FP) | 685.106 | 312.089 | 207.09 | 1000 | 2500 | 5500 | 62 440 | 694 075 | 1 772 265 | 2 604 323 |

NB: SF = small fruit, MF = medium fruit and LF = large fruit, FP = farmer practice

Fertilization experiment doses boost to pineapple yields, with large fruits (LF) sizes. Producer's fertilization practices, on contrary conducted to medium sized fruits, apparently to meet the needs of export market which required more medium size fruits (Table 2).

Table 2, 3 and 4, present pineapple profitability respectively for local market, national industry and export. With fertilizer (Table 2), the pineapple average yield was 43 339 kg/ha against 30 990 kg/ha without fertilizer (39.80% increase). Experimental practice yields were ranged between 90 000 kg/ha to 120 000 kg/ha against 63 000 kg/ha for no fertilized plot. The result showed an increased yield ranged from 42.86% to 90.48%. Therefore, yield gains from the use of fertilizer were higher for experimental practice than farmers' fertilizer use practices. Unlike with the latter, the nutrient of pineapple's requirements were better met, while experimental fields were well maintained and monitored. These results were in consistent with those of Baruwa (2013) and Akhilomen *et al.* (2015) who found similar results with pineapple in Nigeria.

Table 2: Comparative fertilizer use profitability analysis, experimental vs. farmers practices for local market

| Parameters | Farmers' practice (D6) | | Experimental practices | | | | |
|---|------------------------|-----------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Without fertilizer | With fertilizer | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| Variables of fertilizer use performance | | | | | | | |
| C. Dose of fertilizer applied (kg/ha) | 0 | 657.36 | 0 | 2700 | 2000 | 2200 | 2500 |
| D. Fertilizer average price (FCFA) | 0 | 280 | 0 | 280 | 280 | 280 | 280 |
| Y. Gross income (A*B), FCFA | 1,634,515 | 2,604,323.3 | 2,546,725 | 6,141,660 | 5,853,330 | 6,069,395 | 6,069,395 |
| E. Fertilizer cost (C*D), FCFA | 0 | 184060.8 | 0 | 756000 | 560000 | 616000 | 700000 |
| F. Other costs (variable Costs + fixed costs), FCFA | 1,922,658 | 2,427,110 | 2,699,387 | 2,699,387 | 2,699,387 | 2,699,387 | 2,699,387 |
| G. Total production cost (E+F), FCFA | 1,922,658 | 2,611,171 | 2,699,387 | 3,455,387 | 3,259,387 | 3,315,387 | 3,399,387 |
| <i>Indicators of fertilizer use profitability</i> | | | | | | | |
| Tr. Response rate of pineapple to fertilizer ($\Delta A/\Delta C$) | | | | | | | |
| Rn. Net income or profit (Y-G), FCFA | -288 143 | -6 847 | -152 662 | 2 686 273 | 2 593 943 | 2 754 008 | 2 670 008 |
| Rp. Profit rate of the practice ($100 * (Y-G)/G$ (FCFA), % Total production cost | -14.99 | -0.26 | -5.65 | 77.74 | 79.58 | 83.06 | 78.54 |
| Growth in profit rate due to fertilizer use $100 * [(Rpe - Rp0)/Rp0]$, % | - | -98.25 | - | -1474.64 | -1507.21 | -1568.81 | -1488.82 |
| Marginal effect of fertilizer use on net income ($\Delta Rn/\Delta G$) | - | 0.41 | - | 3.76 | 4.90 | 4.72 | 4.03 |
| Value/cost ratio of fertilizer use (VCR = $\Delta Y/E$) | - | 5.27 | - | 4.76 | 5.90 | 5.72 | 5.03 |

Table 3: Comparative analysis of fertilizer use profitability, experimental vs. farmers practices for national industry

| Parameters | Farmers' practice (D6) | | Experimental practices | | | | |
|--|------------------------|-----------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Without fertilizer | With fertilizer | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| Variables of fertilizer use performance | | | | | | | |
| <i>Production variables</i> | | | | | | | |
| A. Production yield (Kg/ha) | 37 390 | 43 339 | 63 000 | 120 000 | 94 000 | 90 000 | 101 500 |
| B. Pineapple average producer price (FCFA/kg) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Y. Gross income (A*B), FCFA | 2,243,400 | 2,600,340 | 3,780,000 | 7,200,000 | 5,640,000 | 5,400,000 | 6,090,000 |
| <i>Indicators of fertilizer use profitability</i> | | | | | | | |
| Tr. Response rate of pineapple to fertilizer ($\Delta A/\Delta C$) | | 9 | | 21 | 16 | 12 | 15 |
| Rn. Net income or profit (Y-G), FCFA | 320 742 | -10 831 | 1 080 613 | 3 744 613 | 2 380 613 | 2 084 613 | 2 690 613 |
| Rp. Profit rate of the practice ($100 * (Y-G)/G$ (FCFA), % Total production cost) | 16.68 | -0.41 | 40.03 | 108.37 | 73.03 | 62.87 | 79.15 |
| Growth in profit rate due to fertilizer use $100 * [(Rp_e - Rp_0)/Rp_0]$, % | - | -102.49 | - | 170.72 | 82.5 | 57.05 | 97.72 |
| Marginal effect of fertilizer use on net income ($\Delta Rn/\Delta G$) | - | -0.48 | - | 3.52 | 2.32 | 1.63 | 2.30 |
| Value/cost ratio of fertilizer use ($VCR = \Delta Y/E$) | - | 1.94 | - | 4.52 | 3.32 | 2.63 | 3.30 |

Table 4: Comparative analysis of fertilizer use profitability for export, experimental vs. farmers practices

| Parameters | Farmers'practice (D6) | | Experimental practice | | | | |
|--|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------|-----------|-----------|------------|
| | Without fertilizer | With fertilizer (D6) | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| Production variables | | | | | | | |
| A. Production yield (Kg/ha) | 37 390 | 43 339 | 63 000 | 120 000 | 94 000 | 90 000 | 10 1500 |
| B. Pineapple average producer price (FCFA/kg) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Y. Gross income (A*B), FCFA | 3 739 000 | 4 333 900 | 6 300 000 | 12 000 000 | 9 400 000 | 9 000 000 | 10 150 000 |
| Indicators of fertilizer use profitability | | | | | | | |
| Tr. Response rate of pineapple to fertilizer ($\Delta A/\Delta C$) | | 9 | | 21 | 16 | 12 | 15 |
| Rn. Net income or profit (Y-G), FCFA | 1 816 342 | 1 722 729 | 3 600 613 | 8 544 613 | 6 140 613 | 5 684 613 | 6 750 613 |
| Rp. Profit rate of the practice ($100 * (Y-G)/G$ (FCFA), % Total production cost) | 94.47 | 65.97 | 133.38 | 247.28 | 188.40 | 171.46 | 198.58 |
| Growth in profit rate due to fertilizer use $100 * [(Rp_e - Rp_0)/Rp_0]$, % | - | -30.16 | - | 85.39 | 41.25 | 28.55 | 48.88 |
| Marginal effect of fertilizer use on net income ($\Delta Rn/\Delta G$) | - | -0.14 | - | 6.54 | 4.54 | 3.38 | 4.50 |
| Value/cost ratio of fertilizer use (VCR = $\Delta Y/E$) | - | 3.23 | - | 7.54 | 5.54 | 4.38 | 5.50 |

With farmers' practices, the increase in pineapple yield due the use of fertilizer use is comparable with previous results on various crops in West Africa: 36% for rice in Senegal with good fertilizer use management and weeding (Diege, 2002); 20% to 80% for oil palm and yam in Côte d'Ivoire (Soro *et al.*, 2003; Kouamé *et al.*, 2014). Integration of different soil fertility management methods and handling labor stress in fertilizer application will be useful to ensure a sustainable improvement in crop yields and farmers' incomes (Kouélo *et al.*, 2012; Camara *et al.*, 2018).

The response of pineapple's to fertilizer rate (additional yield per kg of applied fertilizer) doubled from 9 kg fruit per kg fertilizer with farmers' practices to 21 kg fruit per kg fertilizer with the experimental practice. The profit rate of pineapple production was negative in farmer practices for local market (with and without fertilizer) and for national industry (with fertilizer). Indeed, the total production cost of those practices were greater than the gross income. On the other hand, the profit rate for export increased more than 2 to 3-

fold with the experimental practice, reaching 247% against 65% with farmers' practices. The use of Fertilizer therefore enabled pineapple production profitability (Rp) to increase from -30% with farmer's practices to an average of 51% with the experimental practice. The dose D1 even gives an increase of 85.39% (table.4). This practice doubled the marginal effect of fertilizer use and doubled the classic value/cost ratio for export and national industry. But for local market, farmer' practice value/cost ratio of fertilizer use was almost the same (5.27) with experimental practices.

Sohinto (2008) and Sodjinou *et al.* (2011) found that pineapple production in Benin was profitable both with and without fertilizers. But they only analysed fertilizer data from farmer's practices, and found a value/cost ratio of 5.56. With the optimal dose of the WAAPP/pineapple research project, a much higher value/cost ratio of 7.54 vs 3.23 (Table 4) is obtained, indicating that the experimental practice was by far more profitable for export. Considering again our results, the profit rate either with farmers' practices or with the experimental practice are far beyond of the 56% increase in net income cotton farmers could get from using the above-mentioned IPM-ISFM technology. Indeed, cotton inputs were so expensive and cotton buying prices so low with inconstant overtime that little room was left for profit.

Overall, whichever profitability indicator is considered, the experimental practice of fertilizer use on pineapple was far more beneficial than farmers' practices except for local market. However, the experimental practice can be used only if farmers have enough financial resources. Lower profit ratio with farmers' practices could be also due to shortage of improved planting materials, weak production technology, and high perishability of the crop which led to low output price (Baruwa, 2013). In West Africa in general, despite its potential or proven benefits, the use of mineral fertilizer is not systematic among farmers. The technical efficiency and economic viability of fertilizer use depends not only on applied fertilizer doses, but also on the physical and socio-economic conditions of the different adoption environments that govern the choice of fertilizer use options (Honfoga, 2007). Pineapple profitability comparison for local, export and industrial market

Pineapple profitability have been evaluated through local market, export and national industry (Figure 1). Results of variance analysis showed a significant difference ($P < 0.05$) between the different markets for D1, D2 and D3 doses. The value/cost ratio (VCR) for every fertilizer dose used was greater than 2. This result showed that although pineapple fertilization in southern Benin is profitable for farmers whatever the type of market as showed by (Kihara *et al.*, 2016), fertilizer doses can be more profitable for a market than another. Pineapple fertilization doubled farmer VCR when they use fertilizer dose 1 (D1) and export their product compared to farmers who sold their products in local market. A high VCR was also obtained for export and local market compared to national industry when farmers used fertilizer dose 2 and 3. This result can be explained by the export prices (100 to 125 FCFA per kilogram of fruit) which is more profitable for farmer versus 60 FCFA/kg for national industry. The difference between local market and national

industry is that the price on local market depends on the size of the fruit. Experimental fertilizer doses increased pineapple yields, and upgrade fruits sizes. For example, if we have 120 fruits with a mean weight of 1.8 kg/fruit, farmers will sell them for 12,900 FCFA to national industry and 16,500 FCFA in local market (price of 40 fruits 5,500 FCFA). So, it was more profitable for farmers' to export their products than selling them on local market or to national industry owner. By increasing pineapple quantity to export, farmers will have more financial resources to improve their standard of living.

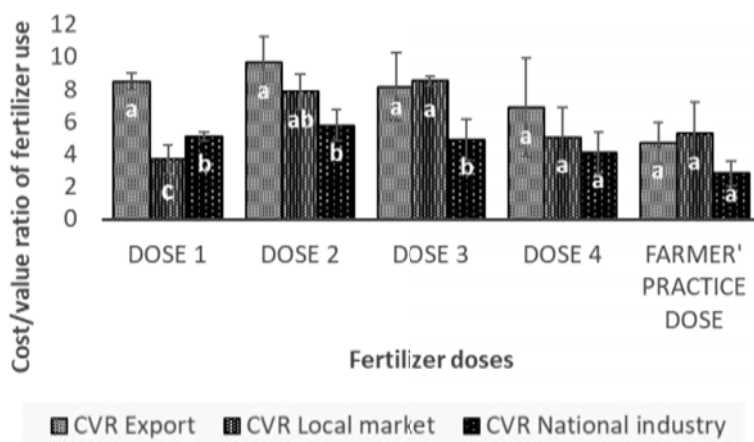


Figure 1: **Pineapple profitability comparison**

Vertical bars denote standard errors. Bars of the same types labeled with the same letter are not significantly ($P < 0.05$) different according to the student Newman-Keuls test.

Curiously they are no significant difference ($P < 0.05$) between markets for farmers' practice and the best VCR was obtained for local market. This result explains the reason why the pineapple sold by farmers on local market are cheaper than those exported them in spite of its low price. But this fertilizing practice neither generated a good profitability nor was a good management of soil sustainability. Indeed, pineapple fertilization required a K/N ratio between 2 and 3 (COLEACP/PIP, 2019). Thus, using this practice would contribute to damage the soil. This result confirms the one obtained by Sossa *et al.* (2015) who found that morphological and physical characteristics of soil began decreasing after 10 years of pineapple cropping in Allada area. Another reason was that some farmers have no more trust in exporters. Indeed, some of them said: "When an exporter tells you that he wants 100 boxes of fruit, at harvest time, he may just take 50 boxes or even less. He did not mind about the money you have spent growing those fruits you want to export". This bad attitude of exporters discourages pineapple farmers. Furthermore, they were no facilities for pineapple storage after harvest in Benin. According to Cantwell (2002), the optimum storage temperature for pineapple is 10°C while in the southern Benin the average temperature ranges from 27-31°C (Fassinou-Hotegni, 2014).

Conclusion

The results of the study showed that the use of mineral fertilizer on pineapple has a positive effect on yield and net income, both with farmers' practices and experimental practices. The best experimental practice promised to boost yields and net incomes 2-fold the average pineapple response to fertilizer with farmers' practices. The marginal effect of fertilizer use on net income is also multiplied by two. All the indicators of fertilizer use profitability (net farm income/ha, overall farm profit rate, marginal effect, and value-cost ratio) showed unequivocally that the best experimental practice really promises gold to pineapple growers far beyond their own practices. It's also more profitable for farmers to export their pineapple to Europe than selling it to national industry. The N-P-K fertilizer dose D1 (276-121-622.5) could be recommended to growers to allow them substantially increase their incomes. However, the great challenge remains adoption. Another challenge is pineapple's high perishability which calls for building high value chains to enable growers easily direct their harvests to more rewarding markets.

Further research is still needed for factors' constraints alleviation, by determining the "real" or affordably relevant optimal doses of fertilizer on pineapple in poor farming settings as Allada plateau of Benin. Growers' perceptions on innovative practices and their own financing strategies will be critical to foster the adoption of improved fertilizer use technologies and boost agricultural productivity in Benin. Substantial wealth creation, alongside poverty reduction among farmers should be sought through the development of sustainable value chains.

References

- Adabe K., E., Hind S., Maïga A., 2016. Production and processing of pineapple. Pro-Agro collection, Wageningen-Netherlands. 27-28. [French]
- Agbangla C.,E., Sossa E. L., Dagbenonbakin G.D., Ditta S., Akpo L. E., 2011. DRIS model parametrization to assess pineapple variety "Smooth cayenne" nutrient status in Benin (West Africa). *Journal of Asian Scientific Research*, 1(5): 254-264.
- Ahouissoussi N., Goghounga M., Donou A. 2017. "La Mission de La Banque Mondiale Conduite Par Monsieur Erick Abiassi Comprendait Madame/Messieurs : Nicolas Ahouissoussi, Economiste Agricole Principal ; Mathias Goghounga, Spécialiste Principal En Passation Des Marchés ; Angelo Donou, Spécialiste En Gest." : 1–26.
- AGRA, 2019. Feeding Africa's soils: Fertilizers to support Africa's agricultural transformation. Nairobi, Kenya. Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA).

Akhillomen L.O., Bivan G.M., Rahman S.A., Sanni S.A., 2015. Profitability analysis and perceived constraints of farmers in pineapple production in Edo State, Nigeria. *American Journal of Experimental Agriculture*, 5(6): 546–554.

Baruwa O.I., 2013. Profitability and constraints of pineapple production in Osun State, Nigeria. *Journal of Horticultural research*, 21(2): 59-64.

Camara A., Dieng A., Mergeal G., 2018. Prospective analyses of the possibilities for sustainable improvement of the performance of farms in the Western Peanut Basin of Senegal: the case of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) producers. *Tropicicultura*, 38 (4): 658-672. [French]

Cantwell M., 2002. Optimal handling conditions for fresh produce. In A. A. Kader (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, (pp. 511-518). USA: University of California: Division of Agricultural and Natural Resources

CIMMYT, 1988. From agronomic data to farmer recommendations: An economics training manual. CIMMYT, Mexico, DF.

COLEACP. (2009). Itinéraire technique Ananas Cayenne. Bruxelles : Comité de Liaison Europe-Afrique-Caraïbes-Pacifique. https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture-plantes-a-petits-fruits-sucres/ananas/IT_PIP_STDF127_AnanasCayenne_fr_0.pdf

COLEACP/PIP, 2019. Technical itinerary of Cayenne lisse pineapple variety (*Ananas comosus*). PIP Program of COLEACP - UGPIP, Brussels - Belgium. [French]

Cosinus Conseils, 2017. Technical, economic, social and environmental feasibility study of the national development program for pineapple cultivation in Benin. Consultation report produced for Presidency of Benin Republic. [French]

Dagnelie P., 1998. Theoretical and applied statistics. Volume 2: One- and two-dimensional statistical inferences. De Boeck and Larcier, Paris-Bruxelles, France Belgium. [French]

Dieye M., 2002. Main achievements of research on the soils used in irrigated rice cultivation in Sahelian West Africa (Alluvial valleys of the Senegal and Niger rivers and of Lake Chad). In: ISRA (ed.). Achievements of the research on rice growing soils. ISRA, Bambey, Senegal. [French]

Dudal R., 2002. Forty years of soil fertility work in Sub-Saharan Africa. In: Vanlauwe, B., J. Diels, N. Sanginga and R. Merckx (Eds.), *Integrated Plant Nutrient Management in Sub-Saharan Africa*. CAB International.

FAO, 2000. Fertilizers and their use – A pocket guide for extension officers. Fourth edition. FAO, Rome.

Fassinou Hotegni V. N., 2014. Using Agronomic Tools to Improve Pineapple Quality and its PhD thesis, Wageningen University, 302 pages.

Fawole O. P., 2008. Pineapple farmers' information sources and usage in Nigeria. *Bulgarian Journal of Agriculture*, 14(4): 381–389.

Honfoga B. G., 2007. Towards efficient private fertilizer supply and distribution systems for sustainable agricultural intensification in Benin. PhD thesis, Center for Development Studies, University of Groningen. [French]

Honfoga B. G., 2016. Modeling fertilizer demand in cotton-producing villages of Benin: Does price matter in a centralized distribution system? *European Scientific Journal*, 12(36): 245-272.

Kihara J., Huising J., Nziguheba G., Waswa B.S., Njoroge S., Kabambe V., Iwuafor E., 2016. Maize response to macronutrients and potential for profitability in sub-Saharan Africa. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 105:171–181.

Kouame K., Ake S., Yte W., Doumbia S., Konan K. E., Kouassi N. A., Kone B., Seko D., 2014. Determination of the optimal dose of potassium manure under oil palm cultivation (*Elaeis guineensis* jacq.) under the conditions of South-east Côte d'Ivoire: case of the plant material being popularized. *European Scientific Journal*, (10): 19-30. [French]

Kouelo A.F., Badou A., Hounngandan P., Francisco M. M. F., Gnimassoun C. J. B., Sochime D. J., 2012. Impact of tillage and mineral fertilizer use on the productivity of *Macrotyloma geocarpum* (Harms) in central Benin. *Journal of Applied Biosciences*, 51: 3625-3632 [French]

MAEP, 2011. Strategic Plan for Agricultural Sector Recovery (PSRSA). Technical Report, 59p. [French]

MAEP, 2013. Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries. Agricultural Sector Management Performance Report. Cotonou, Benin. [French]

Mohamed H. A., 2016. L'ananas africain veut sa place sur les étals internationaux. Anadolu Agency. <https://www.aa.com.tr/fr/afrique/lananas-africain-veut-sa-place-sur-les-%C3%A9tals-internationaux/635138>

MUHRFLEC, 2011. White book on land and domains policy, Ministry of Urbanization of Housing, Land Reform and the Fight against Coastal Erosion. Cotonou, Benin. [French]

Padonou G. E., Aholoukpè N. S. H., Sossa L. E., Saidou A., Amadji G., 2018. Response of pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) to elemental mineral fertilization on ferrallitic soil in southern Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12 (6): 2653 - 2666. [French]

Sodjinou E., Adégbola P.Y., Bankolé A. B., 2011. Analysis of the performance of pineapple value chains in Benin. Technical report. PADSA-PAPA/INRAB/MAEP. Porto-Novo. . [French]

Sohinto D. M., 2008. Analysis of the economic profitability of pineapple value chains in Benin. Consultation Report. [French]

Sohinto D. M., 2017. Competitiveness of the pineapple sector in Benin. Consultation report produced for FAO-Benin, Cotonou, Benin. [French]

Soro D., Daouda D., Carsky R. J., Asiedu R., Ayémou A., Girardin O., 2003. Improving yam production through mineral fertilization in the savannah area of Côte d'Ivoire. Hal Archives,; 7. [French]

Sossa E. L., Amadji G. L., Aholoukpè N. S. H., Hounsou B. M., Agbossou K. E., Hounhouigan D. J., 2015. Change in a ferralsol physico-chemical properties under pineapple cropping system in southern of Benin *Journal of Applied Biosciences*, 91 :8559 – 8569 ISSN 1997–5902, 11p

Traoré A., Traoré K., Traoré O., Bado B.V., Nacro B. H., Sedogo M. P., 2015. Characterization of production systems based on strict rain-fed rice on farms in the South Sudan zone of Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (6): 2685-2697. [French]

World Bank-Benin, 2016. Notes of the supervision mission of the Agricultural Diversification Support Project – PADA and preparation of its additional funding, December 19-23. <http://pubdocs.worldbank.org/en/625521488391607183/pdf/AM0MISS0PADA00Dec0020162.pdf>

Connaissances ethnobotaniques et importances socioéconomiques de l'exploitation du palmier à huile dans le 6^{ème} pôle de développement agricole au Sud-Est du Bénin

Désiré Zannou¹, Ibouaïma Yabi², Edinam Kola³ et Tchégnon Abotchi⁴

(^{1 & 2}) Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT), Laboratoire "Pierre PAGNEY" Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

(^{1, 3 & 4}) Département de Géographie, Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux Et des Sociétés (LARDYMES), Université de Lomé (UL), Togo

*Auteur correspondant : zannoudesire82@gmail.com

Résumé

L'objectif du présent travail est la connaissance de l'usage fait des différentes parties du palmier et son importance sur les plans social et économique dans le 6^{ème} pôle de développement agricole au Sud-Est du Bénin. Les données utilisées concernent les valeurs sociales des différents organes de l'arbre, la rentabilité économique de son exploitation pour les exploitants. A cet effet, deux types d'enquêtes ont été menées. L'une ethnobotanique conduite à la SRPH et l'autre socioéconomique auprès de 384 exploitants, 51 acteurs impliqués dans la commercialisation. Le traitement et l'analyse des résultats ont été faits grâce à Office 2019. Pour évaluer le bilan financier, le revenu brut et le coût des investissements selon le modèle Economie = Revenu brut – Investissement ont été considérés. Aussi, la valeur d'usage (UV) de l'espèce est obtenue à partir du modèle de Phillips et Gentry (1993) modifiée et utilisée par d'autres auteurs Dossou *et al*, 2012, Bio *et al*, 2014)

$$UV = \sum_{i=1}^{In} Ui/n$$

pour estimer l'importance de l'espèce. Les résultats montrent que l'existence de marché d'écoulement détermine l'exploitation du palmier à huile dans ce pôle de développement. En ce qui concerne la commercialisation, elle se fait tant à l'intérieur du pôle dans les différents marchés locaux qu'à l'extérieur dans les marchés des communes environnantes mais aussi en direction du Nigéria dont le potentiel de consommation est très élevé.

Mots clés : Pôle de développement agricole, exploitation, huile de palme, rentabilité.

Abstract

The objective of this work is to know the use made of the different parts of the palm tree and its importance on the social and economic levels in the 6th agricultural development pole in the South-East of Benin. The data used concerns the social values of the different organs of the tree, the economic profitability of its exploitation for the operators. To this end, two types of surveys were carried out. One ethnobotanical conducted at the SRPH and the other socio-economic with 384 farmers, 51 actors involved in marketing. The processing and analysis of the results were done using Office 2019. To evaluate the financial balance sheet, the gross income and the cost of investments according to the Economy = Gross Investment Income model were considered. Also, the use value (UV) of the species is obtained from the model of Phillips and Gentry (1993) modified and used by other authors Dossou *et al*, 2012, Bio *et al*, 2014)

$$UV = \sum_{i=1}^{In} Ui/n$$

to estimate the importance of the species. The results show that the existence of sales markets determine the exploitation of oil palm in this development pole. With regard to marketing, it is done both inside the center in the various local markets and outside in the markets of surrounding municipalities but also towards Nigeria whose consumption potential is very high.

Keywords: Agricultural development pole, exploitation, palm oil, profitability.

Introduction

En Afrique tropicale, l'huile de palme occupe une position prépondérante dans la production agricole, les échanges et la consommation de corps gras (Aholoukpè et al, p 978). Au Bénin, le palmier à huile joue un rôle économique important et est l'oléagineux le plus productif. Le département du Plateau au Sud-Est du Bénin appelé aujourd'hui le 6^{ème} pôle de développement agricole recèle cette importante potentialité naturelle qu'est le palmier à huile appartenant à la famille Arécacées, tribu des Cocoïnées et de caryotype $2n = 32$ (J.C. Jacquemard, 2000, p 22). Il est connu pour son nom scientifique *Elaeis guineensis* Jacq. et occupe une place importante dans les moyens de subsistance des populations, fait partie des plus exploitées pour ses nombreux services et produits tels que l'huile de palme, l'huile de palmiste, le vin, les matériaux de construction, les médicaments, le savon, les engrais, etc. (B. Sagna et al, p 3290). La production et la commercialisation de l'huile de palme et de ses dérivés d'une part et la consommation du vin de palme en l'état et sa transformation en alcool synthétique d'autre part y sont des activités génératrices de revenus auxquelles s'adonnent certaines familles rurales (L Bigou, 2010, p 99). Ainsi, le présent travail vise les connaissances ethnobotaniques de l'espèce et son évaluation socio-économique dans le quotidien des populations.

Matériels et méthodes

Milieu d'étude

Le milieu d'étude est le département du Plateau appelé aujourd'hui le 6^{ème} pôle de développement agricole situé au Sud-Est du Bénin. Il est l'un des sept pôles que compte le Bénin depuis la structuration du pays en des pôles de développement agricole en 2016 (ATDA6, 2022, p 34). Localisé entre 6°37'0" et 7°28'0" latitude nord et entre 2°15' et 2°45' longitude est, il est limité au Nord par le département des Collines, à l'Est par la République Fédérale du Nigéria, à l'Ouest par le département du Zou et au Sud par celui de l'Ouémé. Il couvre une superficie de 3 264 km², soit environ 3 % de la superficie nationale et compte cinq (05) communes (Adja-Ouèrè, Ifangni, Kétou, Pobè et Sakété) avec Pobè comme le chef-lieu où est située la seule Station de Recherche du Palmier à Huile (SRPH) et Adja-Ouèrè. La figure 1 présente la situation géographique et administrative du milieu.

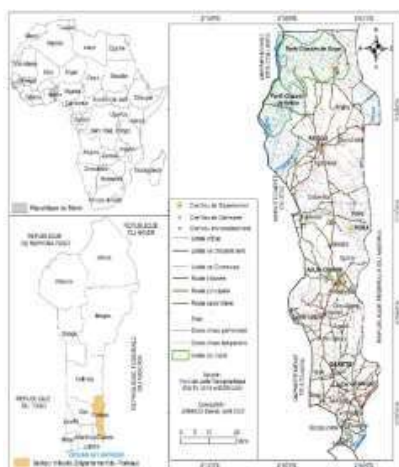


Figure 1: Situations géographique et administrative du 6^{ème} pôle de développement agricole

Approche méthodologique

Elle est fondée sur la collecte des données, leur traitement puis l'analyse des résultats.

Enquête

Pour mieux connaître le palmier à huile, deux types d'enquêtes ont été réalisées : une enquête socioéconomique et une enquête ethnobotanique.

Enquête socioéconomique

Afin d'identifier l'ensemble des produits et services tirés du palmier à huile, des enquêtes socioéconomiques ont été réalisées. Pour cela, un questionnaire individuel a été administré à un échantillon de 384 exploitants sur l'ensemble des cinq communes. Cet échantillon est déterminé suivant la méthode de SCHWARTZ (1995).

$$X = (Z\alpha)^2 \times pq / i^2$$

Les critères de sondage sont les zones de productions, le poids démographique, la taille de l'exploitation et la tranche d'âge 15-59 ans. Aussi, 33 collecteurs, 18 grossistes, les 05 maires des cinq communes, les 29 chefs d'arrondissement, 05 techniciens spécialisés en production végétale et 58 consommateurs à raison de 02 par arrondissements ont été interviewés.

Enquête ethnobotanique

Des descentes effectuées à la Station de Recherche du Palmier à Huile de Pobè et auprès des exploitants ont permis de découvrir que les palmiers à huile d'intérêt économique correspondent à deux espèces : *Elaeis oleifera* ; une espèce sud-américaine sauvage qui n'est pas cultivée commercialement et *Elaeis guineensis Jacq* d'origine africaine, produite et commercialisée partout dans le monde. Au sein de cette espèce, il existe trois variétés, caractérisées par l'épaisseur de la coque et de la pulpe qui l'entoure. Il s'agit du palmier *Dura* (produit peu d'huile car les fruits ou drupes ont une coque très épaisse et peu de pulpe), du palmier *Pisifera* (les fruits ont de pulpe que ceux du Dura et dépourvus de coque) et du palmier *Tenera* (hybride issu du croisement des deux autres). Sur le plan économique, c'est le plus approprié car l'essentiel des huiles de palme et de palmiste commercialisées provient de cette espèce. Dans le milieu d'étude, le palmier *Dura* est observé en plantations naturelles et l'hybride *Tenera* est cultivé en plantations industrielles (Adjadi, 2008, p 56). Cette enquête a permis de connaître les services écosystémiques fournis par l'espèce à savoir son niveau d'utilisation dans l'alimentation humaine, le bois de chauffe, le bois de service, le fourrage, la fertilisation, la construction et la pharmacopée. Dans la fiche d'enquête, une échelle allant de 0 à 3 est utilisée pour évaluer le niveau d'utilisation des différents organes : 0 = pas utilisé, 1 = peu utilisé, 2 = moyennement utilisé et 3 = beaucoup utilisé.

Traitement des données

Les données d'enquête ont été dépouillées manuellement puis saisies et traitées avec Office 2019. Celles quantitatives ont été traitées avec Excel 2019 qui a permis la réalisation des graphes et tableaux inhérents à l'étude. Les données métriques ont permis la conception des cartes grâce au logiciel ArcView GIS 3.2 et le traitement des textes est fait avec Word 2019. Lors du traitement de données, des variables ont été calculées.

➤ **Fréquence de citations (FC)**

Elle est calculée à travers le modèle $FC = \text{Nombre de citations d'un organe} / \text{Nombre total de répondants} \times 100$

➤ **Valeur d'usage (VU)**

Pour chaque organe cité, une valeur d'usage (VU) est définie par le modèle de Phillips et Gentry (1993) modifié et utilisé par d'autres auteurs Dossou *et al*, 2012, Bio *et al*, 2014). La valeur d'usage est une manière d'exprimer l'importance relative des organes de l'espèce.

$$UV = \sum_{i=1}^{In} U_i/n$$

U= nombre de citations des organes ; n= nombres de répondants.

➤ **Evaluation du bilan financier de l'exploitation**

L'économie réalisée par les exploitants est calculée en utilisant le revenu brut obtenu sur une période donnée et le coût des investissements : **Economie = Revenu brut - Investissement**

Résultats

L'analyse des connaissances ethnobotaniques et l'importance socioéconomique du palmier à huile a été réalisée à deux niveaux. Il s'agit des usages faits des différents organes du palmier à huile et de l'évaluation de l'impact des revenus dans le quotidien des exploitants.

Mode d'exploitation du palmier à huile

Les travaux de terrain révèlent que presque toutes les parties du palmier sont exploitées à diverses fins.

• **Les feuilles**

Elles sont utilisées pour la clôture des maisons, des toilettes traditionnelles, des périmètres maraîchers. Dans certaines écoles, les nervures principales sont utilisées dans la confection d'abris provisoires. Elles servent aussi à fabriquer les greniers pour la conservation du maïs en spathes et de ceintures pour grimper les palmiers. De même, les nervures dépourvues de feuilles sont utilisées pour le plafonnage des maisons, pour la fabrication de palissades et lits. Séchées et légèrement brûlées, les nervures principales servent de fagots de bois. Les cordes issues de ces nervures servent de cordes pour attacher les clôtures ou les fagots de bois. Elles servent aussi à fabriquer les paniers. La nervure des folioles est utilisée pour la confection des balais. Les folioles sont utilisées par les récolteurs de vin pour confectionner des sortes d'entonnoir servant de conduite au vin à la calebasse.

• **Les fleurs**

Les fleurs de palmiers sont utilisées comme insectifuges. En effet, la fumée de la fleur sèche allumée est utilisée pour chasser des insectes comme les abeilles pendant la récolte du miel des ruches traditionnelles, mais aussi pour embaumer les animaux domestiques afin de chasser les moustiques et les mouches. La cendre issue des fleurs, mélangée avec à la soude donne du savon traditionnel communément appelé « Koto ».

• **Les régimes**

Les produits provenant du régime comme la pulpe sucrée, l'huile de palme, la sauce graine, l'huile de palmiste sont utilisés dans l'alimentation. Pendant la période de maturité des régimes la fréquence de consommation de l'huile de palme et de la sauce graine est très élevée. Aussi, l'huile de palme a une valeur économique très

importante. En effet, la vente de cette huile fournit aux exploitants, aux productrices et aux commerçants un revenu mensuel pouvant atteindre 150 000 CFA. Ces revenus sont souvent utilisés dans la prise en charge des besoins sociaux. L'huile de palme est également beaucoup utilisée dans la fabrication de savon. Les amandes sont aussi utilisées comme combustible pour bouillir les noix lors de la production d'huile de palme. Les résidus de la pulpe après extraction de l'huile de palme, constitués de fibres, sont utilisés à l'état sec pour allumer le feu pendant surtout la saison des pluies. Après égrainage des régimes, les résidus décomposés sont utilisés comme fertilisant. Les photos de la planche 1 montre quelques dérivés des régimes à Ikpinlé.



Planche 1

Photo 1a : Huile rouge préparée pour être vendue



Photo 1b : Fibre après pressage du magma



Photo 1c : Graines sans de pulpe

Prise de vue : Zannou, septembre 2023

L'analyse des photos de la planche 1 montre la transformation de la noix en huile rouge avec l'obtention de quelques dérivés. En effet, le mélange (eau + huile) obtenu après le pressage est mis au feu. Après une heure de chauffage, l'huile est cuite. Le fût d'huile au feu est ensuite vidé de son contenu dans un grand tonneau bleu. Après refroidissement total, l'huile est répartie dans les bidons de 25 litres pour être transportés au marché pour la vente et aussi utilisée dans les ménages pour la préparation des mets (**photo 1a**). Après pressage du magma, le colis obtenu est appelé fibre (**photo 1b**) qui subit le processus de séparation des fibres des graines. En effet, le vase dans lequel l'opération est faite est chargé d'eau et les colis y sont éparpillés pour être lavés. A la fin, les fibres sont reprises pour être séparées des graines. Elles sont compressées en boules, stockées et, généralement, commercialisées en des boules de 100 F/l'unité. Les graines quant à elles, entièrement débarrassées de la pulpe sont soit vendues (**photo 1c**). Très souvent, le prix de la bassine varie entre 4 800 et 6 000 F. Elles sont aussi concassées mais étalées sur une aire de séchage pendant des jours pour être bien sèches. Ainsi, les coques sont utilisées en lieu et place du gravier pour la construction des dalles d'une part et d'autre part, elles sont vendues aux forgerons. Le kilogramme de la graine dépourvue de coque est vendu entre 150 et 250 F. S'agissant des coques, elles sont vendues entre 250 et 350 F la bassine et le tricycle à 7 000 F. Quant aux amendes, elles sont utilisées pour extraire l'huile palmiste.

• La sève

La sève est recueillie dans des bidons avec deux passages par jour. La sève fermentée communément appelée vin de palme est une boisson consommée à diverses occasions. En période d'exploitation, le vin de palme est un produit incontournable dans beaucoup de cérémonies traditionnelles. Il est aussi utilisé pour faire chuter la température corporelle en cas de fièvre chez les enfants. En plus de sa valeur sociale,

il est une grande source de revenus. En effet, un exploitant peut facilement gagner jusqu'à plus de 300 000f CFA avant la fin de la campagne d'exploitation du vin. La photo 2 montre une des étapes d'extraction du vin de palme à Issaba.



Photo 3 : Cavité creusée dans le chou terminal permettant l'écoulement de la sève

Prise de vue : Zannou, septembre 2023

L'analyse de la photo 2 montre une des étapes de la technique d'extraction de vin de palme par abattage des palmiers âgés. Après la taille de la couronne de feuilles jusqu'à l'obtention du chou terminal cylindrique, une cavité cubique de 10 cm d'arêtes est ouverte dans le chou terminal à environ 30 cm de sa base. C'est à travers cette cavité percée au fond que la sève va couler dans une calebasse.

• Le tronc ou stipe

Le stipe ou tronc est utilisé dans la construction pour la confection des charpentes et le plafonnage des maisons. Il est aussi utilisé comme bois de chauffe. La poudre de la décomposition du stipe est utilisée comme fertilisant.

• Les racines

Les racines du palmier à huile sont utilisées dans la pharmacopée. Préparées, l'eau issue de la cuisson est bue par calmer les maux de ventre des femmes après accouchement. Elles servent également à corriger l'obésité avec la réduction considérable du taux de graisse dans le corps. La fibre interne de la racine est très solide et sert à attacher sans le moindre souci. Le tableau I fait la synthèse des différents organes, usages et fréquence d'utilisation du palmier à huile dans le 6^{ème} pôle de développement agricole.

Tableau I: Différents organes et usages faits du palmier à huile

| Parties | Sous-parties | Usages | FC (%) |
|---------|--------------------|-----------------------|--------|
| Feuille | Feuilles entières | Clôture | 87 |
| | | Couverture de régimes | 7 |
| | | Piège de poisson | 8 |
| | Foliole | Fumier | 27 |
| | | Entonnoir | 31 |
| | Nervure principale | Ceinture | 71 |
| | | Palissade | 9 |
| | | Lit | 18 |
| | | Corde | 38 |
| | | Panier de stockage | 40 |

| | | | |
|-----------|--------------------|------------------------|----------------|
| | | Plafond | 24 |
| | Nervure secondaire | Balais | 100 |
| Fleur | Fleur | Récolte de miel | 35 |
| | | Insectifuge | 75 |
| | | Savons | 45 |
| | | Fumier | 30 |
| Rameaux | Rameaux | Rituels | 100 |
| Régime | Amende | Savon | 90 |
| | | Alimentation des porcs | 45 |
| | | Huile palmiste | 36 |
| | | Pommade de massage | 29 |
| | Grappe et pulpe | Fumier | 25 |
| | | Pulpe ou mésocarpe | Huile de palme |
| | Sauce de palmiste | | 75 |
| | Allumage au feu | | 68 |
| Eclairage | 6 | | |
| Sève | Vin de palme | Consommation | 73 |
| | | Cérémonies | 64 |
| | | Libation | 63 |
| Stipe | Stipe | Construction | 100 |
| | | Pont traditionnel | 7 |
| | | Clôture | 22 |
| | | Chaises | 7 |
| | | Pont traditionnel | 7 |
| | | Fumier | 8 |
| | | Bois de chauffe | 35 |
| Racines | Racine entière | Pharmacopée | 75 |
| | Fibre interne | Corde | 7 |
| | | Guitare | 12 |

Source : Travaux de terrain, juillet 2023

L'analyse du tableau I montre que le palmier à huile est un arbre à buts multiples et une source de technologies traditionnelles et modernes très variées. Ainsi, l'homme tire du palmier à huile des richesses inestimables (aliments, boissons, médicaments, matériaux de travaux ménagers et de construction, objets d'art, combustibles, produits d'élevage et d'agriculture, produits cosmétiques, etc.) pour ses besoins quotidiens. Le tableau II fait le récapitulatif des valeurs d'usages du palmier à huile dans le 6^{ème} pôle de développement agricole.

Tableau II : Valeur d'Usage (VU) du palmier à huile

| Types d'usages | Valeur d'Usage |
|--------------------|----------------|
| Usage alimentaire | 19,08 |
| Usage médicinale | 13,52 |
| Usage énergétique | 11,04 |
| Usage construction | 8,52 |
| Usage artisanal | 5,78 |
| Usage agricole | 10,04 |
| Usage traditionnel | 7,51 |
| Usage économique | 22,86 |
| Total | 98,35 |

Source : Travaux de terrain, juillet 2023

L'analyse du tableau II montre que le palmier est un arbre à buts multiples et une source de technologies traditionnelles et modernes très variées. L'usage sur les plans économique (UV = 22,86), alimentaire (UV = 19,08), médicinale (UV = 13,52), énergétique (UV = 11,04) et agricole (UV = 10,04) sont les plus dominantes ; suivi des usages en construction (UV = 8,52), traditionnel (UV = 7,51) et artisanal (UV = 5,78). Ainsi, l'homme tire du palmier des richesses inestimables (aliments, boissons, médicaments, matériaux de travaux ménagers et de construction, objets d'art, combustibles, produits d'élevage et d'agriculture, produits cosmétiques, etc.).

Commercialisation des produits du palmier

Importance monétaire variable selon les acteurs

L'analyse du revenu monétaire de l'exploitation du palmier à huile a été réalisée au niveau de deux groupes d'acteurs que sont les producteurs et les commerçants.

Rentabilité de la filière palmier à huile

Les considérations faites pour apprécier les différents niveaux de rentabilité et les résultats obtenus se présentent comme suit :

❖ **Maillon pépinière**

Il a été considéré dans cette évaluation un pépiniériste agréé qui produit 15 000 plants de palmiers sélectionnés par an compte tenu de la demande avec une performance de 3 % de perte au cours de production des plants avec des investissements spécifiques tels que le forage d'un puits et la construction d'un magasin de stockage. Le tableau III présente les indicateurs clés de rentabilité sur une telle pépinière.

Tableau III : Indicateurs de rentabilité du maillon pépinière

| Paramètres d'appréciation de rentabilité | Montants (FCFA) |
|---|------------------------|
| Chiffre d'affaires | 10 000 000 |
| Charge d'exploitation | 8 875 000 |
| Revenu brut | 11 250 000 |
| Bénéfice | 1 000 000 |

Source : Enquêtes de terrain, août 2023

L'analyse du tableau III montre que pour une production annuelle de 15 000 plants par un pépiniériste agréé par le CRA-PP, avec un chiffre d'affaires de 10 000 000 f, la charge de l'exploitation est estimée à 8 875 000 f quand il réalise le forage et le bâtiment de stockage. Le revenu brut est de 11 250 000f. le bénéfice est évalué à 1 000 000f ; ce qui lui permet de vendre le plant à un prix variant entre 650 et 700f.

❖ **Maillon transformation de noix en huile de palme**

Il est considéré une unité de transformation disposant d'un égrappeur, d'un trieur, d'un cuiseur, d'un écraseur motorisé, d'une presse manuelle et de différents ustensiles spécifiques de transformation. Les calculs sont faits pour un cycle de transformation d'une tonne de régimes de palme avec un taux d'extraction moyen de 20 %. Le tableau V présente les indicateurs clés de rentabilité pour la transformation d'une tonne de noix de palme.

Tableau IV : Indicateurs de rentabilité du maillon transformation de noix de palme

| Paramètres d'appréciation/Tâches | Nombre de personnes | Montants |
|---|---------------------|----------------|
| Dépenses | | |
| Achat d'une bâchée de régimes | - | 350 000 |
| Transport à domicile | 2 | 20 000 |
| Egrappage | 1 | 2 000 |
| Effruitage | 4 | 4 000 |
| Tri | 3 | 6 000 |
| Bois de cuisson des noix | - | 12 000 |
| Achat d'eau de dilution du magma | 1 | 1 000 |
| Ecrasement 24 entonnoirs x 500 | 1 | 12 000 |
| Pressage 24 entonnoirs x 200 | 2 | 4 800 |
| Chargement entonnoir + évacuation huile brute au feu + mise en contenance | 2 | 5 000 |
| Séparation des fibres et des graines 150 x 24 | 2 | 3 600 |
| Transport des produits pour le marché | 2 | 5 000 |
| Total des dépenses | | 425 400 |
| Recettes | | |
| Vente 1 bidon de 25 L x 24 | - | 480 000 |
| Vente des graines | - | 10 000 |
| Vente des fibres | - | 5 000 |
| Vente fibre crémeuse | - | 5 000 |
| Total des recettes | | 500 000 |
| Revenu net | | 74 600 |

Source : Enquêtes de terrain, avril 2023

L'analyse du tableau IV montre que pour la transformation d'une bâchée de régimes en huile de palme, les dépenses sont évaluées à 425 000f. Les recettes après la vente font 500 000f ; ce qui fait un bénéfice de 75 000f environ. Donc tous les acteurs impliqués trouvent toujours leur compte si le travail est bien fait.

❖ Maillon transformation du vin de palme en alcool Sodabi

Il est considéré une extraction de vin de palme d'un hectare soit une moyenne de 150 plants et sa distillation en l'alcool dans un système artisanal de transformation. Le tableau VII présente les indicateurs de rentabilité.

Tableau VII : Indicateurs de rentabilité du maillon transformation de vin de palme

| Paramètres d'appréciation de rentabilité de 150 palmiers | Montants (FCFA) |
|--|-----------------|
| Investissement | 675 000 |
| Charges d'exploitation (carburant + bois de cuisson) | 72 000 f |
| Recette (900 f/litre) | 877 500 |
| Bénéfices | 130 500 |

Source : Enquêtes de terrain, avril 2023

L'analyse du tableau XV montre que pour l'extraction du vin de palme sur 150 plants et la transformation en alcool, un investissement de 675 000 f est fait par l'extracteur. Les charges sont estimées à 54 000 f pour son déplacement dans le champ et 18 000 f pour l'achat du bois pour la distillation à raison deux préparations le mois sur les trois de travaux ; soit 72 000 f. Un palmier libère environ 8 litres de vin, la distillation 6,5 litres d'alcool et la vente d'un litre de cet alcool s'opère à 900 f dans le milieu d'étude. Ainsi,

l'extracteur s'en sort avec 130 500 f comme bénéficiaire sur cette période. Le palmier est une plante bénéficiaire pour sa richesse.

Avantages socioéconomiques bien perçus par les acteurs

Les effets socioéconomiques induits par l'exploitation du palmier à huile sur les populations sont la création d'emploi temporaire et la contribution des revenus à l'amélioration des conditions de vie des ménages.

Exploitation du palmier à huile, source de création d'emplois

Le palmier à huile joue un rôle socioéconomique dans les ménages. En effet, il est la base, à travers l'huile de palme, l'huile palmiste et le Sodabi, d'une accumulation de revenus (différenciation socioéconomique, influence sur le statut des exploitants et sur la structure interne des ménages). Pour témoigner de son importance, les populations estiment que la richesse d'un paysan se mesure par rapport à la possession de palmeraie (Rapport PNDF, 2019, p 66). Elle contribue aussi bien à la sécurité alimentaire et nutritionnelle mais aussi à la réduction de la vulnérabilité économique. C'est pourquoi plusieurs acteurs l'identifient comme « la banque la plus sûre ».

Au plan social plusieurs faits confirment la viabilité du palmier à huile. Il occupe des hommes et des femmes, des jeunes et des vieux qui jouent tous des rôles importants dans la production, la transformation et la commercialisation. En dehors des produits sur lesquels sont construites les chaînes de valeurs de la filière, les sous-produits qu'offre la filière et les usages qui en sont faits constituent des avantages pour les communautés. Par exemple, les feuilles vertes du palmier sont utilisées pour nourrir des caprins dans le Sud Bénin. Elles sont utilisées aussi pour faire des palissades ou clôtures des habitations, pour fabriquer des balais locaux, etc. De même les branches séchées sont utilisées comme source d'énergie en servant à faire le feu de cuisson en zone de production de palmier à huile. Les fibres, tourteaux et coques servent à faire le feu et sont utilisés de façon continue et au quotidien en zone de transformation mais aussi dans des villes. Les rafles servent dans la fabrication artisanale de savon au niveau local et aussi dans la production de champignons comestibles. Par ailleurs, la plantation de palmier à huile, dans certaines communautés, est un signe de richesse et sert de garantie aux détenteurs pour beaucoup de prestige en milieu rural.

Globalement, il y a beaucoup d'enjeux autour de la filière pour les acteurs directs opérationnels sur les différents maillons, mais surtout pour les propriétaires de plantations de palmiers à huile.

Avantages économiques bien perçus par les producteurs

Les avantages monétaires liés à l'exploitation du palmier à huile sont diversement appréciés. Les figures 3 et 4 montrent les avantages issus des revenus de l'exploitation du palmier à huile.

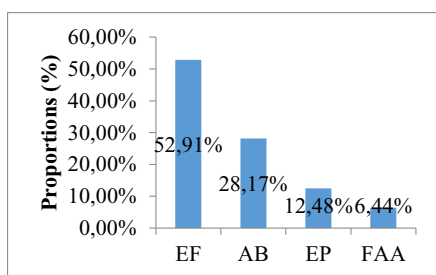


Figure 3 : Incidences des revenus

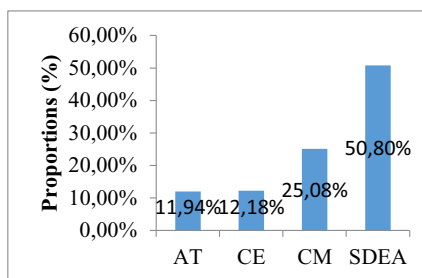


Figure 4 : Autres destinations des revenus du palmier à huile

Source : Enquêtes de terrain, avril 2023

Légende : EF : Entretien familial ; AB : Achat de biens ; AT : Achat de terrains ; CE : Cérémonies ; EP : Epargne FAA : Financement activités agricoles ; CM : Construction de maisons ; SDEA : Scolarisation des enfants et apprentissage

L'analyse de la figure 3 montre que l'entretien familial (52,91 %) et l'achat de biens (28,17 %) représentent les incidences majeures de l'utilisation des revenus. Cependant, l'épargne (12,48 %) et le financement des activités agricoles (6,44 %) ne représentent que des incidences mineures. Quant à la figure 4, elle révèle d'autres destinations des revenus. Ainsi, les exploitants utilisent les revenus pour l'achat de biens fonciers (11,94 %), les cérémonies (12,18 %), la construction ou la réfection de leur résidence (25,08 %) et la scolarisation des enfants voire l'apprentissage des non scolarisés (50,80 %). Il faut retenir que les revenus sont plus utilisés pour l'organisation des cérémonies surtout que ce milieu d'étude fait frontière avec le département de l'Ouémé où tous les week-ends presque il y a toujours des cérémonies qui sont organisées. Donc le brassage et la collaboration ont fait que cette habitude est rentrée dans le quotidien des populations du milieu d'étude.

Discussion

Les palmeraies constituent des écosystèmes à importance socioéconomique inestimable dans plusieurs domaines. Dans le domaine de l'alimentation humaine, les produits comme l'huile de palme, l'huile palmiste et le vin de palme contribuent beaucoup à l'alimentation des populations. Ce résultat corrobore celui de G. A. Mensah (1999, p 8) et B. Sagna et al (2019, p 3302) qui affirment que l'huile de palme riche en vitamines A et E sert comme ingrédients pour la cuisine, pommade pour les abcès et les traitements des gales de certains animaux domestiques. Le vin de palme contient également de la vitamine B et aide l'organisme à transformer les glucides qui produisent de l'énergie vitale. Le vin de palme présente de nombreux avantages pour la santé, en particulier lorsqu'il est consommé frais et non fermenté. Ces résultats sont en liaison avec ceux de CIRAD (2002, p 1573) qui montrent que le vin est bénéfique pour la santé humaine quand il est sans additif.

Du point de vue écologique, les palmeraies contribuent à l'enrichissement du sol (B. Sagna et al, 2019, p 3303). En effet, le palmier à huile augmente la fertilité des sols et son effet d'ombrage n'est pas significatif s'il est élagué. Le même constat a également été fait par C. Lokossou (2012, p 67) qui trouve que dans le département de l'Atlantique, les raisons qui ont motivé les producteurs à maintenir une densité forte de palmiers à huile avec des cultures annuelles sont liées à sa capacité à remonter la fertilité des terres. Pour la construction de la plupart des maisons, le palmier est une espèce incontournable dans la confection des plafonds et charpentes.

Sur le plan économique, les produits du palmier notamment les rameaux, le vin de palme, les huiles de palme et palmiste, les balais fabriqués, les coques, les amandes et les fibres procurent d'importantes devises aux exploitants. Ce résultat est en accord avec celui de H. Aholoukpè et al (2013, p 975) qui estiment que les palmeraies et les huileries, ainsi que l'ensemble des services liés à la production, contribuent au développement des économies locales des populations du département du Plateau.

Sur le plan culturel et culturel, le vin est incontournable dans certaines cérémonies traditionnelles. C'est ce qui conduit C. A. Kouchadé (2017, p 6) à affirmer que le palmier à huile est considéré comme source d'économie traditionnelle et comporte des valeurs socioculturelles importantes.

En résumé, le palmier à huile est un oléagineux essentiel qui fournit beaucoup de produits, à la fois pour la consommation domestique et procure d'importantes ressources économiques.

Conclusion

Le présent travail a permis de déterminer les connaissances ethnobotaniques et socioéconomiques de l'exploitation du palmier à huile dans le 6^{ème} pôle de développement agricole au Sud-Est du Bénin. Les plantations naturelles laissent progressivement place aux plantations de plants sélectionnés avec d'importants rendements. Les produits du palmier à huile sont utilisés à des fins alimentaires, thérapeutiques, énergétiques et économiques. La culture du palmier à huile dans ce pôle est marquée par le régime foncier traditionnel caractérisé par les modes d'accès par héritage, par bail et par achat.

Références bibliographiques

Adjadi E. (2008) : Le développement du palmier à huile sélectionné au Bénin. Rapport d'étude, Actualisation des superficies plantées, CRAPP/Pobè, p 9.

Aholoukpè H., VISSOH V. P., Amadji G., Deleporte P., Dubois B., Nodichao L., Glèlè Kakaï R., Chotte J. L. et Blavet D. (2013) : Typologie des plantations villageoises de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) dans le département du Plateau au Bénin. In revue Int. J. Biol. Chem. Sci. 7(3), pp 978-999.

Akpaca Innocent (2018) : Implications socioéconomiques, agraires et environnementales de la culture du pommier (*Irvingia Gabonensis*) sur le Plateau Adja au Sud-Ouest du Bénin. Thèse de doctorat, EDP/FLASH/UAC, Bénin, 238 p.

Kouchade C.A., Kounouhewa B. et Awokou S.K. (2017) : La récolte de vin de palme : procédé et effets des conditions environnementales. In revue Oilseeds & fats Crops and Lipids, DOI: 10.1051/ocl/2017035, 8 p.

Lokossou S. M. J. Christa (2012) : Analyse de la technologie artisanale de production de Sodabi : Définition des conditions opératoires. Mémoire d'Ingénieur de conception en technologie alimentaire, EPAC/GTA/UAC, 96 p.

Meless Akmel Siméon (2018) : Impact Socio-Environnemental de l'exploitation du palmier à huile (*Elaeis Gineensis*) en Lodjukru dans la région de Dabou (Côte d'Ivoire). In European Scientific Journal January 2018 edition Vol.14, No.3 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 324.

Odjo O. E. (2009) : Culture du palmier à huile dans la commune d'Ifangni : Impacts socioéconomiques et environnementaux. Mémoire de maîtrise de Géographie, 100 p.

**Profil nutritionnel des écoliers de quelques écoles primaires publiques dans la
Commune d'Abomey- Calavi**

AKPOLI Mahunan Léocadie, BEHANZIN Gbèssohèlè Justin

*Laboratoire de Pharmacologie et de Médicaments Traditionnels Améliorés (LPMTA) / Faculté des
Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey Calavi (UAC), Bénin*

Résumé

Le droit à l'éducation de base est reconnu à tous les enfants du monde sans discrimination aucune. Plusieurs mesures ont été prises pour le développement du secteur de l'éducation et en particulier le sous-secteur des enseignements maternel et primaire. Les enfants n'ayant pas accès à une alimentation nutritionnelle de qualité et en quantité suffisante, ont plus de difficultés à suivre les cours, à les assimiler et à les mémoriser. La situation nutritionnelle des enfants de 5 à 12 ans est très préoccupante dans les pays en développement et surtout au Bénin. En effet, la croissance des enfants en bas âge de ces pays est un aspect primordial à étudier, d'autant plus que la malnutrition peut perturber le développement cognitif des enfants. Ainsi la présente étude vise à évaluer le profil nutritionnel des enfants dans deux écoles primaires publiques de la commune de d'Abomey-Calavi. Pour la réalisation de cette étude, la méthode utilisée a consisté à faire l'échantillonnage, ensuite à la prise des valeurs anthropométriques et enfin le traitement des informations. Le matériel qui a servi à la réalisation de cette étude est constitué de pèse personne, de mètre pour la mesure des paramètres anthropométriques et aussi de la fiche d'enquête. Des enseignants sélectionnés ont été formés selon la pratique standard de l'OMS pour peser les enfants et mesurer leur taille. Les résultats obtenus pour ces travaux démontrent que l'état nutritionnel des enfants est insatisfaisant. Cet état de chose serait imputable au fait que les élèves sont en pleine croissance et que durant le temps passé à la maison pendant les vacances, les mets servis à la maison n'arrivent pas à satisfaire totalement leur besoin nutritionnel.

Mots clés : Etat nutritionnel – malnutrition - Ecoliers - mesures anthropométriques- OMS

Abstract

The right to basic education is recognized for all children in the world without any discrimination. Several measures have been taken for the development of the education sector and in particular the nursery and primary education sub-sector. Children who do not have access to nutritional food of sufficient quality and quantity have more difficulty following lessons, assimilating them and memorizing them. The nutritional situation of children aged 5 to 12 is very worrying in developing countries and especially in Benin. Indeed, the growth of young children in these countries is an essential aspect to study, especially since malnutrition can disrupt the cognitive development of children. Thus, the present study aims to evaluate the nutritional profile of children in two public primary schools in the commune of Abomey-Calavi. To carry out this study, the method used consisted of sampling, then taking anthropometric values and finally processing the information. The equipment used to carry out this study consists of personal scales, a meter for measuring anthropometric parameters and also the survey sheet. Selected teachers were trained according to WHO standard practice to weigh children and measure their height. The results obtained for this work demonstrate that the nutritional status of children is unsatisfactory. This state of affairs would be attributable to the fact that students are growing and that during the time spent at home during the holidays, the dishes served at home are not able to fully satisfy their nutritional needs.

Keywords: Nutritional status – malnutrition – Schoolchildren – anthropometric measurements – WHO

Introduction

Le droit à l'éducation de base est reconnu à tous les enfants du monde sans discrimination aucune (Déclaration Universelle des Droits de l'Homme, 1789). Ainsi les politiques publiques d'éducation au Bénin s'inscrivent dans le cadre des différentes initiatives et rencontres internationales, régionales et nationales (Odile *et al.*, 1997). Plusieurs mesures ont été prises pour le développement du secteur de l'éducation et en particulier le sous-secteur des enseignements maternel et primaire (Bouterakos *et al.*, 2021). « Ventre affamé, n'a point d'oreille » dit-on. Les enfants n'ayant pas accès à une alimentation nutritionnelle de qualité et en quantité suffisante, ont plus de difficultés à apprendre (Al-Isa *et al.*, 2010). La situation nutritionnelle des enfants de 5 à 12 ans est très préoccupante. En effet, la croissance des enfants d'âge primaire des pays en développement est un aspect primordial à étudier, d'autant plus que la malnutrition peut perturber le développement cognitif des enfants suite à des carences en micronutriments (Dagnogo *et al.*, 2009). Cette perturbation, comme la fatigue et le manque de concentration causés par la faim peut entraîner un handicap à la performance scolaire chez les enfants dénutris par rapport aux autres enfants, ce qui peut miner leur éducation et ainsi, leur futur (Caballero., 2003). Abomey-Calavi, une commune du Bénin regorge de plusieurs écoles dans lesquelles l'état nutritionnel des enfants est inconnu. Ainsi la présente étude vise à évaluer le profil nutritionnel des enfants dans deux écoles primaires publiques de la commune d'Abomey-Calavi.

Cadre d'Etude :

Le cadre d'étude est le département de l'atlantique précisément la commune d'Abomey-Calavi. Deux écoles ont été ciblées dans cette commune. Il s'agit :

- Ecole Primaire Publique d'Adjagbo- Domè
- Ecole Primaire Publique YÉKON- DO

Département de l'atlantique

Le département de l'Atlantique est l'un des plus petits des douze (12) départements du Bénin et s'étend sur près de 100 km de la côte vers l'intérieur du pays. Il a une superficie de 3 233 km² et regroupe 500 villages et huit communes que sont Abomey-Calavi, Allada, Kpomassè, Ouidah, So-Ava, Toffo, Torri-Bossito et Zè. L'Océan Atlantique forme la limite sud du département qui est limité à l'Ouest par le département du Mono. Le lac Ahémé, le fleuve Couffo et le fleuve Aho constituent les limites naturelles de ses frontières. Au nord, le département de l'Atlantique se trouve limité par le département du Zou. Cette frontière se situe au niveau géographique des villages de Séhouè, Kpomè et Djigbé et passe par la dépression de la Lama. A l'Est, il est limité par le département de l'Ouémé. La frontière passe au milieu de la vallée de l'Ouémé et traverse le lac Nokoué pour rejoindre la côte à la limite du département du littoral. (INSAE , 2016)

Cadre Physique

Un cordon littoral sableux, d'une largeur de 2 à 5 km et découpé par des lagunes et des marais, s'étend le long de la côte. Le complexe lagunaire est de plus en plus salé en l'occurrence le lac Ahémé et le lac Nokoué. Par contre le lac Toho renferme de l'eau douce qui est utilisée en grande partie pour l'irrigation d'une palmeraie de 400 ha. Le département de l'Atlantique est essentiellement marqué par un climat sub-équatorial caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons des pluies. La campagne agricole débute avec la grande saison des pluies au mois de mars et prend fin en juillet. Ensuite, vient la petite saison sèche qui dure du mois d'août jusqu'à la mi-septembre. Elle est suivie de la petite saison pluvieuse de mi-septembre jusqu'au début décembre. Enfin, la grande saison sèche dure du début décembre jusqu'au mois de mars. La partie centrale du département est formée par un plateau de terre de barre qui descend vers les vallées de l'Ouémé, du Couffo et de la dépression de la Lama. Avec deux saisons agricoles par an, cette région offre d'immenses possibilités agricoles. On y pratique les cultures vivrières, les fruitiers, le palmier à huile. La forte densité de la population qui caractérise cette sous-région et la pression exercée par la proximité des grands centres urbains de la côte constituent des débouchés certains pour l'écoulement des produits agricoles. La pluviométrie moyenne annuelle est voisine de 1 200mm, dont 700 à 800 mm pour la première saison pluvieuse et 400 à 500 mm pour la seconde saison des pluies. On note une diminution du niveau des précipitations du Nord vers le Sud et de l'Est vers l'Ouest. Les températures moyennes mensuelles varient entre 27 et 31 degrés centigrades. Les écarts entre le mois le plus chaud et le mois le moins chaud ne dépassent pas 3,2 degrés dans la zone sud, alors que cette variation se situe à 3,8 degrés pour le nord du département. Les mois de Février à Avril sont les mois les plus chauds et les mois de Juillet à Septembre sont les mois les plus frais. Le département de l'Atlantique dispose d'un réseau hydrographique assez important. Parmi les fleuves on peut citer notamment le Couffo, qui parcourt le département sur près de 50 kilomètres et qui se jette dans le lac Ahémé. Le Couffo est sujet à de fortes crues qui atteignent leur point culminant pendant la deuxième saison pluvieuse. Sur le plan des formations géologiques on en distingue deux groupes dans le département de l'Atlantique: les formations récentes et le continental terminal. (INSAE/ICF, 2019)

Cadre Humain

La population du département de l'Atlantique après selon les résultats du RGPH3 de février 2002 est de 801 683 habitants dont 412 561 femmes contre 389 122 hommes. La densité de population est de 248 habitants au km² et varie à l'intérieur des différentes communes allant de 571 habitants au km² (Abomey-Calavi) à 112 habitants au km² (Zè). On compte dans le département 94,3 hommes pour 100 femmes. 304 139 personnes vivent en milieu urbain soit (37,9 %) contre 497 544 personnes (62,1 %) en milieu rural. On rencontre essentiellement les ethnies Aïzo (32,6%) et les Fons (28,9%). On trouve également les Toffins (9,5%), les Adja (5,3%). Les populations de l'Atlantique pratiquent essentiellement les religions

comme le Catholicisme (37,1%), le Vodoun (27,5%). Elles sont aussi du Christianisme Céleste (9,0%). (INSAE/ICF, 2019)

Situation géographique des communes d'Abomey-Calavi

La commune d'Abomey-Calavi est située dans le département de l'Atlantique à environ 14Km ouest de la ville de Cotonou. Elle est limitée :

- au Nord par la commune de Zè,
- au Sud par l'océan Atlantique
- à l'Est par les communes de So-Ava et de Cotonou et
- à l'Ouest par les communes de Tori-Bossito et de Ouidah

Elle s'étend sur une superficie de 539 km² et compte 70 villages et quartiers de ville répartis en neuf arrondissements que sont : Calavi Centre, Godomey, Akassato, Zinvié, Ouèdo, Togba, Hêvié, Kpanroun et Golo-Djigbé.



Figure 1 : Cartographie de la commune d'Abomey-Calavi

Matériel et Méthodologie: le matériel qui a servi à la réalisation de cette étude est constitué de pèse personne, de mètre pour la mesure des paramètres anthropométriques et aussi de la fiche d'enquête.

Type et période d'étude

C'est une étude prospective, descriptive et analytique, qui s'est déroulée dans le département de l'Atacora.

Echantillonnage

Pour la réalisation de cette étude, la méthode utilisée a consisté à faire l'échantillonnage, ensuite à la prise des valeurs anthropométriques et enfin le traitement des informations. 105 élèves issus des deux écoles (EPP Adjagbo- Domè et de EPP YÉKON- DO) ont constitué l'échantillon

Collecte de donnée :

Des enseignants sélectionnés de chacune des écoles à l'étude ont été formés selon la pratique standard de l'OMS pour peser les enfants et mesurer leur taille. Pour mesurer le poids, une balance pèse-personne mécanique de marque Seca, précise à 0,01 kg a été utilisée et les enfants portaient leurs vêtements mais retiraient leurs chaussures. Pour la taille, un stadiomètre portatif précis au 0,001 m a été utilisé. L'âge des élèves a été obtenu par leur acte de naissance et, si ce dernier n'était pas disponible, la date de naissance était rapportée par les parents ou les élèves eux-mêmes. Il est donc possible que les données recueillies comportent des erreurs, notamment des erreurs de lecture des mesures, de non-respect de certaines règles pour une bonne prise de mesure et d'estimation de l'âge chez les enfants sans acte de naissance.

Calcul des indices

Le calcul des indices a été fait à l'aide du logiciel Who anthro version 3.2.2 (De Onis et al., 2006).

Résultats et discussion :**Résultats :****Répartition des enfants en fonction de l'âge et du sexe**

Dans les figures 2 et 3 ont été présentés la répartition des enfants en fonction de l'âge et du sexe, de l'analyse de ce tableau, il ressort que 77,14% des enfants avaient entre [5; 10[ans alors que 22,85% des enfants avaient entre [10; 15[ans. Les résultats ont également montré que 50,47% des élèves ont été de sexe masculin alors que 49,52% ont été de sexe féminin.

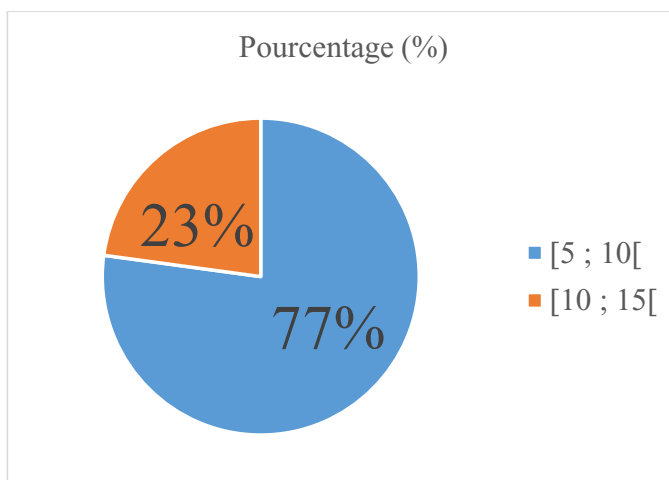


Figure 2: Répartition des enfants en fonction de l'âge

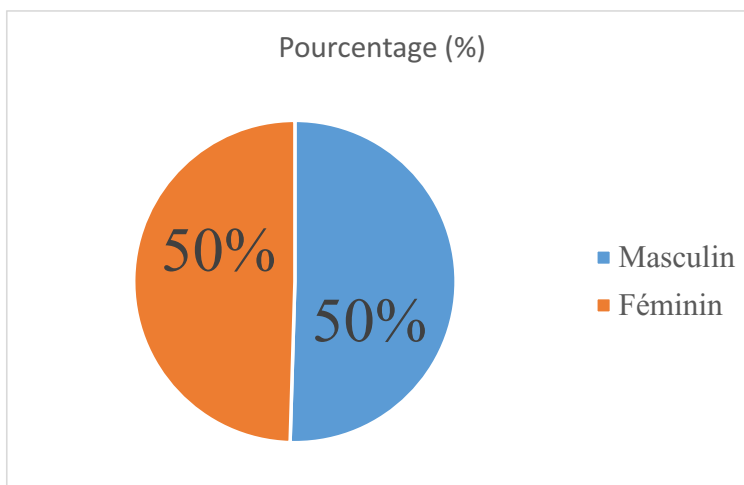
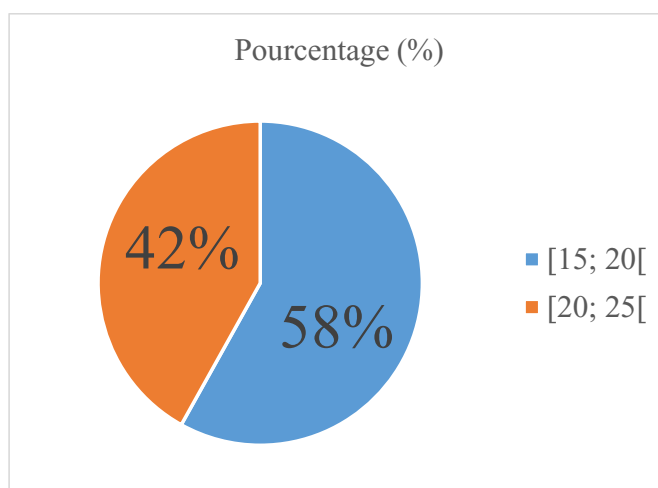


Figure 3: Répartition des enfants en fonction du sexe

Répartition des enfants en fonction du périmètre branchial

Dans la figure 4 a été présenté les résultats de la détermination du périmètre branchial. Ce tableau a montré que 58,09% des élèves avaient un périmètre branchial compris entre [15; 20[alors que 41,90% avaient un périmètre branchial compris entre [20; 25[. Les deux sexes sont donc représentés également dans l'échantillon analysé. Les résultats ainsi obtenus sont proches de ceux de Olivier 2013 qui a obtenu dans les écoles de Cotonou, 52% sont des garçons et 48% des filles et à Ouagadougou, on compte 51% de garçons et 49 % de filles. Il a travaillé sur l'état nutritionnel d'enfants d'âge primaire à Cotonou (Bénin) et à Ouagadougou (Burkina faso).



Figures 4 : Répartition des enfants en fonction du périmètre branchial

Les figures 5, 6 et 7 ont présenté respectivement la répartition des élèves en fonction du poids, de la taille et du périmètre crânien. De l'analyse de ces figures, il ressort que la majorité des élèves (44,76%) avaient

un poids compris entre [20 ; 25[, alors que 38,09% des élèves avaient un poids compris entre [110 ; 120[. Pour ce qui est du périmètre crânien, les résultats ont montré que 86,66% des enfants ont un périmètre crânien, compris entre [50 ; 55[.

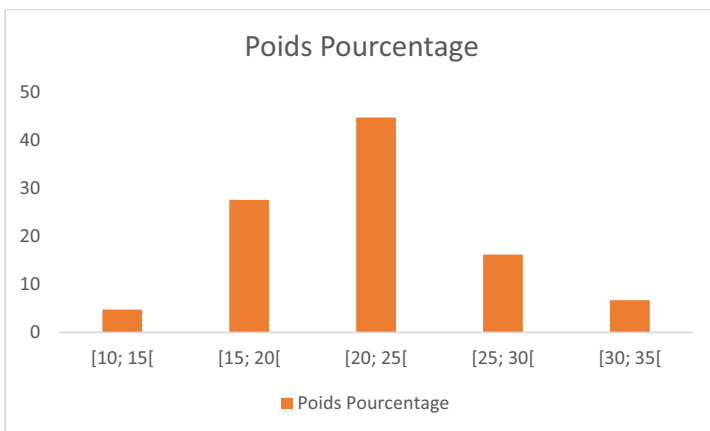


Figure 5 : Répartition des enfants en fonction du poids

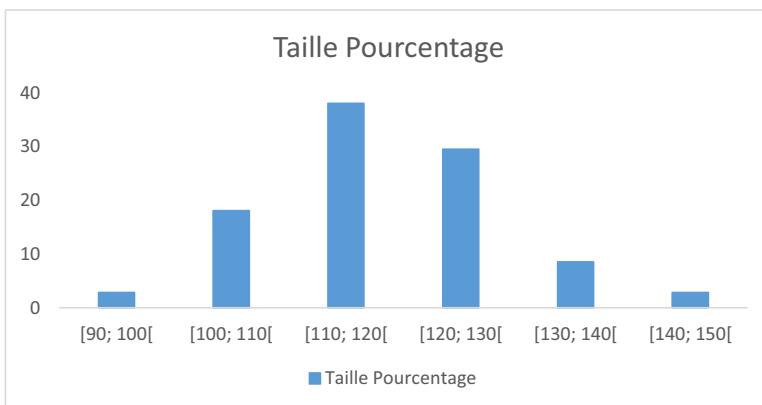


Figure 6 : Répartition des enfants en fonction de la taille

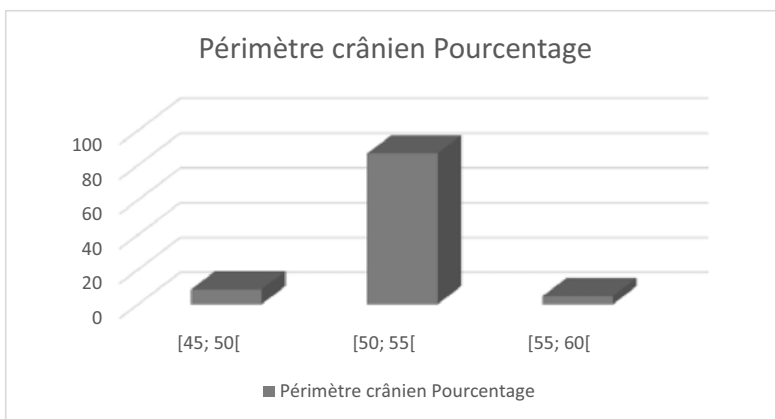


Figure 7 : Répartition des enfants en fonction du périmètre crânien

Répartition des enfants en fonction de l'IMC

Dans la figure 8 été présenté les résultats de la détermination de l'IMC des élèves. L'analyse de ce tableau a montré que 94,28% des élèves étaient en sous poids contrairement à 5,71% d'entre eux qui avaient un poids normal. Même si aucun élève n'a présenté une figure de malnutrition, le fait que la majorité des IMC tend vers la moyenne inférieure pose un problème nutritionnel. Il faut noter aussi qu'aucun élève n'est en surpoids.

Figure 8 : Répartition des enfants en fonction de l'IMC

Discussion

Les résultats obtenus pour ces travaux démontrent que l'état nutritionnel des enfants est insatisfaisant. Cet état de chose serait imputable au fait que les élèves sont en pleine croissance et que durant le temps passé à la maison pendant les vacances, les mets servis à la maison n'arrivent pas à satisfaire totalement leur besoin nutritionnel. L'état nutritionnel des élèves pourrait également être imputable au pouvoir financier des parents. En effet la morosité économique que connaît le monde actuellement influence énormément sur les revenus et le pouvoir d'achat des parents qui n'ont d'autre choix que de réduire la part financière des enfants. L'alimentation des élèves à la maison doit également avoir une grande influence sur leur état nutritionnel. En effet, la maison est le premier lieu où le jeune enfant trouve des aliments nécessaires à son développement et sa croissance normale. Plusieurs études en Afrique de l'Ouest semblent démontrer que les enfants plus vieux sont davantage touchés par la dénutrition. À Ouagadougou (Grisay,2007), il a été observé que les enfants de 10 à 12 ans étaient significativement plus affectés par des retards de croissance que ceux de 7 à 9 ans. Cependant, les enfants de 5 à 9 ans souffraient plus de maigreur que leurs aînés, contrairement au présent travail. Au Nigéria, trois études abondent dans le sens de nos résultats. Pour la première, on constate une maigreur de grade 3 identifiée par l'IMC est plus fréquente plus l'âge augmente aussi. La maigreur de grade 1, plus modérée, était par contre plus fréquente chez les jeunes de 9-10 ans que ceux de 11-12 ans. Pour la deuxième, une plus grande proportion d'enfants de 11 à 16 ans est touchée par un retard de croissance que ceux de 6 à 10 ans et pour la troisième, une plus grande proportion d'enfants de 10 à 14 ans est touchée par un retard de croissance que ceux de 5 à 9 ans. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les enfants qui souffrent d'un retard de croissance ou de dénutrition à un jeune âge et dont l'état nutritionnel ne s'améliore pas en vieillissant continuent de prendre du retard en prenant de l'âge, ce qui les éloigne de plus en plus d'un état nutritionnel normal (Gansi et al.,2007) En Afrique du Sud, pourtant, une étude ne corrobore pas ces résultats, les garçons étant plus dénutris à 5-6 ans et à 10-12 ans et alors que les filles sont plus dénutries avec l'âge, mais la différence n'est pas significative. Le retard de croissance, lui, est davantage un indicateur de malnutrition chronique (Gaha et al., 2002), puisque la taille prend plus de temps à se rattraper que le poids. Les enfants souffrant de retard de croissance sont donc habituellement des enfants

qui souffrent de malnutrition depuis longtemps ou qui en ont souffert davantage dans les premières années de leur vie. Au Nigéria, c'est plutôt 12% pour les 5-9 ans et 20% pour les 10-14 ans, ce qui est beaucoup plus élevé que nos valeurs. Les auteurs expliquent leur grande prévalence de retard de croissance par des apports nutritionnels diminués, un statut socio-économique faible et des habitudes culturelles (Gaha *et al.*, 2002). Les IMC obtenus dans cette étude mettent bien en évidence le problème de double fardeau nutritionnel relaté abondamment dans la littérature. Cela est préoccupant car plusieurs enfants continuent de souffrir de dénutrition, ce qui peut handicaper leur développement et leur éducation, mais de plus en plus d'enfants souffrent de leur côté de surpoids, problème qui pourrait surcharger le système de santé et éclipser les problèmes de dénutrition, qui continueront d'être présents. De plus, il est bien connu qu'un excès de poids peut aussi avoir des conséquences sur l'état de santé, comme le développement de maladies cardio-vasculaires, ce qui amène de nouveaux problèmes dans ces régions qui commencent à s'occidentaliser (Grover-Páez *et al.*, 2009).

Conclusion :

La prévalence de la malnutrition chez les enfants scolarisés étant d'une importance capitale, la présence qui s'est déroulée sur des élèves de deux écoles primaires publiques de la commune d'Abomey-Calavi a permis de mettre en évidence l'état nutritionnel de ces derniers. Les résultats obtenus montrent que le poids de la majorité des enfants est compris entre [20 ; 25[et leur taille est compris [110 ; 120[, il y a autant de fille que de garçon dans l'échantillon étudié et la majorité des enfants a entre [5; 10[ans. La détermination de l'indice de masse corporelle montre que la plupart des élèves sont malnutris.

Références bibliographiques

- 1- Al-Isa, A. N., Campbell, J., Desapriya, E. 2010. Factors associated with overweight and obesity among Kuwaiti elementary male school children aged 6–10 years. *International Journal of Pediatrics*. Article ID 459261.
- 2- Caballero, B., Clay, T., Davis, S. M., et al. 2003. Pathways: a school-based, randomized controlled trial for the prevention of obesity in American Indian schoolchildren. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(5), 1030-1038
- 3- Dagnogo, G. B. (2016). Les grossesses en milieu scolaire au prisme de la communication pour le changement de comportement: l'exemple du lycée moderne de Tengrele en Côte d'Ivoire.
- 4- De ONIS M., ONYANGO AW., BORGHI E., GARZA C., YANG H., 2006 : For WHO Multicenter Growth Reference Study Group. Comparison of the World Health Organization (WHO) Child Growth Standards and National Center for Health Statistics, WHO international Growth reference : implication for child health programmes. *Public Health Nutrition*, 9(7), 942-947
- 5- Gansi Hounsa, B. (2007). La déscolarisation en République du Bénin : Cas de la Commune de Sèmè-Kpodji. Mémoire de Maîtrise en Jeunesse et Animation, INJEPS, Porto-Novo.

- 6- Grisay Aletta (2007), Réflexions sur « l'effet école » in Recherche sur l'évaluation en éducation J. (1975). Education et Développement. Problèmes de l'aide à l'éducation dans les pays du tiers-monde : Exemples africains
- 7- Grover-Páez, F. & Zavalza-Gómez, A.B., 2009. Endothelial dysfunction and cardiovascular risk factors. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 84(1), p.1-10
- 8- INSAE, 2016: Institut Nationale de la Statistique et de l'Analyse Economique, Enquête par grappes à indicateurs multiples (MICS), rapport final, Bénin, 247p
- 9- INSAE/ICF, 2019 : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cinquième Enquête Démographique et de Santé au Bénin, Ministère du Plan et du Développement (EDSB), Cotonou Bénin, 165p
- 10- Odile Jacob, 1997. 5. Durkheim E., Education et sociologie, PUF, Paris, 1977 6. Gras, A. (1974).
- 11- R., Ghannem, H., Harrabi, I., Abdelazi, A. B., Lazreg, F., Fredj, A. H. 2002. Étude de la surcharge pondérale et de l'obésité dans une population d'enfants et d'adolescents scolarisés en milieu urbain à Sousse en Tunisie. *Archives de Pédiatrie*, 9(6), 566-571.

Assessment of endogenous soil fertility to update fertilization of maize (*Zea Mays L*) crops in the savannah region of Togo

Corresponding author : Mouhamadou Lare, Laboratoire Interface Sciences du Sol-Climat et Production Végétale (LISSCPV), Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé. E-mail: mouhamadoulare@gmail.com

Co-author : Professeur Jean Mianikpo Sogbedji, Laboratoire Interface Sciences du Sol-Climat et Production Végétale (LISSCPV), Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé. E-mail: mianikpo@yahoo.com

Résumé

Le diagnostic de la fertilité des sols est un préalable pour la formulation de recommandation d'engrais équilibrée et spécifique au site. Pour ce faire, des essais soustractifs ont été mis en place dans les préfectures de l'Oti, de Tandjouaré, de Tône et de Kpendjal de la région des Savanes afin de déterminer la fertilité endogène du sol en lien avec la nutrition du maïs. Vingt-cinq producteurs disposant de parcelles ont été choisis de façon aléatoire dans différentes préfectures dont huit dans Tandjouaré, sept dans Tône, cinq dans l'Oti et cinq dans Kpendjal. L'approche était participative afin d'impliquer l'utilisateur final dans l'exercice. Le dispositif complètement aléatoire a été adopté comportant 05 traitements: le $N_0P_0K_0$ (T_1), $N_0P_{60}K_{70}$ (T_2), $N_{120}P_0K_{70}$ (T_3), $N_{120}P_{60}K_0$ (T_4) et $N_{120}P_{60}K_{70}$ (T_5) $kg\ ha^{-1}$ dans le cadre de l'essai. La parcelle élémentaire a été de 100 m² soit 10m *10m. Le rendement en grains, la réponse de rendement aux nutriments, l'Efficacité Agronomique (EA) et la rentabilité ont été déterminés. Le Genstat Edition 12th a été utilisé pour discriminer les moyennes.

Les rendements moyens ont été de 0,56, 0,83, 3,18, 3,44 et 4,57 Mg ha⁻¹ respectivement pour le T_1 , T_2 , T_3 , T_4 et T_5 dans Tandjouaré, de 0,32, 0,52, 1,06, 2,39 et 3,02 Mg ha⁻¹ respectivement pour le T_1 , T_2 , T_3 , T_4 et T_5 dans Tône, de 1,01, 1,35, 2,56, 3,16 et 4,39 Mg ha⁻¹ respectivement pour le T_1 , T_2 , T_3 , T_4 et T_5 dans l'Oti et de 0,39, 0,75, 1,54, 2,33 et 3,31 Mg ha⁻¹ respectivement pour le T_1 , T_2 , T_3 , T_4 et T_5 dans Kpendjal. Le classement des données de rendement par traitement d'engrais indique que les trois macronutriments (N, P et K) sont nécessaires pour la production de maïs dans la région des Savanes, avec un classement prioritaire $N > P > K$. Les résultats ont également montré que la meilleure efficacité agronomique est obtenue lorsque tous les macronutriments sont fournis dans les quatre préfectures. Les résultats de ce diagnostic serviront de base à la formulation de recommandations d'engrais équilibrées et spécifiques au site pour une agriculture intelligente et respectueuse de l'environnement.

Mots clés : Maïs, fertilisation minérale, rendement, macroélément, efficacité de l'utilisation des nutriments, Togo

Abstract

The diagnosis of soil fertility is a prerequisite for the formulation of balanced and site-specific fertilizer recommendations. Macro elements (nitrogen – N, phosphorous – P and potassium – K) based nutrient omission trials were conducted in the districts of Oti, Tandjouaré, Tône and Kpendjal of the Savannah region. The objective was to assess endogenous soil fertility under maize cropping to further develop updated site-specific fertilization schemes for the crop. A total of twenty-five producers were selected in the region (eight in Tandjouaré, seven in Tône, five in Oti and five in Kpendjal) for the study in a participatory approach. The approach was participatory in order to involve the end user in the exercise. A randomized complete block design was adopted with five fertilization treatments including $N_0P_0K_0$ (T_1),

$N_0P_{60}K_{70}$ (T_2), $N_{120}P_0K_{70}$ (T_3), $N_{120}P_{60}K_0$ (T_4) and $N_{120}P_{60}K_{70}$ (T_5) kg ha⁻¹ for the trial. The unit plot size was 100 m² (10 m x10 m).

Grain yield, yield response to nutrients, Agronomic Efficiency (AE) and profitability were determined. Genstat Edition 12th was used to discriminate means. The average yields were 0.56, 0.83, 3.18, 3.44 and 4.57 Mg ha⁻¹ respectively for T_1 , T_2 , T_3 , T_4 and T_5 in Tandjouaré, 0.32, 0.52, 1.06, 2.39 and 3.02 Mg ha⁻¹ respectively for T_1 , T_2 , T_3 , T_4 and T_5 in Tône, 1.01, 1.35, 2.56, 3.16 and 4.39 Mg ha⁻¹ respectively for T_1 , T_2 , T_3 , T_4 and T_5 in Oti and 0.39, 0.75, 1.54, 2.33 and 3.31 Mg ha⁻¹ respectively for T_1 , T_2 , T_3 , T_4 and T_5 in Kpendjal. The ranking of yield data by fertilizer treatment indicates that all three macronutrients (N, P and K) are required for maize production in the Savannah region, with a priority ranking of N>P>K. The results also showed that the best Agronomic Efficiency is obtained when all macronutrients are supplied in all four prefectures. The results of this diagnostic will be used as a basis for formulating balanced, site-specific fertilizer recommendations for intelligent, environmentally-friendly agriculture.

Introduction

Cereal production is one of the highest in the world, with corn being the most widely grown cereal. Production is estimated at 1.4 billion tonnes (FAOSTAT, 2020). Maize is the main crop in the West African sub-region and the staple food of the region's populations (Sogbedji et al., 2006). In Togo, once considered essentially a food crop, maize has been increasingly positioned as a cash crop in recent years and constitutes the staple food of the population to such an extent that the question of food security seems to be restricted to its spatio-temporal availability and accessibility for households (Detchinli et al., 2017; ITRA, 2019), which raises its importance from a nutritional, economic and political point of view.

Maize production occupies almost 20% of Togo's total farmed area, with production of 912,086 tonnes in 2019 (FAOSTAT, 2020). Despite its importance, maize production in Togo is characterized by low productivity. The national average yield has been 1.2 t/ha for two decades (FAOSTAT, 2020). Productivity has not kept pace with production, which has evolved following the increase in production areas, which is a general observation in Africa (MAEH, 2015; Rakotoarisoa et al., 2011). Generally speaking, this low productivity can be explained by the effects of climate change and variability, but above all it is due essentially to soil degradation and the difficulties farmers face in responding to it (Laurent et al., 2015). This widespread state of soil degradation in Africa can be explained by long-standing practices. For Adden et al., 2016, soil fertility loss is the main constraint on yield decline. Studies have shown that in sub-Saharan Africa, farmers have often applied mineral fertilizers at doses lower than the recommendations established during the Green Revolution period (Maraux et al., 2007) while overexploiting the soil. In Togo, most agricultural soils are degraded, thus penalizing production. Crop management techniques have evolved little and, above all, have not been widely adopted by farmers (Adesina & Baidu-Forson, 1995). As a result, the soil does not receive back what it has lost. And yet, for optimal, sustainable production, the balanced supply of nutrients is becoming a necessity. Obtaining balanced and specific fertilization formulas requires prior knowledge of the soil's endogenous fertility. Several approaches are available,

including soil chemical analysis, visual analysis and mapping, to determine endogenous soil fertility in terms of the major elements N, P and K. But the question is whether these methods take into account the soil's capacity to supply nutrients to the plant. For this reason (Sogbedji, 2006; Maba, 2007), the use of the subtractive test approach would be a good method for estimating the soil's capacity to supply nutrients to the plant.

The aim of the present study is to determine the endogenous fertility of soils in the Savanes region of Togo.

Materials and methods

Experimental site

The study was carried out in the Savanes region (latitude: 10.423868; longitude: 0.409638), in four prefectures: Tandjouare, Tône, Oti and Kpendjal. This is Togo's northernmost region. The region has a Sudano-Sahelian climate, with a rainy season from May to October and a dry season from November to April. Rainfall ranged from 787 to 1194 mm, with considerable inter-annual variability. The dominant soils are leached tropical ferruginous soils (Lamoureux, 1969).

Plant material

The maize variety Ikenne 9449-SR was used in the experiment. It is a composite variety, bred by CIMMYT / IITA, introduced into Togo in 1980 and grown in all regions of the country. The sowing-maturity cycle (50%) varies from 100 to 105 days. This variety has an average height of 2.10 m and an ear insertion height of 90 cm. Its grain is hard and whitish in color. It has good ear coverage and good resistance to drought, stripe virus and lodging. The average yield of the Ikenne variety is 5 Mg ha⁻¹ (CEDEAO-UEMOA-CILSS, 2016).

Experimental setup

The set-up was a 5-treatment block, including 4 subtractive treatments (NPK, NP, NK and PK) and a fifth reference treatment (Figure 1). The trials set up are called subtractive or "omission" trials, requiring the use of simple fertilizers to identify the deficiency of each element in the soil. The tests are based on a treatment corresponding to a complete and sufficient supply of NPK and treatments without N, P or K. The NPK treatment was reasoned in such a way as to provide the maximum N, P and K requirement for maize. The doses generated by APNI as part of Togo's agricultural exercise in 2021 were used for the study.

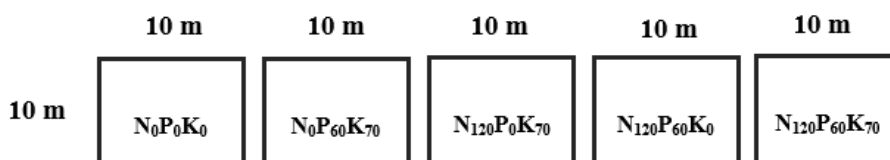


Figure 1 : Experimental setup

Trial conduct

The trial was conducted in the prefectures of Kpendjal, Tandjouare, Tône and Oti from June - November 2022. Growers were strategically selected for capacity building and potential adoption of advanced technologies, as well as to serve as pilot sites for the region. A total of 8; 7; 5; 5 growers were selected in the prefectures of Tandjouare, Tône, Kpendjal and Oti respectively. Each grower was allocated a 600 m² plot. The elementary plot was 10 m X 10 m, i.e. an area of 100 m². A cultivation pattern of 0.8 m x 0.4 m was adopted, with 2 plants per plot, giving a density of 62,500 plants/ha. The maize crop was hand-weeded three times and treated as required with Emmamectin Benzoate 50% to control armyworm. Fertilizer application consisted of a spot application of N₁₂₀P₆₀K₇₀ kg ha⁻¹, with half of the nitrogen dose (60 kg N ha⁻¹) and full doses of P and K applied around 15-21 days after maize planting and the remaining half of the nitrogen applied 40-45 days after maize planting. N fertilizers were applied as urea (46% N), and P and K were applied as triple superphosphate (TSP 46% P₂O₅) and potassium chloride (KCl 60% K₂O), respectively.

Data collection

Maize grain yield

The average corn grain yield for each fertilization treatment in each prefecture was determined by harvesting the cobs from the useful area (3.2 m x 5 m) in the middle of the 100 m² treatment plot. The harvested corn kernels were sun-dried to a moisture content of around 14%.

Yield was calculated using the following formula:

$$R = (M * 10000) / Sp$$

R = yield (in Mgha⁻¹)

M = fruit mass (in Mg)

Sp = plot area (in m²)

Determination of yield response to N, P and K nutrients

Based on the average yields obtained under each treatment in each prefecture, the yield response to nutrients was determined for each of the macroelements (N, P and K).

This response is the difference in yield between the treatment that received all the macronutrients (NPK) and a treatment where one element (N, P or K) is omitted. The yield response to nutrients is calculated using the following expressions:

N yield response = NPK treatment yield - N-free treatment yield

P yield response = NPK treatment yield - P-free treatment yield

K yield response = NPK treatment yield - K-free treatment yield (Dobermann, 2005).

Determining agronomic efficiency (AE)

Agronomic efficiency (AE) reflects the increase in yield per unit of nutrient applied. It is calculated using the following formula

$$EA = (Y - Y_0) / F$$

(Dobermann, 2005)

F = amount (of fertilizer) applied (kg ha⁻¹)

Y = crop yield with fertilizer applied (kg ha⁻¹)

Y₀ = crop yield (kg ha⁻¹) in a control treatment without fertilizer

Data analysis

All yield data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using GENSTAT version 12.0 software, and mean yield values were discriminated by Duncan's test at the 5% threshold.

Results and discussion

Effect of fertilization approaches on corn grain yield

Average maize grain yield data are presented in Table 1.

Table 1 : Table summarizing average maize grain yields (Mgha⁻¹) for each fertilization treatment in each prefecture.

| Prefecture | Fertilization treatments | | | | | LSD | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------------|--------|--------|--------|---------|-----|---------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|----------|---------|---------------|
| | N 0 | P 0 | K 0 | N 0 | P 60 | | K 70 | N 120 | P 0 | K 70 | N 120 | P 60 | K 0 | N 120 | P 60 | K 70 |
| Tandjouare | 0,56c | | | 0,83c | | | 3,18b | | | 3,44b | | | 4,57a | | | 0,6282 |
| Tône | 0,32b | | | 0,52b | | | 1,06b | | | 2,39a | | | 3,02a | | | 0,785 |
| Oti | 1,01c | | | 1,35c | | | 2,56b | | | 3,16b | | | 4,39a | | | 0,742 |
| Kpendjal | 0,39e | | | 0,75d | | | 1,54c | | | 2,33b | | | 3,31a | | | 0,2839 |

Analysis of variance revealed that fertilization approaches had a significant effect on maize grain yield. Means with the same letter in the same row are not statistically different at the 5% level according to Duncan's test.

The data set across the different prefectures indicates that yield trends related to fertilization treatments are generally identical. Ranking the data according to fertilization treatment clearly indicates that all three macroelements (N, P and K) are required for maize production in the Savanes region, the order of importance being N > P > K. However, the data show that grain yields based on fertilization treatments are consistently varied between prefectures. Within the region, although yield trends were similar with regard to fertilization treatment, and the ranking of importance of the three nutrients was N > P > K, average maize grain yields were higher in the prefectures of Oti and Tandjouare than in the prefectures

of Tône and Kpendjal. This highlights the variability of yield response to nutrients in different prefectures. This indicates that site-specific nutrient management is needed in the region across prefectures to specifically address crop nutrient requirements and thus maximize nutrient use efficiency. The results of the subtractive trials thus obtained make it possible to apprehend or appreciate soil fertility status even in the absence of soil analysis results, as previous studies have shown that soil chemical characteristics are insignificant in crop response to nutrients (Akanza, 2018; S. Njoroge et al., 2017).

The results of this study corroborate those of (Maba, 2007; IFDC, 2013a; Mawussi et al., 2015) in terms of yield trends and nutrient importance in the Plateaux, Centre and Savanes regions of Togo. The results are also in line with the findings of Badiane (2021) for whom Nitrogen is the most limiting element for maize cultivation followed by P and K in one area of Senegal.

The variation in yield response to the same fertilization treatments in different prefectures would be due to endogenous soil fertility, or either to the amount of rainfall, or to the spatio-temporal distribution of rainfall. For Igué et al. (2016) soil organic matter constitutes a very severe limitation for good assimilation of mineral fertilizers. It should be noted that, despite the beneficial effect of mineral fertilizers in achieving higher yields, a statutory quantity of organic matter would be a solution to ensure better productivity and the sustainable maintenance of agricultural soil fertility in certain prefectures. Thus Recous et al. (2015) asserted that the nitrogen cycle, like that of other mineral elements, is then under the control of carbon dynamics within the so-called "internal" nitrogen cycle in soils. For Faye et al. (2018), the spatio-temporal distribution of rainfall influences yield trends.

Ultimately, for effective and sustainable soil fertility management and the maintenance of high crop yields, it is necessary to take all three agricultural entities (soil, climate and plant material) into account when drawing up fertilization recommendations.

Determination of yield response to macronutrients N, P and K

The yield response to nutrients is the difference between the yield achievable with the N₁₂₀P₆₀K₇₀ treatment and the nutrient-limited yield (0N, 0P and 0K). It may reflect to some extent the endogenous supply of nutrients from the soil. The higher the yield response for a given nutrient, the poorer the soil is for that element. Yield responses for N, P and K in the four prefectures showed different amplitudes (Figure 2). The trends were identical from one prefecture to another.

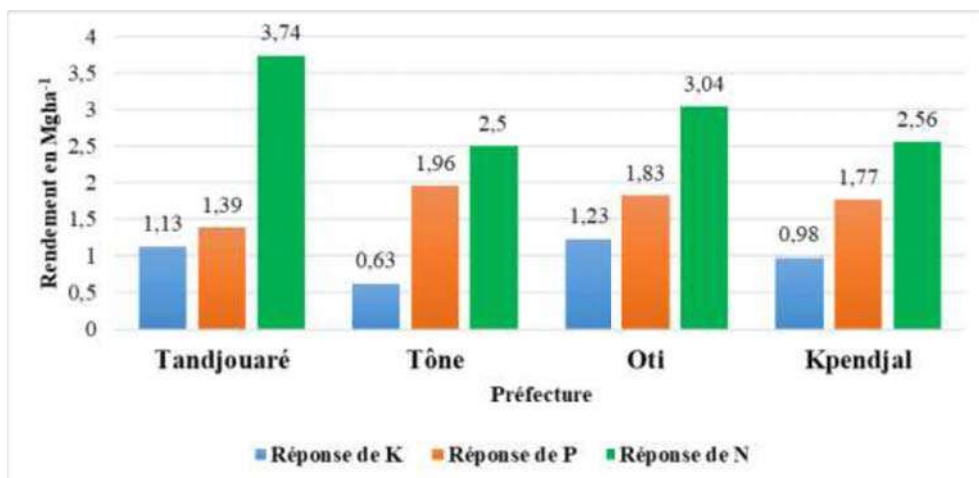


Figure 2 : Yield response to N, P and K nutrients

The observed variability in yield response to N, P and K nutrients is thought to be due to the plant's need for each of the nutrients applied, and to the fact that uptake of each nutrient is a function of the plant's physiological state, endogenous soil fertility and climate. Indeed, for Pampolino et al. (2012), yield response depends on soil fertility, but also on climate, soil characteristics and residual nutrients from the previous crop.

Indeed, the nutrient N induced a greater yield response, followed respectively by the nutrients P and K. This shows that endogenous soil N is the weakest, followed by P and K in the different prefectures. These results could be confirmed by studies by ITRA (2021) on the characterization of soil physico-chemical parameters in the Savanes region, showing a nutrient deficiency in the region. These results are in line with those of (Vanlauwe et al., 2011; Badiane, 2021), for whom nitrogen is recognized as the most limiting nutrient in cereal cropping systems over large areas of sub-Saharan Africa. However, the observed soil nutrient deficiency could be due to the absence of innovative efficient soil management practices, the disappearance of fallow land, the lack of compensation for nutrients depleted by crops and inadequate application of fertilizer doses. The results thus corroborate the findings of Badiane (2021) and Kamara (2017), who assert that soil nutrient deficiencies are due to the disposal of crop residues after harvest by burning or transport, and to intensive, long-term cultivation of the soil without adequate nutrient replenishment. Studies by Detchinli (2017) have also shown that soils in sub-Saharan Africa are originally nutrient-poor, and inappropriate use of these soils intensifies their poverty.

Determining the agronomic efficiency of nutrients

Agronomic efficiency (AE) defined as the increase in yield per unit of nutrient applied, depends largely on nutrient management practices (Xinpeng et al., 2017). It more accurately reflects the direct impact on

production of an applied fertilizer and is directly linked to economic return. A difference in yield between treatments on control is explained by the agronomic efficiency (AE) of all nutrients applied. The agronomic efficiencies of N (AE_N), P (AE_P) and K (AE_K) for the four prefectures are recorded in Table 2. A wide variation was noted between treatments with regard to AE_N , AE_P and AE_K from one prefecture to another.

| Fertilization treatments | Tandjouare | | | Tône | | | Oti | | | Kpendjal | | |
|--------------------------|------------|----|----|------|----|----|-----|----|----|----------|----|----|
| | N | P | K | N | P | K | N | P | K | N | P | K |
| $N_0P_0K_0$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $N_0P_{60}K_{70}$ | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 4 | 0 | 3 | 4 |
| $N_{120}P_0K_{70}$ | 22 | 0 | 31 | 6 | 0 | 9 | 13 | 0 | 18 | 10 | 0 | 14 |
| $N_{120}P_{60}K_0$ | 24 | 21 | 0 | 17 | 15 | 0 | 18 | 16 | 0 | 16 | 14 | 0 |
| $N_{120}P_{60}K_{70}$ | 33 | 29 | 48 | 23 | 20 | 32 | 28 | 25 | 40 | 24 | 21 | 35 |

Our study showed that the agronomic efficiency of N, P and K varied from one treatment to another and from one prefecture to another. In general, the $N_{120}P_{60}K_{70}$ treatments in the four prefectures recorded the best AEs for N, P and K, compared with the $N_{120}P_{60}K_0$, $N_{120}P_0K_{70}$ and $N_0P_{60}K_{70}$ treatments. The $N_{120}P_{60}K_{70}$ treatment in Tandjouaré prefecture achieved better AEs for N, P and K than the $N_{120}P_{60}K_{70}$ treatments in the other prefectures. The same scenarios apply to $N_{120}P_{60}K_0$ and $N_{120}P_0K_{70}$ treatments. For the $N_0P_{60}K_{70}$ treatments in the four prefectures, there was a very low AE for P and K, with different amplitudes. The NEA recorded for the $N_{120}P_{60}K_{70}$ treatments is in line with the results of Dobermann (2007), who states that for modern cereal cropping systems, management should aim to achieve an EA_N of 20 to 30 kg of grain per kg of nitrogen applied. However, he disagrees with the results of Badiane (2021), who obtained very low AE_N values with high variability. On the other hand, the AE_N values recorded under the $N_{120}P_{60}K_0$ and $N_{120}P_0K_{70}$ treatments in the Tône, Oti and Kpendjal prefectures are slightly lower than the range given by Dobermann (2007). These results show that the agronomic efficiency of nitrogen is better when P and K are supplied to the plant. For Banerjee et al (2014), EA_N is a function of the cropping system and is more important for nutrient application based on the recommendation obtained from the decision support system than for nutrient application based on farmers' practice in India on maize. With regard to AE_P , the results obtained under the $N_{120}P_{60}K_{70}$ treatment in the four prefectures and the $N_{120}P_{60}K_0$ treatment in the Tandjouaré prefecture are in line with Dobermann's (2007) results. For the other treatments, however, his results disagree with those of Dobermann (2007). But in agreement with the work of Badiane (2021). For AE_K , the results also showed different amplitudes, with data superior to Dobermann (2007) and in agreement with Badiane (2021).

The best interpretation of the results shows that the combined effect of the main nutrients for maize production improves the agronomic efficiency of each of the elements. The variability of the AE of N, P and K in the different prefectures attests to the need for each prefecture to have its own fertilization formula.

Conclusion

Soil fertility diagnosis is an essential part of developing recommendations for crop fertilization formulas. The aim is to determine endogenous soil fertility in the Savanes region. The results vary in importance. The three macronutrients (N, P and K) are necessary for maize production in the Savanes region. They also show that nitrogen is the main nutrient limiting maize grain yield, followed by phosphorus and potassium under the soil and climate conditions of our study. It also shows that the agronomic efficiency of nutrients varies according to endogenous soil fertility and element combinations, and that the best AE is obtained when all macroelements are supplied in all four prefectures. This efficiency of N, P and K varies from prefecture to prefecture. This highlights the need for specific fertilization recommendations for each prefecture.

Acknowledgment

The authors would like to thank the Doctoral Scholarship Program of the Projet d'Appui à la Réforme de l'Enseignement Supérieur en Sciences et Ingénierie (PARES) for i) financially facilitating their fieldwork and ii) facilitating the publication of their research results in this special issue.

References and bibliographies

- Adden A.K., Mawussi G., Sogbedji J.M., Sanda K., Kokou K. 2016.** Cropping Systems Effects on Sustainable Maize Crop (*Zea mays* L.). Production on Depleted Tropical Soil. *Int. J. Pure App. Biosci.* 4 (3): 206-215.
- Adesina, A. A., & Baidu-Forson, J. 1995.** Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology : Evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural economics*, 13(1), 1-9.
- Akanza, P. K. 2018.** Effets de l'engrais sur la fertilité, la nutrition et le rendement du maïs : Incidence sur le diagnostic des carences du sol. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 23(45), 54-66.
- Badiane P. D. 2021.** Evaluation de l'effet de la carence du sol en macronutriments (N, P, K) sur la croissance et le rendement de *Zea mays*. L à Sédhiou (Séfa). Mémoire de Master à l'Université Assane Seck de Ziguinchor, 60P.
- Banerjee M., Gopal S. B., Malik G.C. 2014.** Precision Nutrient Management through Use of LCC and Nutrient Expert® in Hybrid Maize Under Laterite Soil of India. *Universal Journal of Food and Nutrition Science* 2(2): 33-36. DOI: 10.13189/ujfns.2014.020202

- CEDEAO-UEMOA-CILSS. 2016.** Catalogue Régional des Espèces et Variétés Végétales CEDEAO-UEMOA-CILSS. http://www.insah.org/doc/pdf/Catalogue_Regional_semences_vf_janv_2017.pdf
- Detchinli K. S., Sogbedji J. M., Atchoglo R., Bona K. 2017.** Modélisation des doses économiques optimales de l'azote en culture du maïs (*zea mays* l.) sur les sols ferrallitiques au Togo. *rev. comes - vol.05 num.01. 2017 * issn 2424-7235.*
- Dobermann, A.R. 2005.** "Nitrogen Use Efficiency – State of the Art". *Agronomy & Horticulture -- Faculty Publications.* 316.
- Dobermann A. R. 2007.** Efficacité de l'utilisation des nutriments. Mesure et gestion. Dans: Kraus, A., Isherwood, K. et Heffer, P., Eds., *Fertilizers Best Management Practices. Actes de l'Association internationale de l'industrie des engrais, Bruxelles, Belgique, 7-9 mars 2007, 1-22.*
- FAOSTAT. 2022.** <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>, consulted on August 27, 2023.
- Faye M., Fall A., Faye G., et Hecke V. E. 2018.** La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental. *Belgeo* [En ligne], 1 | 2018, mis en ligne le 20 juin 2018, consulté le 26 août 2023. URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/22083> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/belgeo.22083>
- IFDC (International Fertilizer Development Center). 2013a.** Mainstreaming pro-poor fertilizer access and innovative practices in West Africa. IFAD Technical Assistance Grant No. 1174 report. Muscle Shoals, Alabama, USA.
- Igue A. M., Oga C. O., Balogoun I., Saidou A., Ezui G., Youl S., Kpagbin G., Mando A, Sogbedji J.M. 2016.** Détermination Des Formules D'engrais Minéraux Et Organiques Sur Deux Types De Sols Pour Une Meilleure Productivité De Maïs (*Zea mays* l.) Dans La Commune De Banikoara (Nord-Est Du Bénin). *European Scientific Journal* October 2016 edition vol.12, No.30 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431.
- ITRA (Institut Togolais de Recherche Agronomique). 2019.** Référentiel technico-économique de la production de maïs grain au Togo.
- ITRA (Institut Togolais de Recherche Agronomique). 2021.** Recommandations pour les principales cultures selon l'état de la fertilité des sols.
- Kamara A.Y. 2017.** Good agricultural practices for maize cultivation: the case study of West Africa. In; Watson V. (Eds.), *achieving sustainable cultivation of maize, volume: 2, pp.49-60.* Burleigh Dodds Science Publishing. <https://doi.org/10.4324/978135114271-8>.
- Lamouroux M. 1969.** Carte pédologique du Togo au 1/1000000. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Centre ORSTOM de Lomé, Togo.
- Laurent K. K., Jimmy K. K., Dominique T. T., Maurice K. K., Gabriel M. M., Serge L., Michel, M. K., et Luciens, N. K. 2015.** Mise en évidence des doses de fertilisants minéraux à appliquer aux nouvelles variétés de maïs introduites dans la région de Lubumbashi (RD Congo). y IP address 192.168. 10.4 on 2022/05/24.

- Maba B. 2007.** Identification des éléments nutritifs majeurs limitants et des stratégies appropriées de fertilisation sous culture de maïs dans l'Ogou-Est. Mémoire d'Ingénieur Agronome, ESA/UL, 91P.
- MAEH (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de l'Hydraulique). 2015.** La politique agricole assortie du plan stratégique pour la transformation de l'agriculture au Togo à l'horizon 2030 (pa-pstat 2030). Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de l'Hydraulique.
- Maraux, F., Dugué, P., & Garry, F. 2007.** Amélioration de la fertilité du sol et réhabilitation des terres dégradées : Dynamiques socio-techniques en zones sèches d'Afriques de l'ouest et du centre. *Agricultural innovation in dryland Africa: What are the key drivers for success*, 22-24.
- Mawussi G., Adden A.K., Sogbedji M.J., Ayisah K.D. et Sanda K. 2015.** Identification et hiérarchisation d'éléments nutritifs déterminants pour la production du maïs (*Zea mays* L.) sur les sols ferrugineux tropicaux au sud du Togo. *rev. comes*, 45-49.
- Njoroge R., Otinga A.N., Okalebo J.R., Pepela M. and Merckx R. 2018.** Maize (*Zea mays* L.) Response to Secondary and Micronutrients for Profitable N, P and K Fertilizer Use in Poorly Responsive Soils. *Agronomy* 8, 4(49) ; 1-20.
- Pampolino, M.F., Witt, C., Pasuquin, J.M., Johnston, A., Fisher, M.J. 2012.** Development approach and evaluation of the Nutrient Expert software for nutrient management in cereal crops. *Comput. Electron. Agric.* 88, 103–110.
- Rakotoarisoa M., Iafate M., et Paschali M. 2011.** Why has Africa become a net food importer. FAO Rome, Italy.
- Recous S., Chabbi A., Vertès F., Thiébeau P., Chenu C. 2015.** Fertilité des sols et minéralisation de l'azote : sous l'influence des pratiques culturales, quels processus et interactions sont impliqués ? *Fourrages* (2015) 223, 189-196.
- Sogbedji JM, van Es HM, Agbéko KL. 2006.** Cover cropping and nutrient management strategies for maize production in Western Africa. *Agronomy Journal* 98, 883-889.
- Sogbedji J. M., and Lare M. 2022.** Variability in yield response of maize to N, P and K fertilization towards site-specific nutrient recommendations in two maize belts in Togo#9512. *2nd African Conference on Precision Agriculture*, 7-9 December 2022.
- Vanlauwe B., Kihara J., Chivenge P., Pypers P., Coe R., Six J. 2011.** Agronomic use efficiency of N fertilizer in maize-based systems in sub-Saharan Africa within the context of integrated soil fertility management. *Plant Soil* 339, 35–50.
- Xinpeng Xu, Ping He, Fuqiang Yang, Jinchuan Ma, Mirasol F. Pampolino, Adrian M. Johnston, Wei Zhou. 2017.** Methodology of fertilizer recommendation based on yield response and agronomic efficiency for rice in China. *Field Crops Research* 206, 33– 42

Connaissances locales sur les termitières et leurs domaines d'utilisation au Nord Bénin**Adèle N. G. Adatin^{a*}, Saran Traoré^{b, c, d}, Adandé B. Fandohan^c, Carlos Ahoyo^a, Christian Adjahossou^a, Marcel Houinato^a**^a *Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin*^b *Ecole Doctorale Sciences Naturelles et Agronomie, Université Nazi BONI, 01 BP 1091 Bobo, Burkina Faso (saran.traore@u-naziboni.bf).*^c *Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité des sols/IDR, Université Nazi BONI, 01 BP 1091 Bobo, Burkina Faso*^d *Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales, Université Joseph KI-ZERBO, 01 BP 7021 Ouagadougou, Burkina Faso*^e *Université Nationale d'Agriculture, Kétou, Bénin*^{*}*Auteur correspondant, E-mail : noelieadatin@gmail.com Tel : (00229) 64 43 51 91***ABSTRACT**

In savannah ecosystems, epigeal termite mounds serve as shelter and niches for various plant and animal organisms and occupy an important place in the social and religious context of various communities. Knowledge about termite mounds are very transcended at the level of several ethnolinguistic groups. The present study carried out in the Northern Benin in the Pendjari and W cross-border biosphere reserves aimed at assessing the local knowledge on termite mounds occurring in these reserves, the socio-cultural importance relating to the ethnical groups surrounding these reserves, and analyzing the evolution in time and space of these knowledge. Data were collected from 598 households using a semi-structured survey on a randomized sample. The evaluation of knowledge was carried out from the calculations of indices such as the Frequency of Citation (CF) and the Value of Use (VU). Factorial Correspondence Analyzes (FCA) were carried out to cross-read knowledge of the uses of termite mounds according to socio-cultural groups. Three categories of use have been identified around the reserves: agroecological (82.27%), food (77.33%) and medico-magical (33.43%). The total use value of the termite mound (VU) obtained is 4.48. It appears from this study that termite mounds are used more in agroecology and food. It must therefore be stated that ethnozoology allows local residents to have a better knowledge of the potential of biodiversity and to facilitate conservation actions.

Keywords: Termite mound, termite, biodiversity, biosphere reserve and local knowledge

RESUME

Dans les écosystèmes savaniques, les termitières épigées servent d'abri et de niches à de nombreux organismes diversifiés et occupent une place importante dans le contexte social et culturel de diverses communautés. La connaissance sur les termitières est très transcendée au niveau de plusieurs groupes ethnolinguistiques. Cette étude sur l'utilisation des termitières est menée au Nord du Bénin dans les réserves de biosphère de la Pendjari et transfrontalière du W a pour objectifs (i) faire la typologie des termitières selon les groupes socioculturels autour des réserves, (ii) recueillir des connaissances locales sur l'usage des termitières dans les environs des réserves et (iii) analyser l'évolution dans le temps et dans l'espace de ces connaissances sur l'usage des termitières au sein des différents groupes socioculturels riverains. Les données ont été collectées auprès des ménages à partir d'un questionnaire semi-structuré sur un échantillon aléatoire de cinq cent-quatre-vingt-dix-huit (598) ménages. L'évaluation des connaissances s'est réalisée à partir des calculs des indices tels que la Fréquence de Citation (FC) et la Valeur d'Usage (VU). Des Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) ont été effectuées pour une lecture croisée des connaissances des usages des termitières selon les groupes socioculturels. Trois

catégories d'usage ont été identifiées autour des réserves : agroécologique (82,27%), alimentaire (77,33%) et médico-magique (33,43%). La valeur d'usage totale de la termitière (VU) obtenue est de 4,48. Il ressort de cette étude que les termitières sont plus utilisées en agroécologie et en alimentation. Il faut donc énoncer que l'ethnozoologie permet aux riverains d'avoir une meilleure connaissance du potentiel que présente la biodiversité dans la facilitation des actions de conservation.

Mots clés : Termitière, termite, biodiversité, réserve de biosphère et connaissances locales

Introduction

Les macro-arthropodes du sol sont de plus en plus utilisés comme indicateurs des qualités biologique et écologique des écosystèmes terrestres tropicaux et semi-naturels et agropastoraux (Söderlund, 2013 ; Traoré *et al.*, 2019). Ce macrofaune, dont les termites réagissent vivement et différemment aux effets des facteurs de perturbation, comparativement aux plantes, pour refléter l'état général d'un milieu donné, du fait de leur implication directe ou indirecte dans les processus de décomposition et de recyclage de la matière organique (Traoré *et al.*, 2015). En effet, les termites participent directement au recyclage de la matière organique par la consommation de biomasse végétales, d'humus et des matériaux prélevés au niveau des horizons profonds et en les retournant dans le sol sous forme fécales au cours de leurs activités d'édification de nids et de tunnels souterrains (Khan *et al.*, 2018). A travers ces activités, ils impactent ainsi les propriétés pédologiques, hydrologiques et biologiques au sein de ces écosystèmes tropicaux comme « ingénieurs des écosystèmes » ainsi que la disponibilité des ressources pour d'autres espèces animales et végétales (Acanakwo *et al.*, 2018 ; Traoré *et al.*, 2019). Les nids ou termitières ainsi sont de forme et de taille variable à la surface des sols et servent d'habitats à leur colonie et de greniers pour le stockage de leur nourriture (Dibangou *et al.*, 2021). Spécifiquement pour les savanes tropicales d'Afrique, nombreuses sont ces termitières qui servent de mangeoire et de refuge à de nombreuses espèces végétales et animales, à une microfaune diversifiée et de substrat pour le développement de différentes espèces végétales (Traoré *et al.*, 2015 ; Gbeffe *et al.*, 2017). De plus, Boussari *et al.* (2020), à travers une analyse des associations phytosociologiques dans le Sud de la dépression de la Lama au Bénin, ont récemment montré que la valeur des indices de diversités calculées était relativement plus élevée pour les termitières épigées indiquant ainsi une diversité végétale importante. De tous ce précède, il ressort que les termitières épigées ont un rôle clé dans la structuration et le fonctionnement des savanes et des espaces agropastoraux africains. Cependant, les termitières épigées sont différemment appréhendées par les populations riveraines des écosystèmes où elles apparaissent (Jouquet *et al.*, 2023). Il apparaît donc important d'approfondir nos connaissances sur les termitières à travers les connaissances locales des termitières dans les aires protégées. L'objectif général de la présente étude a été d'analyser les connaissances indigènes sur les termitières dans une savane boisée au nord du Bénin et leurs utilisations par les populations riveraines. Plus spécifiquement, (1) évaluer les différents types de

termitières selon les groupes socio-culturels riverains des réserves et (2) analyser les diverses utilisations faites de ces termitières par les différents groupes socio-culturels riverains.

1- MATERIEL ET METHODES

1-1- Collecte des données

Les données ont été collectées auprès des ménages à base d'un questionnaire semi-structuré sur un échantillon aléatoire de 598 ménages. Cet échantillon a été construit en utilisant la méthode d'échantillonnage non probabiliste par « quotas » comportant un quota croisé entre réserve afin de respecter la régularité des informations et l'âge. Les groupes socioculturels ont été pris en compte grâce à leur importance dans la diversification des connaissances endogènes. Les questions ont été relatives aux : i). caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe, niveau d'instruction, lieu de résidence, religion, groupe ethnique, activité principale et activité secondaire) ; ii). présence des termitières dans le milieu d'étude ; iii). connaissances et différents usages des termitières, maladies traitées et parties utilisées en pharmacopée.

1-2- Traitement et analyses statistiques des données

Les données d'enquête ont été d'abord dépouillées manuellement puis saisies et traitées dans le tableur Microsoft Excel 2019. Les premiers résultats ont été transformés sur le tableur Excel pour être présentés sous forme de tableaux, de diagrammes ou d'histogrammes. L'évaluation des connaissances et des valeurs d'usage s'est réalisée à partir des calculs des indices suivants : Fréquence de Citation permet de mesurer la diversité des usages par les populations locales : $FC = \frac{n}{N} \times 100$; FC, nombre de citations d'une catégorie d'utilisation divisé par le nombre total des répondants et Valeur d'Usage permet d'évaluer l'importance relative des termitières pour la population locale : $VU = \frac{\sum U}{N}$; VU, l'ensemble des citations des organes (U) divisé par le nombre d'informateurs (N). Des Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) ont été effectuées avec le logiciel R. En effet, l'AFC est une technique d'analyse multivariée qui a pour but de décrire les relations entre les modalités de deux ensembles de caractères contenus dans un tableau de contingence pour une lecture croisée des connaissances des usages des termitières selon les groupes socioculturels.

2- RESULTATS

2-1- Caractéristiques socio-démographiques des ménages enquêtés

Au total cinq cent quatre-vingt-dix-huit (598) ménages ont été enquêtés. Le tableau 1 présente et fait la synthèse des groupes socio-culturels selon le sexe et l'âge des enquêtés.

Tableau 1 : Synthèse des groupes socioculturels selon le sexe et l'âge des enquêtés

| Sexe/Âge Ethnie | Homme | | | | Femme | | | | Pourcentage (%) |
|--------------------|------------------|--------------------|------------------|-------|------------------|-------------------|------------|-------|-----------------|
| | Jeune [20-40] | Adulte [40 -60] | Vieux ≥ 60ans | Total | Jeune <40 ans | Adulte [40-60] | Vieux ≥60 | Total | |
| Bariba | 68 | 46 | 16 | 130 | 9 | 7 | 3 | 19 | 24,92 |
| Bialba | 65 | 42 | 14 | 121 | 9 | 5 | 2 | 16 | 22,91 |
| Dendi | 49 | 33 | 11 | 93 | 5 | 1 | 2 | 8 | 16,89 |
| Gourmantchéba | 43 | 28 | 8 | 79 | 5 | 0 | 2 | 7 | 14,38 |
| Monkolé | 27 | 21 | 8 | 56 | 1 | 2 | 2 | 5 | 10,20 |
| Waaba | 17 | 12 | 5 | 34 | 1 | 1 | 1 | 3 | 6,19 |
| Peulh | 13 | 11 | 2 | 26 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4,52 |
| Total | 282 | 193 | 64 | 539 | 30 | 17 | 12 | 59 | 100 |
| Pourcentage (%) | 47,16 | 32,27 | 10,70 | 90,13 | 5,02 | 2,84 | 2,01 | 9,87 | 100 |
| Moyenne ± ET | 32,9 ± 1,1 | 43,8 ± 1,2 | | | 21,1 ± 0,2 | 42,2 ± 0,4 | 55,1 ± 0,8 | | |

Légende : ET = écart-type

L'ensemble des enquêtés a été identifié comme appartenant à sept groupes ethniques qui sont : les Bariba (24,92%), Bialba (22,91%), Dendi (16,89%), Gourmantchéba (14,38%), Monkolé (10,20%) ; Waaba (6,19%) et les Peulh (4,52%). Les enquêtés ont été majoritairement des hommes (90,13%) contre 9,87 % des femmes en ménages. Au total, 282 chefs de ménage soit 47,16% étaient jeunes, et 193 soit 32,27% étaient des adultes. L'âge moyen des chefs de ménage était de 43,8 ans, avec un groupe d'âge compris entre 20 et 60 ans (tableau 1).

2-2- Types de termitières selon les groupes socio-culturels

Les principaux critères de classification des termitières ont été basés sur la taille des nids épigés, l'espèce constructrice et son utilité alimentaire. Ainsi, trois (03) types de termitières ont été cités et observés selon leur appellation vernaculaire : Bariba, Bialba, Dendi, Gourmantchéba, Monkolé, Peulh et Waaba (tableau 2). La photo 1 montre les différents types de termitières selon les espèces de termite constructrices que l'on peut rencontrer dans les réserves de biosphère de la Pendjari et du W. La termitière cathédrale, à grande taille, présente des tourelles d'où le nom cathédrale (photo 1a) est construite par les termites *Macrotermes* spp, tandis que la petite termitière à tête arrondie ou "calie" est construite par les termites *Trinervitermes* spp qui sont très appréciés par la volaille (photo 1b) et la petite termitière de *Cubitermes* spp en forme de champignon portant un ou plus d'un chapeau avec des termites non consommées par les petites volailles (photo 1c).

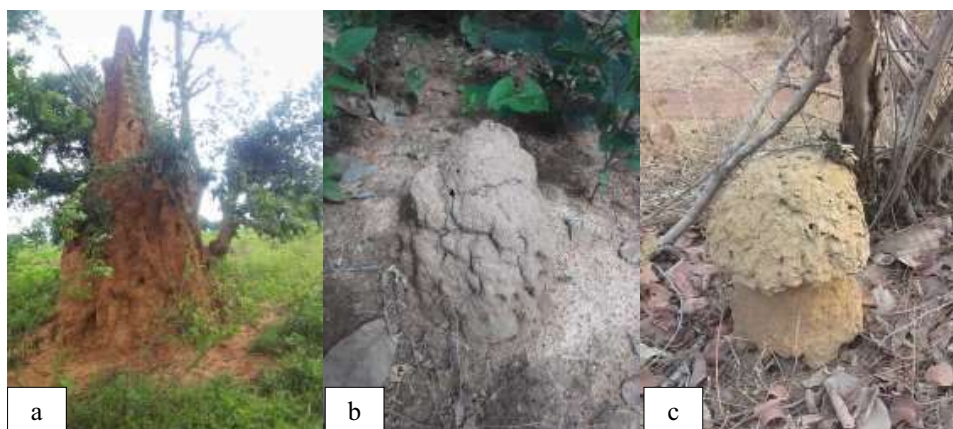


Photo 1 : Termitières habitées de *Macrotermes* spp (a), *Trinervitermes* spp (b) et de *Cubitermes* spp (c)

2-3- Divers usages des termitières dans les environs des réserves de biosphère

Les différents groupes socio-culturels riverains des réserves de biosphère font de multiples usages des termitières ce qui témoigne bien de la place importante que ces populations leur accordent. Les termitières participent à la vie sociale de ces riverains sur divers plans tels que : l'agroécologique, alimentaire, médico-magique (figure 1).

L'examen de la figure 1 indique trois principaux domaines où les termitières sont utilisées et citées par les enquêtés. L'agroécologie a été le premier domaine mentionné dans 82,27% des réponses, suivi de l'alimentaire avec 77,33% et le domaine médico-magique faiblement cité par 33,43 %.

2-4- Variation culturelle des connaissances des usages des termitières

Le tableau 3 montre l'importance des axes de l'analyse factorielle de correspondance (AFC) effectuée sur les connaissances des usages des termitières rapportés par les groupes ethniques Bariba, Bialba, Dendi, Gourmantchéba, Monkolé, Peulh et Waaba. Les résultats de l'analyse factorielle de correspondance (AFC) réalisée sur la matrice des connaissances des usages des termitières ont révélé que les deux premiers axes expliquent 90,42% des informations obtenues (tableau 3). La figure 2 présente sur le plan factoriel, repartis suivant les groupes ethniques sur les connaissances des usages des termitières.

Tableau 2 : Classification des types de termitières en fonction de la taille des termitières et des espèces de termites identifiés

| Types de termitière | Nom vernaculaire | Groupe sociolin- guistique | Caractéristiques | Nom scientifique de l'espèce constructrice | Fréquence de cita- tion % | | | | |
|---|---|-------------------------------|---|---|------------------------------|--------|---|---|-------|
| Termitière cathé- drale | Toubangassoun ou Tou- banga | Bariba | Haute taille avec pré- sence de la reine | <i>Macrotermes spp</i> <i>Odontotermes spp</i> | 51,28 | | | | |
| | Touap-likanda | Bialiba | | | | | | | |
| | Kourou-Kossou | Dendi | | | | | | | |
| | N'koutoudjakpagoun | Gourmanctéba | | | | | | | |
| | Toutou-kpa | Monkolé | | | | | | | |
| | Gangaré | Peulh | | | | | | | |
| | Tounidé ou Toukouéma | Waaba | | | | | | | |
| | Petite termitière à tête arrondie ou ca- lice | Toukourokou ou Gotourou | | | | Bariba | Petite taille avec termites consommés par volailles de tout âge | <i>Trinervitermes geminatus</i> (Wasman) | 36,66 |
| Touapiyotouhin | | Bialiba | | | | | | | |
| Fitidonli | | Dendi | | | | | | | |
| Lokotouli | | Gourmanctéba | | | | | | | |
| Toutou-wètè | | Monkolé | | | | | | | |
| Mohibodédji | | Peulh | | | | | | | |
| Kotouré | | Waaba | | | | | | | |
| Petite termitière à tête aplatie ou en forme de champi- gnon | | Kouba ou Gotourun | Bariba | Petite taille avec termites non consommés par les petites volailles | <i>Cubitermes spp</i> | 13,17 | | | |
| | | Toubongue | Bialiba | | | | | | |
| | | Hinkondo | Dendi | | | | | | |
| | Litourlé | Gourmanctéba | | | | | | | |
| | Toutou Djè | Monkolé | | | | | | | |
| | Monguélé | Peulh | | | | | | | |
| | Toubarma ou Toumégan | Waaba | | | | | | | |

Tableau 3 : Importance des axes de l'analyse factorielle de correspondance (AFC) effectuée sur les connaissances des usages des termitières

| Axes | Inerties | Variances (%) | Variances cumulées (%) |
|-------|----------|---------------|------------------------|
| Dim 1 | 0,06 | 71,34% | 71,34% |
| Dim 2 | 0,10 | 19,08% | 90,42% |
| Total | 0,16 | | |

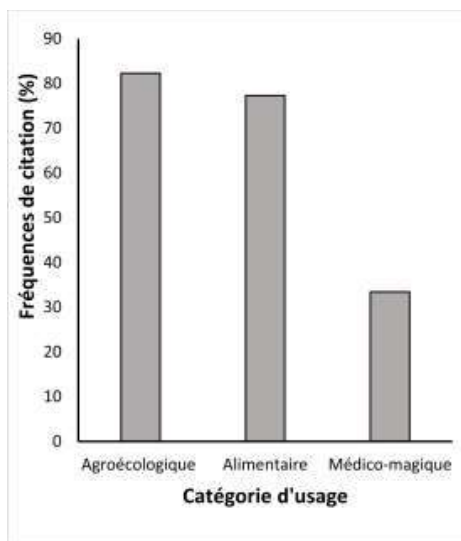


Figure 1 : Types d'utilisation des termitières par les groupes ethniques

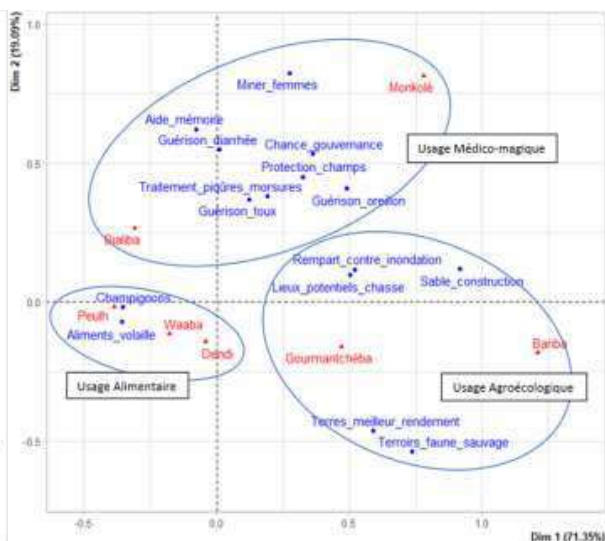


Figure 2 : Projection des groupes ethniques Bariba, Bialba, Dendi, Gourmantchéba, Monkolé, Peulh et Waaba sur les connaissances des usages des termitières

Variables en rouge sont les usages indiqués par (Aliments_volaille, Champignons, Terres_meilleur_rendement, Rempart_contre_inondation, Terroirs_faune_sauvage, Lieux_potentiels_chasse, Sable_construction, Guérison_oreillon, Guérison_diarrhée, Traitement_piqûres_morsures, Guérison_toux, Chance_gouvernance, Aide_mémoire, Miner_femmes et Protection_champs).

Variables en bleu sont les groupes ethniques indiqués par Bariba, Bialba, Dendi, Gourmantchéba, Monkolé, Peulh et Waaba.

Selon la figure 2 les Bariba et Gourmantchéba détiennent plus de connaissances sur l'utilisation agroécologique des termitières. Pour eux, les termitières constituent des terres fournissant de bons rendements des cultures telles que les cultures maraîchères, le maïs, etc. Elles assurent les récoltes de l'année pour les paysans en cas d'inondation pour une pluviosité excessive car elles sont les milieux dénivelés non engloutis par les eaux. Les termitières mortes sont des lieux potentiels de chasse pour la population locale. Ces dernières les creusent à la recherche de l'animal ou mettent des pièges à l'entrée des fentes pour la capture. Par ailleurs les sables des termitières sont utilisés pour la construction des greniers, des foyers et des maisons appelés vouîte nubienne par la population riveraine des réserves de biosphère.

Les groupes ethniques Dendi, Peulh et Waaba ont affirmé que les termites extraits des termitières fournissaient de protéines animales à la volaille telle que les poulets, les canards, les pintades, etc. Ces

termites sont mélangés avec des céréales pour accélérer la croissance. La consommation directe des termites n'est pas développée dans la zone mais les différents groupes socio-culturels recherchent activement la reine surtout celle des grandes termitières de *Macrotermes* spp non seulement à cause de sa richesse en protéines mais pour diverses propriétés spirituelles. Les termitières contribuent à l'alimentation des populations riveraines à travers les champignons *Termitomyces* sp qui y poussent chaque saison et sont fortement appréciés par les riverains.

Alors que les Bialba et Monkolé sont les groupes ethniques qui ont plus de connaissances sur les usages médicaux et magiques des termitières. Ils pensent que : l'oreillon est guéri en passant sur la joue une lotion à base du sable de termitière et d'urine d'un jeune enfant non circoncis. Les termitières guérissent aussi la diarrhée à travers les meules de champignons qu'on retrouve en leur sein, écrasées dans la bouillie. Les piqûres et les morsures des animaux tels que les scorpions, les mille pattes et les serpents sont traitées en tournant autour des termitières. Les termites sont utilisés pour la guérison de la toux et de la solidification des os des enfants. Elles sont des éléments principaux dans la fabrication de talismans, gris-gris ou amulettes pour miner les femmes afin de contrôler leur fidélité en réduisant en poudre les termites. Aussi les termites et leurs nids sont utilisés pour fabriquer un fétiche pour protéger les champs de culture contre les voleurs. La reine des termites permet d'avoir la chance de gouvernance et un aide-mémoire. Elle améliore aussi la fertilisation chez les hommes et les femmes.

3- DISCUSSION

3-1- Méthodes appliquées

La méthode employée permet de recueillir les informations sur les connaissances ethnozoologiques afin de montrer l'importance de l'utilisation et la pression qui peut s'exercer sur les termitières d'un écosystème comme c'est le cas des Réserves de biosphère de la Pendjari et transfrontalière du W au Nord du Bénin. Étant donné que cette méthode sollicite la mémoire des personnes interrogées et dépendent surtout de l'état d'âme des enquêtés elle pourrait occasionner des biais liés à l'appréciation de l'enquête et ne représente pas toujours les vraies connaissances sur les termitières. L'importance accordée à l'utilisation des termitières dépend de chaque individu qui donne une appréciation personnelle. Cette appréciation fait souvent référence à leur préférence qui peut ne pas être liée ou en accord avec les pratiques socio-culturelles du milieu ou de leur groupe socio-culturel. Cette méthode est largement utilisée en ethnozoologie par plusieurs autres auteurs et a permis de faire ressortir des résultats assez concluants (Debelo *et al.*, 2015 ; Loko *et al.*, 2017 ; Boussari *et al.*, 2020).

3-2- Type de termitières selon les groupes socioculturels des réserves de biosphère

Trois (03) types de termitières ont été mentionnés comme nids des termites par les populations dans cette étude. Les principaux critères de classification des termitières sont : la taille des nids, l'espèce qu'ils abritent, et l'utilité de cette espèce dans l'alimentation. Ce qui est en concordance avec les résultats de [Loko et al., \(2017\)](#) qui ont identifié les termitières de grandes tailles (cathédrales) et les petites termitières (épigées) dans une étude sur les termites et termitières au nord-ouest du Bénin. Des résultats similaires ont été obtenus par les investigations de [Saliou \(2005\)](#) et [Dossou-Yovo \(2006\)](#) qui ont observé que le Parc National de la Pendjari est l'aire de forte concentration de termitières cathédrales au Bénin tandis que le Parc National W est caractérisé par la présence des termitières en forme de champignon. Ces résultats sont confirmés par les études de [Traoré et al., 2008](#) qui ont travaillé sur les impacts des termites au Burkina-Faso. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que seuls les nids des termites non nuisibles ont été pris en compte dans la présente étude.

3-3- Divers usages des termitières dans les environs des réserves de biosphère

La population riveraine des réserves de biosphère du Nords-Bénin font grand usage des termitières dans le domaine de l'agroécologie. Les investigations de [Debelo et al., 2015](#) ont montré qu'en Ethiopie la population locale utilise le sol des monticules dans la construction de maisons pour la fabrication de briques de boue et le plâtrage des murs. Le remplacement du bois endommagé et la reconstruction de nouvelles maisons ne sont pas rentables pour les agriculteurs et ont de graves impacts sur la végétation naturelle car cela nécessite une utilisation supplémentaire de bois. La forte teneur en argile, les propriétés chimiques et physiques et la composition minéralogique des sols de termitière qui sont différentes des sols adjacents les rendent utiles pour la fabrication de briques pour les bâtiments et contribuent beaucoup aux constructions ([Akutse et al., 2012](#)).

Les termitières n'étant pas directement utilisées dans l'alimentation chez la plupart des ethnies africaines, donc ne font que jouer leur rôle à travers les termites que l'on en trouve en son intérieur. Ainsi la teneur élevée en matières grasses des termites justifie leur utilisation généralisée pour l'alimentation des volailles par les agriculteurs d'Afrique de l'Ouest ([Kenis et al., \(2014\)](#)).

En milieu rural la population locale utilise plusieurs parties des termitières pour la satisfaction de leurs divers besoins. C'est le cas chez les groupes ethniques de la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Bénin ([Saliou, 2005](#)) et au Rwanda où les guérisseurs les utilisent pour traiter spécialement les fontanelles de bébés ([Iroko, 1982](#)).

3-4- Variabilités des connaissances des divers usages des termitières

La plupart des études ethnobotaniques comme ethnozoologiques prennent souvent en compte les catégories d'âge et le sexe d'une manière spécifique. Ainsi cette même remarque est prolongée également sur le plan ethnozoologique (Dan Guimbo *et al.*, 2011). Les résultats de cette étude ont révélé que les connaissances ethnozoologiques ou traditionnelles des termitières dans le milieu d'étude varient suivant les tranches d'âges, le sexe entre les ethnies. Ainsi le groupe ethnique Bariba et Gourmantchéba détiennent plus de connaissances sur l'usage agroécologique des termitières. En effet les groupes ethniques Dendi, Peulh et Waaba confessent assez de connaissance sur l'alimentation des termitières. Alors que les Bialba et Monkolé sont les groupes ethniques qui ont plus de connaissances sur les usages médicaux et magiques des termitières. Les études de Kenis *et al.*, (2014) et celles de Loko *et al.*, (2017) ont montré que l'utilisation des espèces animales variait selon l'âge, le sexe et les différentes ethnies composantes le milieu.

4- CONCLUSION

Cette étude ethnozoologique a montré l'importance des termitières dans la vie quotidienne de la population riveraine des Réserves de biosphère du Nords-Bénin. Elle a également permis de faire ressortir la variabilité des connaissances interethniques autour de ces zoolites dans le milieu d'étude. Les termitières sont utilisées par la population locale sur diverses formes pour satisfaire leurs besoins vitaux. Il s'agit donc des usages agroécologique, alimentaire, médico-magique. Il ressort de l'étude que les termitières ont été plus utilisées dans l'agroécologie. Le degré de connaissance des enquêtés par rapport aux types d'utilisation des termitières dépend de l'usage que chacun de ces groupes en fait. Il faut donc énoncer clairement, que l'ethnozoologie est un espoir de vie pour les riverains car avec cela ils s'assurent un système de soin immédiat. Ces résultats contribueront au développement de programmes de protection des habitats de la biodiversité de la Réserve et par conséquent à la conservation des termites.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous adressons nos remerciements à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (IRSNB) pour son appui financier et nous remercions également les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de cette étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Acanakwo E. F, Okullo P, Sheil D, Moe SR. (2018). Termites confer resistance to changes in tree composition following reduced browsing in an African savanna. *Journal of Vegetation Sciences* ; 29 :989–998. <https://doi.org/10.1111/jvs.12682>

- Akuste K. S., Owusu E. O., Afreh-Nuamah K. (2012). Perception des agriculteurs Stratégies de gestion pour le contrôle des termites au Ghana. *J. Appl. Biosci.* 49 :3394–3405.
- Boussari F. A. A., Chaffra S. A., Lougbegnon T. O. (2020). Analyse des associations phytosociologiques autour des termitières épigées au sol dans le Sud de la dépression de la Lama au Bénin. *Revue espace géographique et société marocaine*, 36, 190-210.
- Dan guimbo I., Larwanou M., Mahamane A., Ambouta K. J. (2012). Production fruitière de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, espèce ligneuse alimentaire du Niger. *Journal of Applied Biosciences.* 60: 4388– 4393.
- Debelo D. G., Degaga E. G. (2015). Connaissances, perceptions et pratiques de gestion des termites des agriculteurs dans la vallée centrale du Rift en Éthiopie. Vol. 10(36), pages 3625-3635. DOI : 10.5897/AJAR2014.9283
- Dibangou V., Okassa M. B. M., Bikouta G. N. (2021). Analyse de la structure spatiale de nids épigés de trois genres de termites (Isoptera : Termitidae) d'un sol rocailleux situé sur un flanc de montagne en République du Congo. *Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024)* Vol.49 (1): 8806-8819. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v49-1.5>
- Dossou-Yovo H. O., Assogbadjo A. E., Sinsin B. (2016). The Contribution of termitaria to plant species conservation in the Pendjari Biosphere Reserve in Benin. *Environment and Ecology Research* 4 (4), 200-206.
- Gbeffe K. A., Houehanou T. D., Habiyaemye M., Emeline S. P., Yaoitcha A. S., Bisthoven L. J., Houinato M. & Sinsin, B. A. (2017). Effects of termite mounds on composition, functional types and traits of plant communities in Pendjari Biosphere Reserve (Benin , West Africa). *African Journal of Ecology*, 55, 580–591.
- Iroko F. (1982). Rôle des termitières dans l'histoire des peuples de la République populaire du Bénin, des origines à nos jours. In *Bulletin de l'IFAN*, t. 44, série B, n° 1- 2, pp. 50-75.
- Jouquet P, Muon R, Traoré S., Harit A., (2023). From Thai to Zai: Insects as example of threatened nature-based solutions for sustainable food production. *Biodiversity Online J.* 3(4). BOJ. 000566. doi: 10.31031/boj.2023.03.000566
- Kenis M., Koné N., Chrysostome C. A. A. M., Devic E., Koko G. K. D., Clotley V. A., Nacambo S., Mensah G. A. (2014). Insectes utilisés pour l'alimentation animale en Afrique de l'Ouest. *Entomologie.* 2 :107–14.
- Khan M. A., Ahmad W., Paul B. (2018). Ecological Impacts of Termites., 201-216. DOI : 10.1007/978-3-319-72110-1_10

- Loko L. E. Y., Orobiyi A., Agré P., Dansi A., Tamò M., Roisin Y. (2017). Perception des termites par les agriculteurs dans la production agricole et leur utilisation indigène dans le nord-ouest du Bénin. *Journal d'ethnobiologie et d'ethnomédecine*, 13 :64 DOI 10.1186/s13002-017-0187-2
- Saliou A. R. (2005). Rôles socioculturels et environnementaux des termites et termitières chez les peuples riverains de la Réserve de Biosphère de la Pendjari. Mémoire DESS. FSA/UAC.
- Söderlund S., (2013). Ants and termites in small-scale plantain farms in Uganda: A comparison between agroforestry and non-agroforestry farms. Bachelor thesis. Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Department of Ecology Uppsala pp 38.
- Traoré S. & Lepage M. (2008). Effects of controlled livestock grazing and annual prescribed fire on epigeal termite mounds in a savannah woodland in Burkina Faso. *Insectes Sociaux* 55 : 183189.
- Traoré S., Bottinelli N., Hanane A. B., Harit A. (2019). Termite mounds impact soil hydrostructural properties in Southern Indian tropical forests. *Pedobiologia*74. doi: 10.1016/j.pedobi.2019.02.003
- Traoré S., Nygard R., Guinko S. & Lepage M. (2008). Impact of *Macrotermes termitaria* as a source of heterogeneity on tree diversity and structure in a Sudanian savanna under controlled grazing and annual prescribed fire (Burkina-Faso). *Forest Ecology and Management* 255, 2337-2346.
- Traoré S., Tigabu M., Jouquet P., Ouédraogo J. (2015). Long-term effects of *Macrotermes* termites, herbivores and annual early fire on woody under growth community in Sudanian woodland, Burkina Faso. *Flora* 211: 40-50. doi:10.1016/j.flora.2014.12.004
- Traoré S., Tigabu M., Ouédraogo S. I. Boussim I. I., Guinko S. & Lepage M. (2008a). *Macrotermes* mounds as sites for tree regeneration in a Sudanian woodland (Burkina Faso). *Plant Ecology*, 198: 285-295.

**EFFET ABORTIF DE L'EXTRAIT AQUEUX DES ECORCES DES RACINES DE RAUVOLFIA
OBSCURA K. SCHUM (APOCYNACEAE) CHEZ LE RAT FEMELLE WISTAR**
**Ondélé Radard.^{*1}, Pénéme Max.Bonaventure Lazar²., Wossolo Lingomo Bertrant Stephane²,
Kankimov Jesusciel ,Elion Itou RomaricDe Garde², Etou Ossibi Arnaud Wilfrid²**

1. Laboratoire des Sciences de la Vie et de la terre, ENS, UMNG, République du Congo ;
2. Laboratoire de pharmacodynamie et de physiopathologie Expérimentale, FST, UMNG, République du Congo

*Auteur correspondant : ondeleradard@gmail.com

Téléphone : + 242 066993028 / + 242055310232

bonapeneme@yahoo.fr

wossstephane@gmail.com

etouarnaud@yahoo.fr

romaricelion@gmail.com

Résumé :

Cette étude a pour objectif d'étudier l'effet de l'extrait aqueux des écorces des racines de *Rauvolfia obscura* chez le rat femelle wistar. Les rats femelles reparties en cinq (5) lots ont été traités par voie orale de la manière suivante : le Lot 1 a reçu de l'eau distillée (0,5 ml/100g de poids corporel), le Lot 2 : a reçu le Misoprostol (60 µg par animal) ; les Lots 3, 4 et 5 ont reçu l'extrait aqueux de *Rauvolfia obscura* respectivement aux doses de 100 ; 250 et 500 mg/kg. Pendant 18 jours du traitement, l'évolution de la gestation est suivie quotidiennement, le poids corporel et la température rectale des animaux ont été mesurés et quelques paramètres de l'avortement (hémorragie, taux de mise bas et la forme des seins ont été observés. Il ressort de cette étude que l'extrait aqueux des écorces des racines de *R. obscura* (250 et 500 mg/kg) ainsi que le misoprostol (60µg/kg) provoquent la diminution ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$) du poids et de la température entre les jours (J2 – J6) qui suivent le début du traitement, l'interruption de la gestation avec une hémorragie sanguine vaginale et un rétrécissement des seins, chez le rat femelle. Le screening chimique réalisé a montré la présence des tannins, flavonoïdes et des anthraquinones libres confirmée par la chromatographie sur Couche mince. La propriété abortive des écorces des racines de cette plante serait due par la présence de ces familles phytochimiques.

Mots clés : *Rauvolfia obscura*, Ecorces, Avortement, Extrait aqueux.

Introduction :

Les contraintes liées au manque de moyens financiers, la réprobation, les pathologies sont des multiples raisons qui conduisent les hommes et les femmes à la pratique de l'avortement. Malgré les législations de nombreux pays du monde, les avortements illégaux restent monnaie courante dans les couples. L'OMS évalue à 53 millions le nombre de grossesses terminées par un avortement volontaire chaque année et, pour un tiers d'entre elles, dans des conditions désastreuses, non médicalisées, provoquant 50 000 à 100 000 décès et un nombre encore beaucoup plus important de complications (EL Fennouni,2012). En Afrique, région où a lieu plus de cas de décès suite aux avortements, la prévalence des décès est estimée à 9% soit 16 000 cas dus aux avortements non médicalisés (Singh et al. 2018). De même on estime à 15 % la proportion des grossesses qui se terminent par un avortement. Ainsi, les techniques modernes de pratique de l'avortement n'ont plus à cause de la loi, et du caractère tabou de l'avortement, leur place dans l'esprit et la pensée de certaines populations urbaines et rurales. Mais elles utilisent les plantes médicinales présumées abortives dont l'accès est facile et le cout faible. La

République du Congo, regorge de nombreuses plantes à potentialité abortives .Parmi elles on cite *Rauwolfia obscura* K. Schum , plantes de la famille des apocynacea.

Malgré les législations, l'avortement se pratique nuit et jour, au sein des populations de façon clandestine avec tous les risques mortels. Pour interrompre une grossesse, les femmes recourent entre autres aux méthodes à bases de plantes. La médecine traditionnelle, regorge d'une multitude de recettes à base de plantes réputées abortives. Ces drogues sont utilisées soit par : voie intravaginale, mélangées avec d'autres drogues (pessaires ou suppositoires imprégnés du produit), par voie orale (aliments ou breuvages) ou en fumigation. Les effets de la plupart de ces drogues sont généralement connus ou soupçonnés : pour l'action ocytocique de certains alcaloïdes, par l'inhibition de la sécrétion de progestérone, l'induction de l'écoulement menstruel, leur toxicité très prononcée (EL Fennouni,2012). Cependant, il y a très peu d'études réalisées pour prouver scientifiquement les propriétés abortives de ces plantes et leur efficacité.

Au nombre de plantes présumées abortives, les populations citent *Rauwolfia obscura* , plante qui appartient à la famille des Apocynaceae, elle est utilisée en médecine traditionnelle par la population dans le traitement des affections gastro-intestinales, génitiaux-urinaires, pulmonaire et aussi comme calmant dans le traitement d'épilepsie (bouquet,1969). Des études pharmacologiques ont été déjà effectuées au Congo sur cette plante notamment : la toxicité aiguë et l'effet aphrodisiaque de l'extrait aqueux des racines de *Rauwolfia obscura* chez les souris (Ondele et al.2015), l'évaluation de l'effet androgénique de l'extrait aqueux des écorces de tronc de *Rauwolfia obscura* chez le rat mâle wistar (Mahuongou,2018). L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet abortif de l'extrait aqueux des écorces de racines de *Rauwolfia obscura* chez le rat femelle wistar

Matériels

Matériel Animal

Les rats femelles de poids compris entre 120 et 140, âgés de 4 à 5 mois ont été utilisés. Ces rats ont été fournis par l'animalerie de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Marien Nguabi. Ils étaient nourris régulièrement de façon standard avec accès libre à l'eau de robinet.

Matériel Végétal

Les écorces des racines de *Rauwolfia obscura* K. Schum (Apocynaceae) ont été utilisées. Ces racines ont été récoltées à Gamboma (localité située à 365 km au nord de Brazzaville, Congo) en février 2022. L'identification a été faite par des botanistes systématiciens de la Faculté des Sciences et Techniques de l'université Marien Nguabi puis complétée au laboratoire de botanique de l'IRSEN de Brazzaville où un échantillon a été déposé sous le numéro : IEC001856 du 9/12/96. Le séchage des échantillons récoltés a été fait au laboratoire, à l'abri du soleil pendant une semaine, à la température de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Après séchage, les échantillons ont été broyés à l'aide d'un mortier en métal et tamisés à l'aide d'un tamis de maille ronde de 2 mm².

Méthodes

Préparation de l'extrait aqueux

50 g de poudre de *R. obscura* ont été mis en macération dans 500 ml d'eau distillée pendant 48 heures. Après filtration sur du coton hydrophile et du papier filtre « Wattman », le macéré obtenu a été concentré sur bain mari thermostaté à 55°C, l'extrait aqueux obtenue, de couleur marron, a été conservée dans un flacon.

Etude du cycle

Choix des animaux à cycle régulier

La sélection des animaux à cycle sexuel régulier a été réalisée chez les animaux nullipares et multipares, à partir des frottis vaginaux quotidiens. La méthode Harris–Shorr décrite par (Bennie et al, 2003 ; Pénémé 2017) a été utilisée. L'observation des différentes cellules vaginales a été réalisée au microscope afin de reconnaître la phase du cycle sexuel.

Mise en accouplement des animaux

Afin d'avoir les femelles gestantes, 25 femelles réparties en cinq (5) groupes homogènes comportant chacun cinq (5) rats sélectionnés ont été mises en présence des mâles pendant 9 jours correspondant à deux cycles chez les rats. Les variations du poids et de la température (indicateurs de l'état gestationnel) étaient mesurées tous les deux jours

Etude de l'effet de l'extrait aqueux de *Rauvolfia obscura* sur la gestation

Cette étude vise l'évaluation de l'effet de l'extrait aqueux de *Rauvolfia obscura* sur la gestation.

Après la période d'accouplement, les animaux supposés gestants ont été répartis en cinq lots de cinq animaux chacun :

-le Lot 1 : a reçu de l'eau distillée (0, 5 ml/100g de poids corporel) ;

- le Lot 2 : a reçu le Misoprostol à la dose de 60 µg par animal ;

-les lots 3, 4 et 5 : ont reçu l'extrait aqueux de *Rauvolfia obscura* (100 ; 250 et 500 mg/kg P.O) Respectivement.

Pendant dix-huit (18) jours allant du neuvième jour du traitement, le poids corporel et la température rectale des animaux ont été prélevés et quelques paramètres de l'avortement (hémorragie, mise bas et la forme des seins) ont été observés.

Profil phytochimique de l'extrait aqueux des écorces des racines de *Rauvolfia obscura*

Les grandes familles chimiques présentes dans les écorces des racines de *R. obscura* ont été caractérisées par les réactions de coloration et de précipitation en tube par des réactifs chimiques spécifiques.

Mise en évidence sur CCM de l'activité antioxydante sur DPPH

Réalisation de la chromatographie sur la couche mince (CCM) de la plante étudiée par la méthode du Diphenyl picryl hydrazyl (DPPH) . La présence de fluorescences jaune à l'air libre sur fond violet (ou pourpre) indique la présence des composés antioxydant

Résultats

Frottis vaginaux et sélection des animaux à cycle régulier

Après la réalisation de frottis vaginaux, les résultats nous ont permis de recenser ainsi 25 animaux ayant trois cycles successifs considérés comme réguliers, donc favorables pour la fécondation (tableau I).

Evolution pondérale lors de l'accouplement

L'administration de l'extrait aqueux de *Rauvolfia obscura* (100 ; 250 et 500mg/kg P.O) montre une augmentation ($p < 0,001$) du poids par rapport au premier jour. Cette augmentation correspond en moyenne à $117,336 \pm 1,42$; $115,22 \pm 1,17$; $119,05 \pm 1,56$; $118,87 \pm 0,81$ Respectivement groupe 2 , groupes 3, groupe 4 et groupe 5 (figure 1)

Evolution de la température chez les animaux pendant l'accouplement

Les résultats obtenus montrent que les températures des animaux varient de $36,5$ à 37 °C dès la première prise et de 37 à $37,5$ °C à la deuxième prise jusqu' à la fin (figure 2).

Effet de l'extrait aqueux de *Rauvolfia obscura* sur l'évolution pondérale des rats pendant la gestation.

L'administration de l'extrait aqueux de *R. obscura* (250 et 500 mg/kg) ainsi que, le misoprostol (60µg) provoque une diminution du poids des animaux entre le 3^{ème} jours (**J2**) et le 11^{ème} jours (**J10**) par rapport au lot témoin eau distillée (0,5 ml/100 g) qui gardent l'augmentation de leur poids jusqu'à la fin de l'expérience. Ces diminutions correspondent en moyenne à $117,987 \pm 1,05$; $103,120 \pm 2,02$; $96,220 \pm 3,83$ respectivement aux doses de 100 250, 500 mg/kg de *R. obscura* et $102,94 \pm 2,30$ de misoprostol (60µg/kg) (figure 3). Soit en pourcentage des diminutions de 15,24% ; 3,02% ; 3,78%, respectivement aux différentes doses de 100, 250 et 500 mg/kg de *R. obscura* et 2,86% pour le misoprostol à 60µg/kg.

Effet de l'extrait aqueux de *R. obscura* sur la température pendant la gestation

L'administration de l'extrait aqueux de *R. obscura* (250 et 500mg/kg) ne provoque pas comme le misoprostol (60µg/kg) les mises basses par rapport à l'eau distillée. Ainsi les taux de mise bas sont de 0% pour l'extrait aqueux de *R. obscura* aux doses de 250 ; 500 mg/kg et le misoprostol (60µg/kg) contre les animaux ayant reçu l'eau distillée qui ont un taux de mise bas de 100%.

Effet de l'extrait aqueux de *R. obscura* (100, 250 et 500 mg/kg) sur les paramètres de l'avortement

L'administration de l'extrait aqueux de *R. obscura* (100, 250 et 500 mg/kg) ainsi que le misoprostol (60 µg/kg) chez les femelles gestantes provoque une hémorragie et le rétrécissement des seins. Cependant, seulement une mise basse a été observée à la dose de 100 mg/kg. Les taux de mises de 0% et de 75% contre 100% chez les animaux témoins eau distillée (0,5 ml/100 g) (Tableau 2).

Profil phytochimique des écorces de racines de *R. obscura*

Les réactions en tubes réalisées dans cette étude montrent la présence des tanins, flavonoïdes, anthraquinones libres et les stéroïdes et terpènes. Cependant, les alcaloïdes, les mucilages et saponosides sont absents (tableau III).

La chromatographie sur couche mince par la méthode du Diphenyl picryl hydrazyl, montre que les écorces des racines de *R. obscura* réduisent le radical DPPH. La présence de fluorescence jaunes à l'air libre sur fond violet (ou pourpre) indique la présence des composés antioxydants.

Discussion

Cette étude avait pour objectif de contribuer au traitement de l'avortement par les plantes médicinales chez le rat femelle wistar.

La prise de poids après chaque deux jours pendant la période d'accouplement montre un gain pondéral chez les femelles accouplées. Cette évolution de poids lors de l'accouplement pourrait être expliquée à l'élévation du taux sanguin des hormones sexuelles notamment la progestérone. Il a été prouvé chez la femme que la progestérone stimulerait la prolifération des muscles utérins à l'origine de l'augmentation du poids chez la femme en gestation. Cependant dans cette même étude la prise de température a montré une augmentation des températures au-dessus de 37°C. Ce maintien de la température au-dessus de 37°C s'explique d'après la littérature par la présence de la progestérone. En effet l'augmentation du poids ci-dessus évoquée serait donc liée à la présence de la progestérone, hormone réputée dans le maintien de la grossesse.

L'administration de l'extrait aqueux de *R. Obscura* (250, 500 mg/kg) chez les animaux gestants, provoque une diminution de poids et une hémorragie entre le 3^{ème} et le 9^{ème} jour ainsi qu'une diminution de la température entre 2^{ème} et 4^{ème} jour. Ce résultat traduit l'avortement. Cette diminution de température et du poids est aussi remarquée chez les animaux ayant reçu le misoprostol, utilisé comme molécule de référence dans cette étude.

L'extrait aqueux des écorces des racines de *R. obscura* agirait comme le misoprostol. Le misoprostol est un analogue de la prostaglandine E1, qui oralement ou par voie vaginale, renforce la contractilité de l'utérus et l'expulsion de son contenu, qui se manifeste par des douleurs pelviennes puis saignement abondant. Des études antérieures sur les extraits de plantes médicinales ont montré aussi la chute du

poids chez les animaux en état de gestation cas de *Strychnos camptoneura* (Anga, 2018), *leptadenia hastata* (Lapo, 2000).

Cependant aucune mise- bas n'a été observée chez les animaux traités à l'extrait aqueux de *R. obscura* aux doses de 250 et 500mg/kg ainsi qu'au misoprostol à 60µg/kg. Ce résultat en conformité avec la chute du poids et la température confirme l'expulsion du fœtus donc l'avortement évoqué ci-haut.

Ces résultats sont similaires aux résultats trouvés par Anga(2018), qui avait travaillé sur l'effet abortif des écorces du tronc de *Strychnos camptoneura*.

Les réactions en tubes et l'activité anti oxydante menées ont montré la présence des tanins, les flavonoïdes et des anthraquinone libres. Certains auteurs à l'instar de Achouri et Cherki (2018), ont montrés que ces familles chimiques évoquées interviennent dans la contraction utérine. Leur présence explique donc les propriétés abortives des écorces des racines de *R. obscura*. La fluorescence jaune à l'air libre sur fond violet (ou pourpre) observée explique la présence des composés antioxydante dans les écorces de racines de *R. obscura*. *Ce suggère que cet extrait protège contre les effets délétère des radicaux libres* (Haleng et al. 2007, Ferreira2010 ; Zal et al.2012) La propriété abortive prouvée par la présente étude montre une nécessité de protection de ladite plante.

Conclusion

L'extrait aqueux des écorces des racines de *R. Obscura* provoque :La diminution du poids et de la température des animaux gestants aux doses de 250 et 500 mg/kg entre le deuxième et le neuvième jour ,Une hémorragie chez les femelles gestantes aux de 250 et 500 mg/kg entre le deuxième et le neuvième jour ; Agit comme le misoprostol molécule réputée active dans les contractions utérines à l'origine de l'expulsion des fœtus aux doses de 250 et 500mg/kg.

Références

Anga D, (2018) Evaluation des effets abortifs de contraceptifs de l'extrait aqueux des écorces de tronc de *Strychnos camptoneura* Gilg et Busse (Loganiaceae) chez le rat femelle wistar. Mémoire de Master. Université Marien NGOUABI. 59p.

Bouquet A, (1969). Féticheur et médecines traditionnelles du Congo. Mémoire O.R.S.T.O.M, No 36 Brazzaville-Congo, 282 p.

Bouquet A, (1969). Féticheurs et médecines traditionnelles du Congo (Brazzaville). O.R.S.TO.M.116p.

EL Fennouni M, (2012). Les plantes réputées abortives dans les pratiques traditionnelles d'avortement au Maroc. Thèse de doctorat. Université de Mohammed V. 153p.

Ferreira C. (2010). Effets des perturbateurs endocriniens sur la fertilité male. Thèse de doctorat vétérinaire. Faculté de médecine Creteil, France, 91 P.

- Haleng J. , Pincemail J. , Defraigne J. O. , Charlier C. et Chapelle J. P.(2007). Le stress oxydant. Rev. Med. Liège, Belgique 60(10) : 628- 638.
- Lapo Rock-Allister.** (2000). Contribution à l'étude des effets abortifs de *Leptadenia hastata* (pers.) decne. Thèse : Docteur. Veterinaire: Dakar~ n° 23
- Lepondo D,**(2022)- Effet d'une recette à base de trois légumes-feuilles consommées à Brazzaville sur la fonction de reproduction chez le rat wistae. Mémoire de Master. Université Marien NGOUABI 54p.
- Mahoungou B**(,2018). Toxicité aigüe et evaluation de l'effet androgenique de l'extrait aqueux des écorces de tronc de *Rauvolfia Obscura* K.Schum (Apocynaceae) chez le rat mâle wistar. Mémoire de Master. Université Marien NGOUABI. 55p
- OMS** (1995). Evaluation Project. Indicators for reproductive health program evaluation. WashingtonDC: The evaluation Project . 96 P
- OMS.** (1994). Le dossier mère enfant : guide pour la maternité sans risque. Genève : Organisation Mondiale de la Santé. Document n° WHO/FHE/MSM/94. 11Rev1
- OMS.** (1995). Complications des avortements : directives techniques et questionnaires pour la prévention et le traitement. Genève : Organisation mondiale de la Santé. 96 P
- Ondélé R., Etou Ossibi A.W., Bassoueka D.J., Peneme M., Elion R., Binimbi A., et Abena A.A.,**(2015)-Toxicité aigüe et effet aphrodisiaque de l'extrait aqueux de *Rauvolfia obscura* K.Schum (Apocynaceae), Afrique SCIENCE 11(3), 172-180.
- Peneme B,**(2017)-Etude ethno-pharmacologique des plantes présumées contraceptives en médecine traditionnelle à Brazzaville.Thèse de Doctorat. Université Marien NGOUABI. 110p.
- Singh S et al.,** Abortion Worldwide(2017) : Uneven Progress and Unequal Access, New York : Guttmacher Institute, 2018. 99 P:
- Benie T, Duval J., Thieulant, M. L.** (2003). Effects of some traditional plant extracts on rat oestrous cycle compared with Clomid. Phytotherapy research ,17: 748-755
- Zal F., MOstafivi- Pouiz., Amini F., Heldari A.,** (2012)-Effet of Vitamin E and C supplements on lipid peroxydation and GSH- dependent oxydant aral contraceptives. Contraception, 86 (1) : 62-66.

Tableau 1: Les animaux ayant un cycle régulier par lot

| Jours | | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 | J7 | J8 | J9 | J10 | J11 | J12 | J13 | J14 |
|--------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Animaux | | | | | | | | | | | | | | | |
| Animaux Lot1 | A1 | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest |
| | A2 | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post |
| | A3 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A4 | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest |
| | A5 | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest |
| Animaux Lot2 | A1 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A2 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A3 | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post |
| | A4 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A5 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| Animaux Lot3 | A1 | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di |
| | A2 | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post |
| | A3 | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post |
| | A4 | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Di | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A5 | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest |
| Animaux lot4 | A1 | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di |
| | A2 | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post |
| | A3 | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest |
| | A4 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A5 | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest |
| Animaux Lot5 | A1 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A2 | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di |
| | A3 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |
| | A4 | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di |
| | A5 | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro | Oest | Post | Di | Pro |

Légende : Pro : proestrus ; Oest : œstrus ; Di : dioestrus ; Post : postœstrus

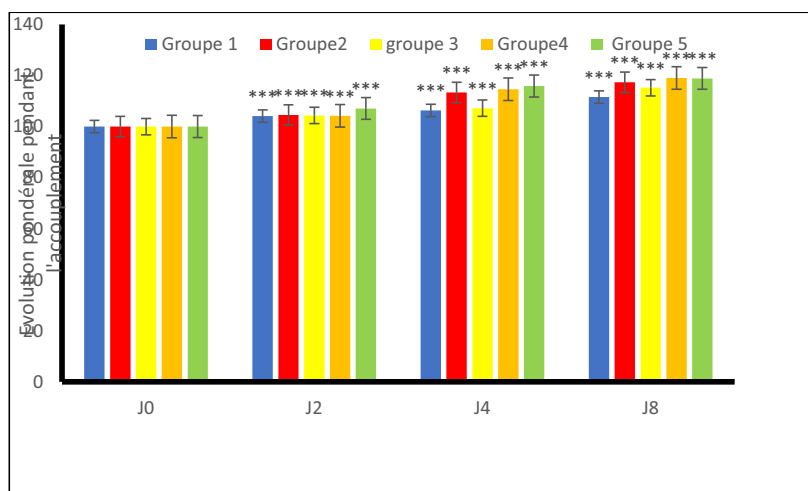


Figure 1 : Evolution pondérale lors de l'accouplement.

Les valeurs sont les moyennes ±ESM avec n=5, différence significative* p<0,05 ; **p< 0,01 ; ***p<0,001 ; ns différence non significative

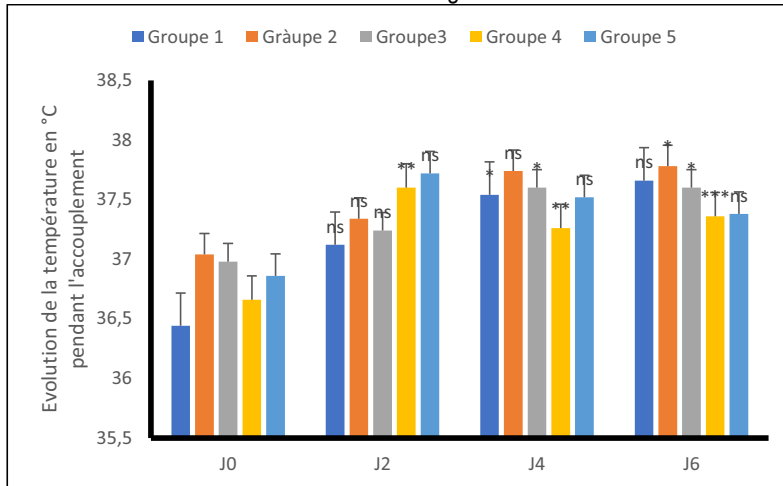


Figure 2: Evolution de la température lors de l'accouplement.

Les valeurs sont les moyennes ±ESM avec n=5, différence significative* p<0,05 ; **p< 0,01 ; ***p<0,001 ; ns différence non significative

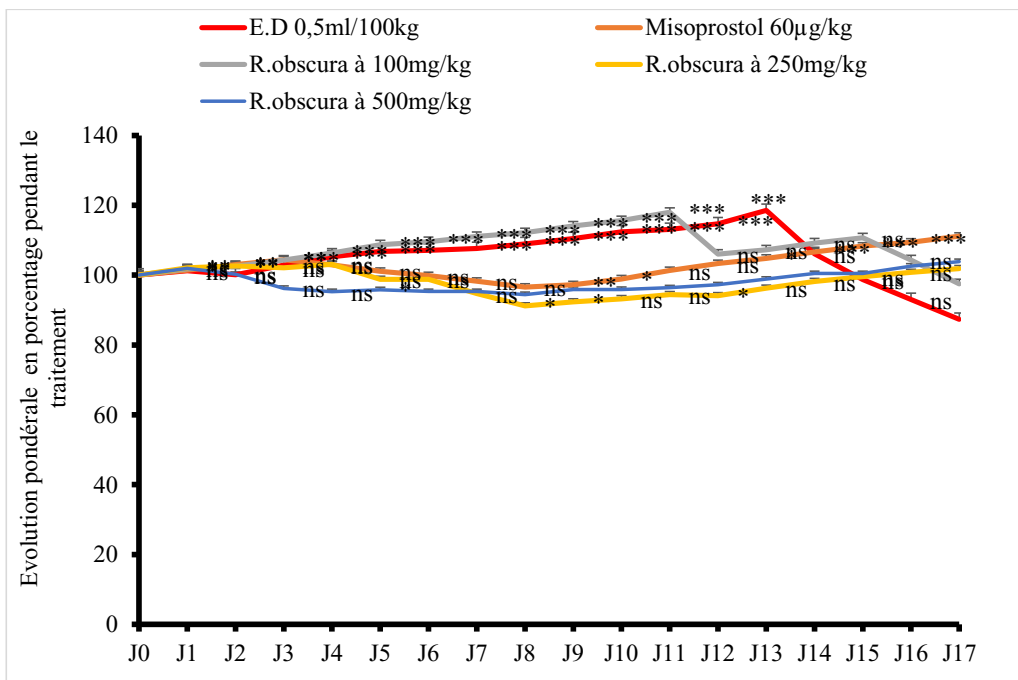
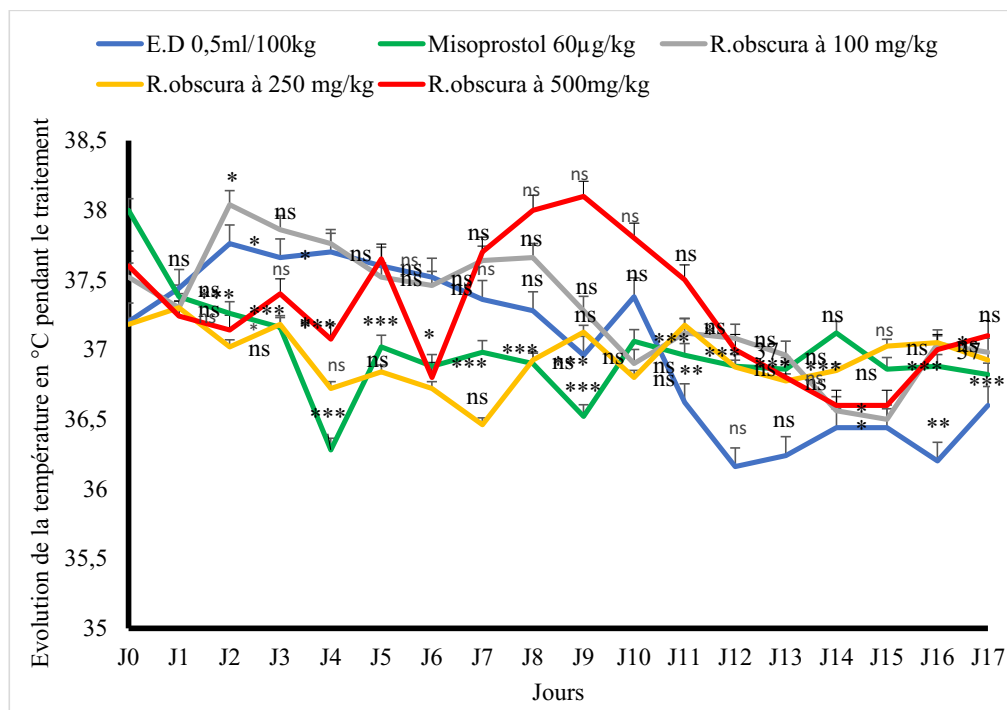


Figure 3: Effet de l'extrait aqueux de *R. obscura* sur l'évolution pondérale pendant le traitement.

Les valeurs sont les moyennes \pm ESM avec n=5, différence significative* p<0,05 ; ** p<0,01 ; ***p<0,001 ; ns =différence non significative

**Figure 4:** Effet de l'extrait aqueux de *R. obscura* sur la température pendant le traitement.

Les valeurs sont les moyennes \pm ESM avec n=5, différence significative* p<0,05 ; ** p<0,01 ; ***p<0,001 ; ns =différence non significative

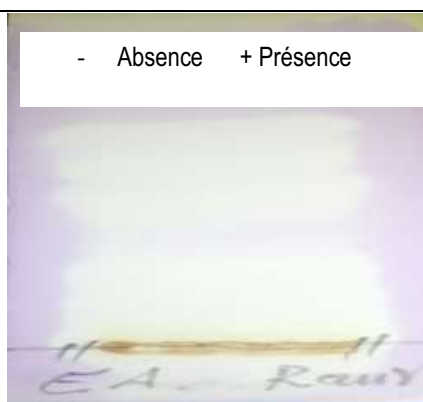
Tableau 2 : résultats des paramètres de l'avortement

| Animaux | E.distillée 0,5 mL/ 100 g | Misoprostol 60µg/Kg | <i>R. obscura</i> 100 mg/kg | <i>R. obscura</i> 250 mg/kg | <i>R.obscura</i> 500 mg/kg |
|------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Gestants | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Hémorragie sanguine | - | ++ | ++ | ++ | +++ |
| Forme de seins | N | R | R | R | R |
| Mise bas | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Taux de mise bas | 100% | 0% | 2 5% | 0% | 0% |

- absence d'hémorragie ; + Hémorragie ; N : normal R : rétrécie

Tableau 3 : Résultat du Profil Chimique des écorces de *R. obscura*

| Familles chimiques | Résultats |
|-----------------------|-----------|
| anins | + |
| Alcaloïdes | - |
| Flavonoïdes | + |
| Oses- osamines | - |
| Mucilages | - |
| Anthraquinone libre | + |
| Stéroïdes et terpènes | - |
| Saponosides | - |



*

Figure 5 : Migration des composés antioxydants de l'extrait aqueux du *Rauvolfia obscura* révélés par réduction DPPH

**Phytochimie, activité antioxydante, cytotoxicité et activité anti-inflammatoire des écorces de la tige de *Ceiba pentandra* (L). Gaertn (Malvaceae) sur les marqueurs cytokiniques des kératinocytes enflammés par les lipopolysaccharides
*Epa C1,2., Moulari B1., Ondélé R2, Etou-Ossibi AW2***

1Département des sciences naturelles, Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi Congo., Brazzaville-Congo.

2 Laboratoire de Biochimie et de Pharmacologie, Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi, Congo. B.P. 69 Brazzaville-Congo.

Auteur correspondant : epa_charles@yahoo.fr. Département des Sciences Naturelles, Ecole Normale Supérieure. Université Marien Ngouabi Congo

E-mail : charlesepa17@gmail.com / epa_charles@yahoo.fr Tél :069335155.

Résumé. De nos jours, les pourcentages des inflammations pathologiques sont en croissance exponentielle, elles constituent un véritable problème de santé de la population mondiale. L'objectif principal de cette étude est de valoriser les écorces de la tige de *Ceiba pentandra*, plante utilisée en médecine traditionnelle Congolaise pour traiter différentes les pathologies dont les maladies inflammatoires. Le profil phytochimique des extraits aqueux, hydro-éthanoliques et éthanoliques des écorces de cette plante a été réalisé par les méthodes standards des dosages des polyphénols totaux par le "Folin-Ciocalteu" ; des flavonoïdes totaux par le AlCl₃ et l'activité antioxydante par réduction du DPPH. La cytotoxicité a été réalisée par un test *in vitro* colorimétrique au MTT, sur des kératinocytes CLS 30049. Ce test permet de déterminer la viabilité de ces kératinocytes et les concentrations de l'extrait de 0,37 et 1,37 mg/mL, pour lesquelles elles sont majoritairement maintenues en vie. La production des cytokines **TFN- α** ; **IL-1 β** par les kératinocytes en présence de LPS et après traitement a été également déterminé dans le surnageant afin d'élucider les propriétés anti-inflammatoires de cet extrait.

Les résultats obtenus ont montré que l'extrait éthanolique présente le meilleur taux en polyphénols et flavonoïdes avec des valeurs respectives suivantes : 58,92 \pm 0,04 mg EAG/gMS et 121,7 \pm 0,04 mg EQ/gMS par rapport aux deux autres extraits. La poudre présente une faible cytotoxicité avec une viabilité cellulaire supérieure à 70 % pour deux concentrations : 0,34 et 1,37 mg/mL.

L'activité anti-inflammatoire de la poudre sur les marqueurs cytokiniques pro et anti-inflammatoires **TFN- α** ; **IL-1 β** et **IL-4**, est intéressante avec une baisse significative des **TFN- α** ; **IL-1 β** et une augmentation d'**IL-4** par rapport au témoin non traité. Nos résultats ont montré que les extraits des écorces de *Ceiba pentandra* ont des effets antioxydants et anti-inflammatoires qui seraient dus à la présence des polyphénols et des flavonoïdes, ce qui justifierait son usage dans la médecine traditionnelle congolaise.

Mots clés : *Ceiba pentandra*, kératinocytes, inflammation, marqueurs anti-inflammatoires

Abstract

Nowadays, the percentages of pathological inflammations are growing exponentially, they constitute a real health problem for the world population. The main objective of this study is to promote the bark of the stem of *Ceiba pentandra*, a plant used in traditional Congolese medicine to treat various pathologies including inflammatory diseases. The phytochemical profile of the aqueous, hydro-ethanolic and ethanolic extracts of the bark of this plant was carried out using standard methods of assaying total polyphenols using "Folin-Ciocalteu"; total flavonoids using AlCl₃ and antioxidant activity by reduction. DPPH. Cytotoxicity was carried out by an *in vitro* colorimetric test with MTT, on CLS 30049 keratinocytes. This test makes it possible to determine the viability of these keratinocytes and the concentrations of the extract

of 0.37 and 1.37 mg/ m, for which they are mainly kept alive. The production of the cytokines TFN- α ; IL-1 β by keratinocytes in the presence of LPS and after treatment was also determined in the supernatant in order to elucidate the anti-inflammatory properties of this extract.

The results obtained showed that the ethanolic extract presents the best level of polyphenols and flavonoids with the following respective values: 58.92 ± 0.04 mg EAG/gMS and 121.7 ± 0.04 mg EQ/gMS compared to the two other extracts. The powder exhibits low cytotoxicity with cell viability greater than 70% for two concentrations: 0.34 and 1.37 mg/mL.

The anti-inflammatory activity of the powder on the pro- and anti-inflammatory cytokine markers TFN- α ; IL-1 β and IL-4, is interesting with a significant decrease in TFN- α ; IL-1 β and an increase in IL-4 compared to the untreated control. Our results showed that *Ceiba pentandra* bark extracts have antioxidant and anti-inflammatory effects which are due to the presence of polyphenols and flavonoids, which would justify its use in traditional Congolese medicine.

Keywords: *Ceiba pentandra*, keratinocytes, inflammation and anti-inflammatory markers.

1. Introduction

Ceiba pentandra, est une plante utilisée en médecine traditionnelle congolaise dans le traitement de plusieurs maladies dont les maladies inflammatoires (Fazana Akhtar (2000) ; Ngounou et al., (2000) ; Ibara et al., (2007), Loumingou ;2016 ; ; Elion Itou et al.,2014 ; OMS,2023). Au fil des années, le pourcentage de ces inflammations pathologiques croît exponentiellement et ces dernières constituent un véritable problème de santé. Publique (Adjanooun et al., 1989 ; Bouquet 1969 ; OMS, 2014 ; OMS,2023). Au cours d'une réaction inflammatoire, plusieurs molécules élaborées sont à l'origine de la fièvre, douleur, rougeur, parmi lesquelles l'histamine, qui augmente la perméabilité des vaisseaux, des facteurs du complément ou des interleukines dont enle TNF-alpha. Par ailleurs une inflammation aigue mal contrôlée peut se transformer en une inflammation subchronique et voir chronique, comme l'arthrite, la dermatite, la gastrite etc. (Won, (2010) ; Tsiftoglou et al.,2023) ; Epa et al., (2019). Les maladies inflammations sont en croissance exponentielle au cours de ces dernières années et constituent un véritable problème de santé au sein de la population mondiale (OMS,2014 ; OMS,2023). En effet, l'OMS encourage la recherche des phytomédicaments à base de plantes médicinales pour substituer aux difficultés liées à la médecine moderne (OMS,2014 ; OMS, 2022) et apporter de nouveaux traitements afin d'enrichir la thérapie actuellement disponible. Plus de 80% des habitants du continent Africain font recours à la médecine traditionnelle par usage des plantes médicinales pour remédier aux problèmes de santé primaire (Ngounou et al., (2000) ; Ibara et al., (2007) Elion Itou, (2010) ; Nwachukwu et al.,2014 ; Elion Itou et al.,2014 ; OMS,2023), car les médicaments conventionnels sont le plus souvent difficiles d'accès aux populations des pays sous-développés (OMS, 2014). C'est dans le but d'évaluer le potentiel pharmacologique de cette plante que ce présent travail a été initié afin de contribuer à une meilleure prise

en charge des malades atteints des maladies inflammatoires. Par conséquent, il est intéressant de connaître les familles chimiques présentes dans les extraits des écorces de *Ceiba pentandra* qui seraient responsables et utilisés dans le médicament traditionnel amélioré aux propriétés anti-inflammatoires. L'objectif de cette étude est d'évaluer la cytotoxicité et les mécanismes anti-inflammatoires liés aux composés de la poudre des écorces de *Ceiba pentandra* en utilisant une approche *in vitro*.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal.

Le matériel végétal était constitué de la poudre des écorces de tige de *Ceiba pentandra* récoltées à Owando au Nord du Congo dans la Cuvette Centrale, le 27 avril 2023. La plante a été identifiée à l'Institut National de recherche Forestière (INRF), cité scientifique B.P.2400.

2.2. Matériel cellulaire

Cette étude a été réalisée sur la lignée cellulaire HaCaT provenant de Cell Line Service GmbH (CLS, Eppelheim, Germany). Il s'agit des kératinocytes référencés CLS 300493. Les kits ELISA utilisés sont de chez Thermo Scientific : Human TNF-alpha (Tumor Necrosis Factor alpha) Elisa kit, Human IL-1 beta (Interleukine-1 beta) Elisa kit et Human IL-4 (Interleukine-4) Elisa kit.

2.3. Préparation des extraits aqueux, hydroéthanolique et éthanolique

Trois types d'extraits des écorces de la tige de *Ceiba pentandra*, ont été préparés selon la méthode décrite par *Etou Ossibi et al., 2023*, dont un en décoction et deux autres en macération, en mettant 25 g de poudre végétale dans 250 ml d'eau distillée (extrait aqueux V), préparé en décoction pendant 15 minutes ; dans 250 ml d'éthanol 900 plus 250 ml d'eau distillée (extrait hydroéthanolique V/V) et 250 ml d'éthanol 900 (extrait éthanolique V) sous agitation magnétique pendant 72 heures. Les macérés ont été ensuite doublement filtrés sur coton hydrophile. Les filtrats recueillis ont été évaporés à la température de 70°C pour l'extrait aqueux, à 40°C pour l'extrait éthanolique et à 52°C pour l'extrait hydroéthanolique. Les résidus obtenus en décoction et macération ont été conservés dans un flacon sec et stérile au réfrigérateur pour les différents dosages et tests pharmacologiques.

2.4. Dosage des polyphénols et flavonoïdes totaux.

Le dosage des polyphénols totaux des extraits des écorces de la tige de *C. pentandra* et de l'acide gallique a été réalisé par le réactif de "Folin-Ciocalteu" selon la méthode de Singleton et Rossi (1965). L'absorbance a été lue sur un spectrophotomètre à 725 nm contre un blanc d'eau distillée. Les résultats

sont exprimés en équivalent acide Gallique par mg de matières sèches (mg EAG/g MS). Par ailleurs le dosage des flavonoïdes totaux des différents extraits des écorces de la tige de *C. pentandra* et de la quercétine a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium, décrite par Bahorum et al. En 1996. Les résultats sont exprimés en équivalent Quercétine par mg de matières sèches (mg EQ/g MS). L'absorbance a été lue à 510 nm.

2.5. Évaluation de l'activité antioxydante

La méthode analytique DPPH décrite par Brand-Willam et al., 1995 ; Majhenic et al., 2007 ont été utilisés pour évaluer l'activité antioxydante des extraits aqueux, hydroéthanoliques et éthanoliques des écorces de la tige de *C. pentandra* et de l'antioxydant standard (acide gallique). Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (%). Il a été calculé par la formule suivante : $\% I = (\text{absorbance blanche} - \text{extrait d'absorbance}) / (\text{Absorbance blanche}) \times 100$.

2.6. Cytotoxicité et activité anti-inflammatoire *in vitro* de *Ceiba pentandra*

Les cellules de la peau utilisées dans cette étude sont les kératinocytes humains de maintien de l'homéostasie de la peau comme l'ont montré *Wojtowicz et al.*, (2014). Les manipulations se font sous PSM (poste de sécurité microbiologique)

2.6.1. Cytotoxicité

La cytotoxicité a été réalisée par la méthode décrite par *Niebel et al.*, (2012) ; *Moulari et al.*, (2014), de MTT (3[4,5-diméthylthiazol-2yl] -bromure de diphenyltétraazolium) suivant les instructions de la compagnie. En bref, après vérification de l'adhérence des cellules (Kératinocytes) au microscope ; elles ont été lavées avec 100 µl de DPBS 1X, suivie d'une nouvelle aspiration du liquide. Par conséquent, 100 µl des différentes concentrations préparées avec le milieu de culture de la poudre de *C. pentandra* à tester : 0,17 mg/ml ; 0,34 mg/ml ; 0,68 mg/ml ; 1,37 mg/ml ; 2,75 mg/ml ; 5,5 mg/ml ont été ajoutées. 4 heures après incubation des plaques à 37°C et 5% CO₂ dans une atmosphère humidifiée, les solutions de la poudre testées sont aspirées et les cellules sont rincées avec du DPBS (Dulbecco's Phosphate Buffer Solution) 1X. Après aspiration du DPBS 1X, 100 µl de MTT dilué dans DPBS 1X à 4mg/ml sont ajoutés dans chaque puit. Les cellules sont à nouveau reincubées à 37°C et 5% CO₂ pendant 2 heures. Enfin le MTT a été aspiré, suivi du lavage des cellules avec 100 µl de DPBS 1X puis aspiration. La Mesure de l'absorbance à 570 nm est faite à l'aide d'un lecteur de plaques photométrique.

2.6.2. Activité anti-inflammatoire *in vitro*

Le modèle d'inflammation cellulaire utilisé dans cette étude est celui à base de lipopolysaccharide (LPS) décrit par de nombreux auteurs (Niebel et al., 2012 ; Moulari et al., 2014).

Conformément aux études de toxicité cellulaire réalisées, les concentrations choisies sont celles qui donnaient au moins 75% de viabilité cellulaire lors des tests cytotoxiques. Ainsi les concentrations en mg/ml testées sur les Kératinocytes CLS 300493, préparées en mélangeant la poudre avec le milieu de culture puis diluées, sont de

0,34 et 1,37.

Par ailleurs, après rinçage des cellules au DPBS, 100 µl de *Ceiba pentandra* sont ajoutés dans chaque puit de manière à obtenir les concentrations finales de 0,34 et 1,37 mg/ml. Les cellules sont ensuite incubées à 37°C et 5% CO₂ pendant 24 heures, ensuite 100 µl de surnageant cellulaire sont prélevés dans chaque puit après 24 h et sont aliquotés dans des tubes Eppendorf puis conservés à -80°C jusqu'au dosage des marqueurs cytokiniques de l'inflammation. Les taux des cytokines pro-inflammatoires (TNF- α et IL-1 β) et anti-inflammatoire (IL-4) ont été quantifiés par test ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay).

2.7. Analyse statistique

Toute l'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel GraphPad Prism. Les graphes ont été réalisés avec le logiciel Microsoft Excel version 2021. La comparaison des moyennes a été faite par le test ANOVA. Les résultats sont significativement différents pour les valeurs de $p < 0,05$. Les tests pour chaque concentration ont été reproduits trois fois.

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Dosage des polyphénols

Les résultats du dosage des polyphénols sont représentés par les histogrammes ci-dessous (figure 1) qui présentent les 3 extraits (aqueux, hydro-éthanolique et éthanolique) de *Ceiba pentandra*. Ceux-ci sont exprimés en équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (EAG/gMS) Il en résulte que l'extrait éthanolique de *Ceiba pentandra* est plus riche en composés phénoliques avec un taux de $58,92 \pm 0,04$ mg E AG/gMS, secondé par l'extrait aqueux qui a une teneur de polyphénol de $31,78 \pm 0,013$ mg

EAG/gMS, l'extrait hydro-éthanolique quant à lui présente la plus faible teneur en polyphénol avec $27,1 \pm 0,023$ mg E AG/gMS.

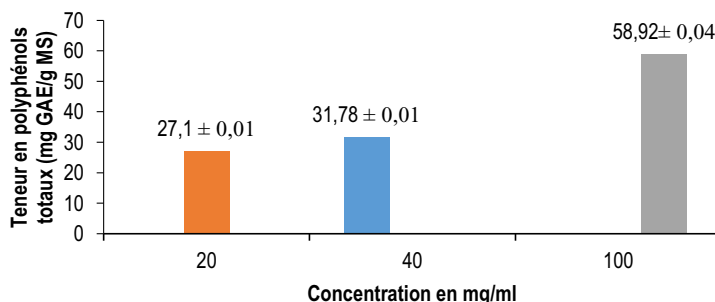


Figure 1. Teneurs en polyphénols totaux en mgEGA/gMS, des extraits aqueux, hydro-éthanolique et éthanolique de *Ceiba pentandra*. (Moyenne \pm EMS, n=3). En marron : Extrait hydroéth= Extrait hydroéthanolique. En bleu= Extrait aqueux. En gris= Extrait éthanolique.

3.1.2. Dosage des flavonoïdes totaux

Les résultats du dosage des flavonoïdes totaux sont représentés dans la figure 2, ceux-ci sont exprimés en équivalent Quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/gMS). Ces histogrammes représentent la teneur en flavonoïdes des extraits aqueux, hydro-éthanolique et éthanolique de *Ceiba pentandra*. Il en ressort que l'extrait éthanolique de *Ceiba pentandra* possède la plus grande teneur en flavonoïdes totaux soit $121,7 \pm 0,04$ mg EQ/gMS, suivi de l'extrait aqueux avec un taux de $72,24 \pm 0,10$ mg EQ/gMS, et enfin l'extrait hydro-éthanolique qui présente un taux de $59,42 \pm 0,05$ mg EQ/gMS

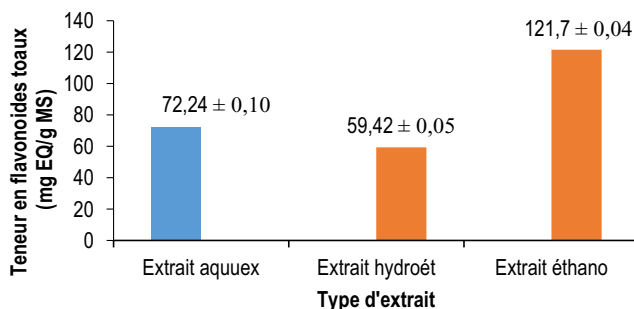


Figure 2. Teneurs en flavonoïdes totaux en mg EQ/Gms. Extraits aqueux, hydro-éthanolique et éthanolique de *Ceiba pentandra*. (Moyenne \pm EMS, n=3). En bleu : Extrait aqueux. En marron : Extraits hydroéthanolique et éthanolique.

3.1.3. Evaluation des activités antioxydantes

L'activité antioxydante est une réaction se réalisant grâce à la réduction du radical DPPH par les extraits aqueux, hydro-éthanolique et éthanolique ainsi que par l'antioxydant standard que constitue l'acide gallique. Cette réaction se caractérise par un virement de couleur due à l'action du DPPH : passage de la couleur violette (DPPH•) à la couleur jaune (DPPH-H).

La figure 3, exprime les valeurs des concentrations inhibitrices responsables de 50% de l'activité de piégeage du radical le DPPH• de l'extrait aqueux, hydro-éthanolique et éthanolique de *Ceiba pentandra* ainsi que de l'acide gallique (Références ou standards). Cet histogramme illustre les valeurs de la CI50 comme suit : acide gallique : 0,215 mg/ml ; extrait éthanoïque : 1,813 mg/m ; extrait aqueux : 3,75 mg/ml. extrait hydro-éthanolique : 3,75 mg/ml.

L'acide gallique qui présente une valeur très faible de CI50 soit 0,215 mg/ml exprime une très forte activité antioxydante. Cette valeur du réactif standard est suivie par l'extrait éthanolique avec une CI50 de 1,813 mg/ml, valeur mettant en évidence l'activité antioxydante moyenne par rapport aux deux autres extraits, l'aqueux et hydro-éthanolique avec une CI50 de 3,75 mg/ml plus élevée et présente une faible activité antioxydante

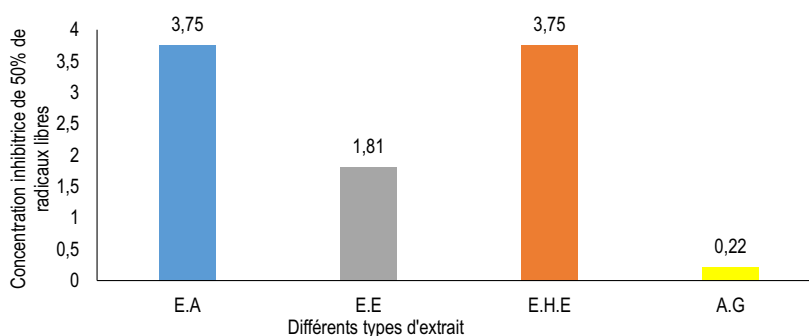


Figure 3. Concentration inhibitrice 50% de radicaux libres des extraits de *Ceiba pentandra* avec des solvants à polarité croissante (EA=extrait Aqueux ; E. E=Extrait Ethanolique ; E.H. E=Extrait Hydro-Ethanolique ; AG=Acide gallique

3.1.4. Cytotoxicité et activités anti-inflammatoires *in vitro*

- Cytotoxicité de *Ceiba pentandra* sur les kératinocytes

La figure 4 montre la viabilité des kératinocytes en fonction de la concentration de poudre de *Ceiba pentandra*. La viabilité cellulaire décroît à mesure que la concentration de la poudre augmente. En effet, la CI50 (Concentration inhibitrice 50) de la poudre de *Ceiba pentandra* sur les kératinocytes est supérieure à 5,5 mg/ml. Pour des mesures de sécurité, seules les concentrations ayant une viabilité

cellulaire supérieure ou égale à 80% ont été utilisées dans l'évaluation anti-inflammatoire. Ainsi deux concentrations ont été testées : 0,34 mg/ml et 1,37 mg/ml.

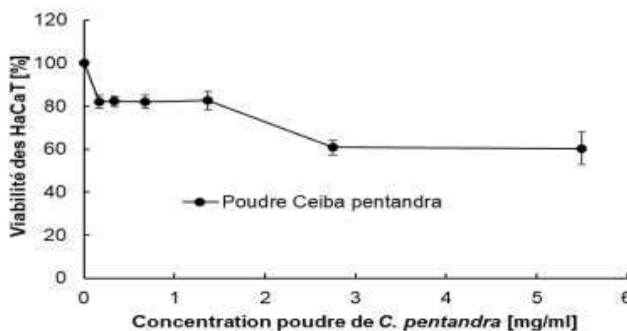


Figure 4. Pourcentage de viabilité des kératinocytes en fonction de la variation de la concentration

- **Effets de la poudre de *Ceiba pentandra* sur les marqueurs cytokiniques pro-inflammatoires TNF- α et IL-1 β**

Pour les marqueurs pro-inflammatoires, leurs concentrations sont proportionnelles à la sévérité de l'inflammation c'est à dire plus leurs concentrations sont élevées, plus sévère est l'inflammation. Et on constate que pour les 2 marqueurs évalués (IL-1 β et TNF- α), les concentrations de *Ceiba pentandra* testées réduisent leur activité (leur concentration) avec des différences statistiquement significatives par comparaison au témoin LPS (témoin inflammation) (Figure 5). Pour IL-1 β , la différence est statistiquement significative en comparant les deux concentrations testées (Figure 6).

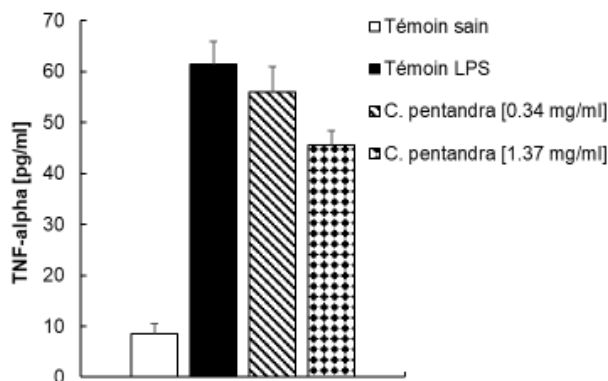
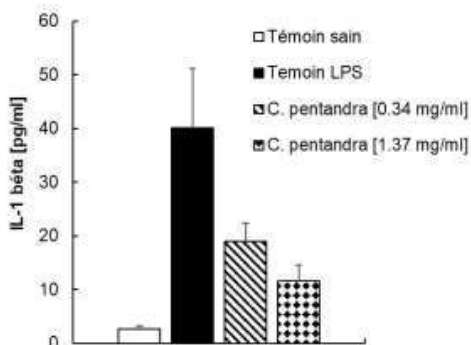
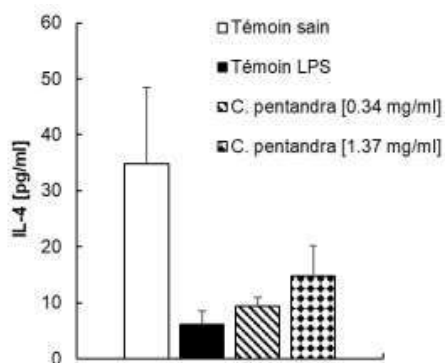


Figure 5. Activité de TNF- α en pg/ml en fonction des concentrations de poudre de *C. pentandra* et de la LPS**Figure 6.** Activité d'IL-1 β en pg/ml en fonction des concentrations de poudre de *C. pentandra* et de la LPS

- **Effets de la poudre de *Ceiba pentandra* sur le marqueur cytokinique anti-inflammatoire IL-4**

Pour les marqueurs anti-inflammatoires, leurs concentrations sont inversement proportionnelles à la sévérité de l'inflammation c'est à dire plus leurs concentrations sont élevées, moins sévère est l'inflammation. Et on constate que pour le marqueur évalué (IL-4), les concentrations de *Ceiba pentandra* testées augmentent l'activité (la concentration) d'IL-4 avec des différences statistiquement significatives par comparaison au témoin LPS (témoin inflammation) pour la plus forte concentration testée (1,37 mg/ml). Cette différence est aussi statistiquement significative en comparant les deux concentrations testées (Figure 7).

**Figure 7.** Activité d'IL-4 en pg/ml en fonction des concentrations de la poudre de *C. pentandra*

4. Discussion

Ce travail avait pour objectif l'évaluation des effets antioxydants des extraits de *C. pentandra* et l'étude de l'impact de la poudre des écorces de *C. pentandra* sur les marqueurs cytokiniques de l'inflammation sur un modèle d'inflammation cellulaire induite par LPS. Une analyse phytochimique des extraits d'écorces de *C. pentandra* ainsi que la cytotoxicité de la poudre d'écorces sur les kératinocytes humains ont été aussi réalisées.

Les analyses phytochimiques ont révélé la présence des polyphénols dans les différents extraits testés avec une teneur plus élevée dans l'extrait éthanolique par comparaison aux extraits aqueux et hydro-éthanolique qui présentaient une faible teneur. La forte teneur en polyphénol de l'extrait éthanolique pourrait s'expliquer par la présence de l'éthanol 90° qui est le solvant d'extraction des polyphénols totaux par excellence comme l'avait souligné d'autres auteurs qui ont travaillé sur les feuilles et les écorces de *C. pentandra* (Fazana Akhtar, (2000) ; Ibara *et al.*, (2007) ; Elion Itou, (2010) ; Elion *et al.*, (2014)). Nos résultats rejoignent les travaux réalisés antérieurement par : Epa (2015) sur les écorces de *Buchholzia coriacea* et Morabandza *et al.*, (2016), qui ont révélé une forte richesse en polyphénols totaux dans l'extrait éthanolique de *Eleutherine bulbosa*.

Les mêmes observations ont également été faite pour la teneur des flavonoïdes totaux avec une plus forte teneur pour l'extrait éthanolique, ce qui est en accord avec les résultats de Elion Etou (2014).

Les résultats de l'activité antioxydante montrent que l'extrait éthanolique a une activité antioxydante plus élevée que les deux autres extraits car il possède une CI50 plus faible (1,813 mg/ml). Cependant, les extraits aqueux et hydro-éthanolique présente une CI50 de 3,75 mg/ml. Signalons que plus la valeur de la CI50 est petite, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande (Serondo *et al.*, (2022) ; Tsiftoglou *et al.*, (2023). Ces activités antioxydantes des extraits de *C. pentandra* pourraient s'expliquer par la présence des polyphénols et des flavonoïdes mise en évidence lors de son analyse phytochimique. En effet, il est connu que les polyphénols et les flavonoïdes sont des puissants antioxydants. Epa *et al.*, (2015). Et l'activité antioxydante observée avec les extraits de *C. pentandra* est proportionnelle à la teneur des polyphénols et flavonoïdes. En effet, c'est l'extrait éthanolique qui a la plus forte teneur en polyphénols qui présente la plus forte activité antioxydante. Ce qui confirme le rôle majeur de ces composés dans l'activité antioxydante de *C. pentandra*. Nos résultats sont en conformité avec ceux d'autres auteurs travaillant sur les écorces d'autres plantes : *Buchholzia coriacea* Engl. (*Capparidaceae*), *Eleutherine bulbosa*, *Maranthes glabra* et qui ont mis en évidence des effets antioxydants, Epa *et al.*, (2019) ; Etou Ossibi *et al.*, (2023), sur les feuilles de *Spondias mombin* Linn. (*Anacardiaceae*).

Les résultats de cytotoxicité de la poudre des écorces de *Ceiba pentandra* sur les kératinocytes humains ont montré que la cytotoxicité de la poudre de *Ceiba pentandra* est dose-dépendante. Car plus la dose augmente, la toxicité cellulaire devient plus importante. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bouango (2019) qui a constaté que la cytotoxicité de *Strychnos camptoneura* Gils et Bussz (Loganiaceae) sur les fibroblastes et les kératinocytes était également dose-dépendante. La CI50 de la poudre de *Ceiba pentandra* est égale à 5,5mg/ml car on constate jusqu'à cette dose une survie cellulaire supérieure à 80%. Cette concentration inhibitrice est largement élevée à celle de l'extrait éthanolique de *Strychnos camptoneura* sur les cellules de lignées cellulaires (fibroblastes et kératinocytes) avec une CI50 de 250µg/ml pour les fibroblastes et une CI50 de 31 µg/ml pour les kératinocytes tel que le présente Bouango (2019). Ainsi *Ceiba pentandra* serait dans ce cas moins toxique sur les kératinocytes que *S. camptoneura*.

Concernant les effets des écorces de *C. pentandra* sur les marqueurs pro-inflammatoires, les résultats obtenus montrent une variation de l'activité des cytokines pro-inflammatoires en fonction de la concentration de la poudre de *Ceiba pentandra*. En présence de la poudre de *Ceiba pentandra* les taux de TNF- α et IL-1 β diminuent par comparaison au groupe témoin inflammé mais non traité par la poudre de *Ceiba pentandra*. La différence obtenue est statistiquement significative. Les taux de TNF- α et IL-1 β les moins élevés sont obtenus avec la plus forte concentration testée (1,37 mg/ml). Ces résultats mettent en évidence un effet anti-inflammatoire de la poudre de la plante qui pourrait être dû à la présence dans la composition de la poudre de *Ceiba pentandra* des composés antioxydants, Loumingou (2016) ; Tsiftoglou et al., (2023) ; Nkounkou et al., (2023). En effet, il est connu que la lutte contre le stress oxydatif, responsable de la dégénérescence cellulaire, est indispensable pour faire face efficacement aux dysfonctionnements immunitaires et métaboliques, deux situations étroitement liées à l'apparition des réactions inflammatoires. L'effet anti-oxydant intéressant de notre plante pourrait justifier son activité anti-inflammatoire. Plusieurs auteurs : Kim et al., (2016) ; Hossain et al., (2023) ; Moulari et al., (2022) ont mis en évidence la corrélation entre la présence des composés anti-oxydants (phénols) et l'activité anti-inflammatoire sur des extraits d'autres plantes. Nos résultats confirment cette corrélation entre la présence des composés phénoliques (anti-oxydants) et l'activité anti-inflammatoire. Ainsi les plantes riches en composés phénoliques, comme l'est *Ceiba pentandra*, pourraient constituer une alternative ou une option intéressante pour traiter les maladies inflammatoires. Quant à l'impact sur les marqueurs anti-inflammatoires, les résultats obtenus montrent l'impact de la poudre de la plante sur le marqueur anti-inflammatoire IL-4, (Schhuerwegh et al., (2005) ; Chen et al., (2017) ; Cheng et al., (2019) ; Hanaei et al., (2020) ; Chen et al., (2022) ; Fan et al., (2022). Le niveau de la cytokine est proportionnel à la concentration de la poudre de plante utilisée avec une différence statistiquement significative par comparaison avec le groupe Témoin LPS pour la plus forte concentration utilisée. Cet effet sur les

marqueurs cytokiniques anti-inflammatoires de la poudre de *Ceiba pentandra* pourrait s'expliquer par son profil phytochimique. En effet, il est connu que les composés phénoliques en particulier les flavonoïdes ont un effet bénéfique sur l'expression des cytokines anti-inflammatoires tel qu'IL-4 (Park et al., 2020). Ainsi l'augmentation du niveau de l'IL-4 après traitement à la poudre de *C. pentandra* serait la conséquence de la présence des flavonoïdes dans la poudre de *C. pentandra*.

Au regard des résultats obtenus, *Ceiba pentandra* est une plante aux multiples vertus thérapeutiques et pharmacologiques. Elle possède des activités antioxydantes et anti-inflammatoires avec une action conjuguée à la fois sur les cytokines anti-inflammatoires (augmentation de la concentration de l'IL-4) et sur les cytokines pro-inflammatoires (diminution des concentrations de TNF- α et d'IL-1 β). Ces résultats apportent également la justification scientifique de l'utilisation de *Ceiba pentandra* dans la pharmacopée traditionnelle congolaise pour traiter des lésions cutanées.

Références Bibliographiques

1. Adjanohoun E. J, Ahyi M. R. A, Ake Assi L et al., (1989). Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Bénin-ACCT Ed. Paris, 895p
2. Alomar H.A., Elkady W.M., Abdel-Aziz M.M., Ibrahim T.A., Fathallah N., (2023). Anti-*Helicobacter pylori* an Anti-Inflammatory Potential of *Salvia officinalis* Metabolites: In Vitro and In Silico Studies. *Metabolites*, 13, 136, p1-19. <http://doi.org/10.3390/metabolites13010136>.
3. Bouquet A, (1969). Feticheurs et médecine traditionnelle du Congo Brazzaville. Paris; Mémoires ORSTOM, 282p.
4. Belaïch R., Boujraf S. (2016). Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 10(1), pp.38-42.
5. Chen, S. Gao, H. Guan et al., (2022) « La naringine protège les cellules du noyau pulpeux humain contre l'inflammation induite par le TNF- α , le stress oxydatif et la perte de l'homéostasie cellulaire en améliorant le flux autophagique via l'activation de l'AMPK/SIRT1 », *Oxidative Médecine et longévité cellulaire*, vol. 2022, numéro d'article 7655142, 17 pages,
6. Chen, J. Xuan, YT Gu et al., (2017) « Celastrol réduit le catabolisme matriciel induit par l'IL-1 β , le stress oxydatif et l'inflammation dans les cellules du noyau pulpeux humain et atténue la dégénérescence du disque intervertébral du rat in vivo », *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 91, p. 208-219,
7. Cheng S, X. Li, Z. Jia et al., (2019) « La cytokine inflammatoire TNF- α régule le comportement biologique des cellules souches mésenchymateuses du noyau pulposus de rat via la voie de signalisation NF- κ B in vitro », *Journal of Cellular Biochemistry*, vol. 120, non. 8, pages 13664 à 13679,
8. Elion Itou R.D.G, (2010). Effets anti-ulcéreux et anti-diarrhéiques de *Ceiba pentandra Gaertn* (Bombacaceae). Thèse de Doctorat unique de l'Université Marien NGOUABI. 132p

9. Elion Itou R.D.G, Sanogo R, Etou Ossibi A.W et., (2014). Anti-inflammatory and Analgésic Effects of Aqueous Extract of Stem Bark of *Ceiba pentandra* Gaertn; *Pharmacology & Pharmacy*, 5: (1113-1118).
10. Epa C., B. Moulari, M.G. Okiemy Akelie, AW. Etou Ossibi, A. Agbonon, Attibayeba, R.P. Ongoka, AA. Abena (2019) Evaluation of Anti-inflammatory, Antipyretic, Antioxidant Effects, total polyphenol and flavonoid contents and phytochemical screening of *Maranthes glabra's leaf Extracts*. (Oliv.) Prance leaf extracts (Chrysobalanaceae) p, ISSN2319-7676, (14), pp55.
11. Epa C., (2015). Effets anti-inflammatoire et cicatrisant des extraits aqueux et éthanolique de *Buchholzia coriacea Engl. (Capparidaceae)* chez la souris et les rats Wistar, Thèse de doctorat, Université Marien Ngouabi. Brazzaville, Congo. 168 p.
12. Etou Ossibi A.W., Mboundou-Bouesse B., Ngolo E., Guollaly Tsiba, Abena A.A., (2023). Hypotensive and antiradical potentialities of the aqueous extract and four fractions of the leaves of *Spondias mombin* Linn. (Anacardiaceae) in rats. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 12 (4), p1553-1565. www.wjpr.net
13. Fan N, S. Yuan, Y. Hai et al., (2022) « Identification du rôle potentiel de l'IL-1 β dans les mécanismes moléculaires de la dégénérescence discale à l'aide du profilage de l'expression génique et de l'analyse bioinformatique », *Journal of Orthopaedic Surgery*, vol. 30, non. 1er 2022.
14. Farzana Akhtar (2000): « New isoflavones from *Ceiba pentandra* », in *Phytochemistry*, vol 54, p 107-110.
15. Ghedira K (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. Vol 3(4) ; pp 162-169.
16. Hanaei S. 2020S. Abdollahzade, M. Sadr et al., (2020) « Le rôle de l'interleukine 4 et de l'IL-4RA dans la dégénérescence des disques intervertébraux : étude des polymorphismes mononucléotidiques dans les gènes et revue systématique et méta-analyse de l'expression de l'IL-4. Niveau », *British Journal of Neurosurgery*, vol. 34, non. 1, p. 66-71.
 - Consulter sur : [Google Scholar](https://scholar.google.com/)
17. Hossain M.R., Alam R., Chung H-J., Eva T.A., Kabir M.F., Mamurat H., Hong S-T., Hafiz M.A., Hossen S.M.M., (2023). In vivo, In vitro and In Silico Study of *Cucurbita moschata* Flower Extract: A Promising Source of Natural Analgesic, Anti-inflammatory and Antibacterial Agents. *Molecules*, 28, 6573, p1-15. <http://doi.org/10.3390/molecules28186573>.
18. Ibara J.R, Itou E, J.M, Ouamba et al., (2007). Preliminary Evaluation of Antiulcerogenic Activity of *Ceiba pentandra* Gaertn and *Helicrysum mechowiamum* klatt in Rats, *Journal Medicine Sciences* ;7(3): 485-488

19. Kim, J. Y., Lim, H.J., Lee, D.Y., Kim, J.S., Kim, D.H., Lee, H.J., Kim, H.D., Jeon, R., Ryu, J.H., (2016). In vitro anti-inflammatory activity of lignans isolated from *Magnolia fargesii*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 19, 937 – 940
20. Kouadio L.A., Gnahoué G., Kple M.K.T., Abizi G., Kone S.D. et Kra M.K.A., (2022). Effet des extraits des feuilles de *Ficus sycomorus* sur les paramètres hématologiques et biochimiques des rats wistar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16(2), p680-694: <http://www.infdg.org>.
21. Loumingou G.F, (2016). Mécanismes d'action anti-inflammatoire et analgésique de *Ceiba pentandra Gaertn (Bombacaceae)* et de *Chromolaena odorata L. King et Robinson (Asteraceae)* chez le rat wistar. Mémoire de fin d'étude en Sciences Naturelles, Université Marien Ngouabi. 34p.
22. Morabandza C. J., Okiemy-Akieli M. G., Okiemy E., Andzi-Barhé T., Ongoka P.R., (2016). Total phenols, total flavonoids content; antioxidant and antifungal activities of ethanolic and aqueous extracts of *Eleutherine bulbosa* (Iridaceae). *World Journal of Pharmaceutical Sciences*. ISSN (Print) : 2321-3310 ; ISSN (Online) : 2321-3086.
23. Moulari B., Morabandza C.J., Elion Itou R.D.G., Gombe Assoungou H. and Abena A.A., (2022). *Strychnos camptoneura* Gilg and Busse (Logoniaceae) seeds: In vivo effect of aqueous and ethanolic extracts on a model of atopic dermatitis in mice. *International Journal of Herbal Medicine*. 10(4) : 32-36. www.florajournal.com.
24. Nkounkou Makemba S.G., Nsonde Ntandou F.G., Pénémé B.M.L., Boumba S.L., Mboundou Bouesse B., (2023). Study of acute and subacute toxicity of the aqueous extract of the rhizomes of *Anchomanes difformis* Blum Engl. (Araceae) in rats. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*. 14(01), p001-008. <https://doi.org/10.3074/wjbphs.2023.14.1.0039>
25. Ngounou F.N, Meli A. L., Lontsi O., Sondengam B. L., Atta-Ur-Rahman, Iqbalchoudhary M, Shahid Malik, Farzana Akhtar (2000) : « New isoflavones from *Ceiba pentandra* », in *Phytochemistry*, vol 54, p 107-110.
26. Nwachukwu M.I, Duru M.K.C, Amadi B.A and Nwachukwu IO. (2014). Comparative evaluation of phytoconstituents, antibacterial activities and proximate contents of fresh, oven dried uncooked and cooked samples of *Buchholzia coriacea* Seed and Their effects on hepatocellular integrity. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Invention* ISSN. Volume 3 Issue 6. 41-49pp.
27. OMS, (2023) Plan d'action national de lutte contre la résistance aux antimicrobiens du Mali : examen des progrès dans le secteur de la santé humaine. ISBN : 978-92-4-006546-8, 16p.
28. OMS, (2022) Priorités stratégiques de l'OMS pour lutter contre la résistance aux antimicrobiens : Préserver les antimicrobiens pour aujourd'hui et demain. ISBN 978-92-4-004341-1, 6p.
29. OMS, (2008). *Stratégies de l'OMS pour la médecine traditionnelle*. Geneve. 78 p
30. OMS, (2014). *Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2014-2023*. Alogage à la source. Bibliothèque de l'OMS. 1. Médecine traditionnelle. 2. Thérapies complémentaires et alternatives. 3. Planification santé. 4. Système de santé. 5. Politique sanitaire. L'Organisation mondiale de la Santé.

ISBN 978 92 4 250609 9. (Classification NLM : WB 55). Editions de l'OMS, Organisation mondiale de la Santé, 20 avenue Appia, 1211

31 Schuerwegh AJ, EJ Dombrecht, WJ Stevens, JF Van Offel, CH Bridts et LS De Clerck, « Influence des pro-inflammatoires (IL-1 α , IL-6, TNF- α , IFN- γ) et anti-inflammatoires (IL-4) cytokines sur la fonction des chondrocytes », *Osteoarthritis and Cartilage*, vol. 11, non. 9, pages 681 à 687, 2003.

- Consulter sur : [Google Scholar](#)

32. Serondo Uwikunda H., Mategeko Bahati A., Nizigiyimana L., Tshimankinda Mpiana P., (2022). Criblage phytochimique, évaluation des activités antimicrobiennes et antiradicalaires des extraits de la partie aérienne de *Leucas martinicensis* (Jack.) R.Br. (Lamiaceae) et de ses fractions. *Afrique Science*, 24(4), p181-193. <http://www.afriquescience.net>.
33. Tsiftoglou O.S., Atskakani M-E., Krigas N., Stefanakis M.K., Gounaris C., Hadjipavlou-Litina D., Lazari D., (2023). Exploring the Medicinal Potential of *Achillea grandifolia* in Greek Wild-Growing Populations: Characterisation of Volatile Compounds, Anti-Inflammatory and Antioxydant Activities of Leaves and Inflorescens. *Plants*, 12, 613, p1-12. <http://doi.org/10.3390/12030613>.
34. Won MH (2010). Systemic Administration of Lipopolysaccharide Induces Cyclooxygenase-2 Immunoreactivity in Endothelium and Increases Microglia in the Mouse Hippocampus. *Cell Mol Neurobiol*, 30(4) :531-41.

IDENTIFICATION DES RESEAUX DE FRACTURES ET DU SYSTEME AQUIFERE CAPTE DANS LA COMMUNE DE TANGUIETA**Avahounlin Ringo F.^{1,2}, Sambiénou Gédéon³, Koudérin Lucie¹, Mitchozounou Renaud¹, Daouda Souméyatou^{*3}, Abdoukarim Alassane³, Kéломé Nelly⁴**¹Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, UAC, Bénin)²Laboratoire des Sciences Naturelles et Applications (LSNA, UNSTIM, Bénin)³Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA, UAC, Bénin)⁴Université d'Abomey-Calavi (UAC, Bénin)*Auteur correspondant : soumeyadjawara@gmail.com**Résumé**

La connaissance des conditions hydrogéologique est déterminante pour la mobilisation des ressources en eau souterraines. L'accès à l'eau potable est difficile dans la commune de Tanguiéta, car située en région de socle cristallin. Cette étude a pour objectif de caractériser le réseau de fractures des aquifères dans la commune de Tanguiéta. Les données planimétriques et techniques ont été traitées. Les images Landsat ont été apurées et rehaussées à l'aide des filtres de Sobel de type 7x7. A partir des niveaux statiques et piézométriques, les cartes bathymétriques et piézométriques ont été obtenues par interpolation, suivie de l'hydrodynamisme souterrain des aquifères. La cartographie des linéaments a permis d'identifier 343 fractures de tailles comprises entre 0,4-16,8 km principalement orientées dans les directions NE-SO et E-O. Les niveaux statiques dans la commune de Tanguiéta sont par endroit faibles (4-6m), moyens (6-11m) et forts (11-18m). Les niveaux piézométriques sont compris entre 168 et 501m avec des écoulements souterrains orientés dans la direction Sud-Est et Sud-Ouest. Les valeurs de transmissivité (10^{-6} m²/s et 10^{-5} m²/s) et de perméabilité (10^{-6} m/s et 10^{-8} m/s) calculées sont qualifiées de faibles et moyennes dans la commune de Tanguiéta. L'écoulement des eaux dans les nappes s'effectue des dômes vers les dépressions situées dans les fractures majeures. Les cartographies des réseaux de fractures, des débits de forages, de la profondeur des nappes et des niveaux piézométriques ont montré que les puits à grands débits captent les nappes moins profondes qui sont situées dans le réseau de fractures majeures. Les caractéristiques du réseau de fractures et de l'aquifère sont déterminantes pour l'identification de la potentialité en eau dans la commune de Tanguiéta

Mots clés : Réseau de fractures, niveaux statiques, niveaux piézométriques, linéaments, Commune de Tanguiéta

Abstract

Knowledge of the hydrogeological conditions are decisive for the mobilization of groundwater resources. Access to drinking water is difficult in the town of Tanguiéta located in the basement region. This study aims to characterize the fracture network of aquifers in the municipality of Tanguiéta. Planimetric and technical data have been processed. Landsat images have been cleaned and enhanced using 7x7 type Sobel filters. From the static and piezometric levels, the bathymetric and piezometric maps were obtained by interpolation followed by the underground hydrodynamics of the aquifers. Lineament mapping identified 343 fractures of size between 0.4-16.8 km mainly oriented in NE-SW and E-W directions. The static levels in the commune of Tanguiéta are in places low (4 -6m), medium (6-11m) and high (11-18m). The piezometric levels are between 168 and 501m with underground flows oriented in the South-East and South-West direction. The values of transmissivity (m²/s and m²/s) and permeability (m/s and m/s) calculated are qualified as low and average in the commune of Tanguiéta. The flow of water in the aquifers takes place from the domes towards the depressions located in the major fractures. Maps of fracture

networks, drilling rates, aquifer depth and piezometric levels showed that high-flow wells capture the shallower aquifers that are located in the major fracture network. The characteristics of the fracture network and the aquifer are decisive for the identification of the water potential in the municipality of Tanguiéta.

Keywords: Network of fractures, static levels, piezometric levels, lineaments, Commune of Tanguiéta

INTRODUCTION

La géologie du Bénin est constituée à 80% du socle cristallin (Direction de l'hydraulique, 1999) L'essentiel des ressources en eau est donc contenu dans les aquifères formés par le socle fracturé. Dans la région du Nord Bénin qui est une région de socle cristallin, l'accès à cette ressource est difficile à cause de la complexité hydrogéologique de la zone (*Kouamé et al.2005*). Les analyses statistiques montrent que le taux d'échec des forages (forages négatifs) en zone de socle est de 40 % avec 34 % représentant des forages à débits nuls (forages secs), et les forages à gros débits ne représentent que 17 % des forages positifs (*Vouillamoz et al., 2014*). Ces échecs et ces faibles débits pourraient être dus aux mauvais choix des sites d'implantations des forages et à une méconnaissance du système de fracture dans la zone. Cette situation provoque une demande accrue en eau souterraine. Pour y faire face, la caractérisation hydrogéologique des aquifères reste la principale option. Comme l'indiquent les travaux de *Avy et al 2020*, la caractérisation hydrogéologique des aquifères passe par la connaissance de la géométrie des aquifères ainsi que les paramètres qui leur confère leurs capacités hydrauliques. Cette caractérisation se fait par télédétection et d'autres sources de données. Elle nous aidera à mieux identifier les zones à potentialité en eau souterraine pour un meilleur choix des sites d'implantation de forages de grande productivité afin de satisfaire les besoins des populations en eau. L'objectif de notre étude est de caractériser le réseau de fracture et le système aquifère capté dans la commune de Tanguiéta.

I- Situation géographique

Située au Nord-Ouest de la République du Bénin et plus précisément dans le département de l'Atacora, la commune de Tanguiéta est localisée entre 10°25' et 11° 28' de latitude Nord d'une part et 1°2' et 1 °55' de longitude Est d'autre part. Avec une superficie de 5 645 km², elle est limitée au Nord par le parc de la Pendjabi, à l'Est par les communes de Kouandé et de Kérou, au Sud par les communes de Boukoubmé et de Toucountouna, et à l'Ouest par les communes de Matéri et de Coby (Fig.1).

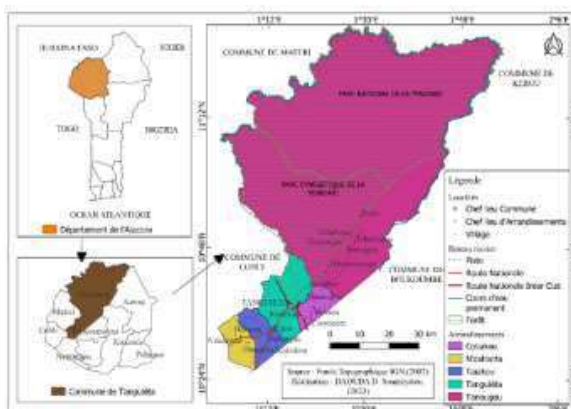


Figure 1 : Carte de localisation de la commune de Tanguéta

La commune de Tanguéta dans son ensemble est sous l'influence d'un climat de type soudano-sahélien caractérisé par deux saisons, une saison pluvieuse qui va de mai à octobre et une saison sèche qui s'étend de novembre à avril. On dénombre au total dans la commune de Tanguéta, 77 points d'eau pour une population estimée à 74675 habitants (estimée en 2013 selon le RGPH4). Cette population est donc confrontée à un problème de manque d'eau car la quantité d'eau desservie ne couvre tous les besoins de la population. Cette dernière est parfois obligée de parcourir de longues distances pour se procurer l'eau de surface dont la qualité n'est pas toujours garantie. L'eau souterraine reste donc la principale source d'approvisionnement en eau dans cette commune.

Du point de vue hydrogéologique, Le secteur d'étude repose sur deux formations aquifères superposées l'une sur l'autre. Il s'agit de l'aquifère des altérites qui surmonte celui du buem. L'aquifère des altérites est plus utilisé par la population et est généralement capté par les puits à grand diamètre tandis que celui du buem est constitué par des formations métamorphisées et capté par des forages hydrauliques.

II- Nature et source des données

Cette étude a nécessité l'utilisation de plusieurs types de données dont les données planimétriques constituées des images satellites de type Landsat OLI-TIRS 09 des scènes 193-052 et 193-053 ont été utilisées pour cartographier le réseau de linéament et d'un Modèle Numérique de Terrain pour connaître les altitudes des différents ouvrages de captage. Ces images ont été téléchargées sur le site <http://www.earthdata.nasa.gov>. Les niveaux statiques des puits collectés sur le terrain ont permis de réaliser la carte de profondeur de la zone d'étude. Ensuite ont été utilisées les données techniques de forage constituées des données de montée et de redescente ; la longueur des crépines et les débits d'exploitation obtenus au cabinet Hydro-Génie.

III-Méthodes

III-1 Méthode relative à la caractérisation du réseau de fracture

Pour la cartographie, le réseau de linéament les images Landsat a subi une phase de prétraitement et de traitement. La phase de prétraitement consiste à l'empilement et à la mosaïque des différentes bandes. S'ensuivent les corrections radiométrique et atmosphérique qui visent respectivement à éliminer les bruits radiométriques et l'effet des nuages sur l'image. La phase de traitement quant à elle consiste à appliquer une Analyse en Composante Principale (ACP) sur l'image, elle permet de rendre l'image moins floue en éliminant les redondances d'informations (Avy *et al.*, 2021 ; Akokponhoué *et al.*, 2019). Ensuite les filtres Sobel de type 7*7 ont été appliqués à l'image pour mieux extraire les linéaments. Après le filtrage, les linéaments sont identifiés et tracés. Ils sont matérialisés par les limites formées par les zones claires et sombres. Le but du filtrage d'image est essentiellement de supprimer les bruits, atténuer ou accentuer les fréquences spatiales en occurrence les hautes fréquences telles que les linéaments. La validation de la carte des linéaments se fait soit à l'aide des travaux antérieurs de cartographie structurale soit par une méthode inverse basée sur les forages à gros débits (Jourdan *et al.*, 2006 ; Sorokoby, 2013 ; Avy *et al.*, 2021). Les figures 2 et 3 présentent les images de l'ACP et le filtre de Sobel de type 7*7.

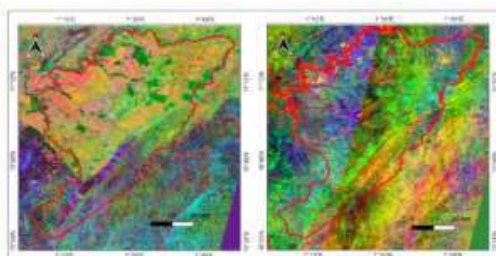


Figure 2 : Résultat de l'Analyse en Composante Principale

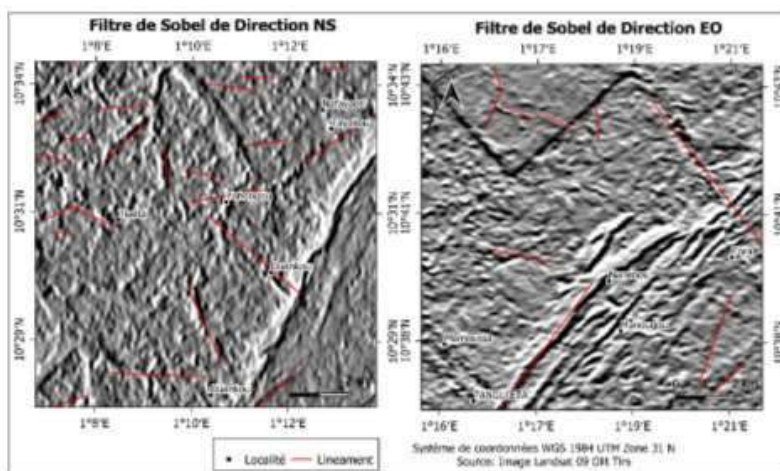


Figure 3 : Filtrage directionnel de type Sobel de taille 7*7

III-2 Méthode relative à l'interpolation des niveaux statique

La carte de profondeur indique la variation superficielle de la nappe. Pour la réalisation de cette carte, une campagne de prélèvement de niveau statique dans les puits a grand diamètre a été organisée. Les niveaux statiques ont été relevés dans les périodes de hautes eaux avec une sonde électrique. Les coordonnées des puits sont obtenues grâce à un GPS. La méthode d'interpolation choisie est le IDW. C'est une méthode d'interpolation qui évalue les valeurs des cellules en calculant la moyenne des valeurs des points d'échantillonnage dans le voisinage de chaque cellule en cours d'analyse, plus un point est proche du centre de la cellule en cours d'analyse, plus il a de l'influence sur la procédure de calcul de la moyenne (Watson et Philip, 1985).

III-3 Méthode relative à l'interpolation des niveaux piézométriques

La carte piézométrique indique de façon générale le comportement de la nappe (zone de recharge et de décharge et sens d'écoulement). Les niveaux piézométriques ont été déterminés suivant la formule :

$$NP = Z - NS \text{ (sol)}$$

Avec Z : altitude des puits, NS : Niveaux Statiques

Les altitudes des puits ont été extraites du MNT par l'extension Sampling Tools grâce au logiciel Qgis 3.16 La méthode utilisée pour l'interpolation des niveaux statiques est la même que celle utilisée pour les niveaux piézométriques.

III-3 Méthode relative à l'hydrodynamisme

Les données issues des pompages d'essai de courte durée ont été utilisées pour évaluer les différents paramètres hydrodynamiques sur cinq différents forages de cinq différentes localités. Il s'agit de la transmissivité T (m²/s) et du coefficient de perméabilité K (m/s). Ces paramètres ont été calculés selon la méthode semi-logarithmique de Jacob suivant les formules suivantes

$$T = \frac{0,183}{3600 \cdot d}$$

Avec : T (m²/s) : Transmissivité d : -Pente de Jacob

Il faut noter que l'analyse de la transmissivité sera faite à partir de la classification du Comité Inter-africain d'Étude Hydraulique (C.I.E.H). Elle a proposé (Lasm,2000) :

- Classe faible : $T < 10^{-5}$ (m²/s)
- Classe moyenne : $10^{-5} < T < 10^{-4}$ (m²/s)
- Classe forte : $T < 10^{-4}$

$$K = \frac{T}{LC}$$

Avec K (m/s) : le coefficient de perméabilité T (m²/s) : la transmissivité L_c : la longueur des crépines

Le coefficient d'emménagement n'a pas été déterminé faute d'avoir les données d'essai de pompage de longue durée.

IV- Résultats

IV-1 Cartographie des linéaments

La carte des linéaments a été réalisée suite à l'interprétation des images issues des différentes techniques de traitement. Elle compte au total 343 linéaments de longueurs variées. La longueur des linéaments varie de 0,4 Km à 16,8 Km. La figure 4 présente le réseau de linéaments à l'échelle de la commune de Tanguiéta

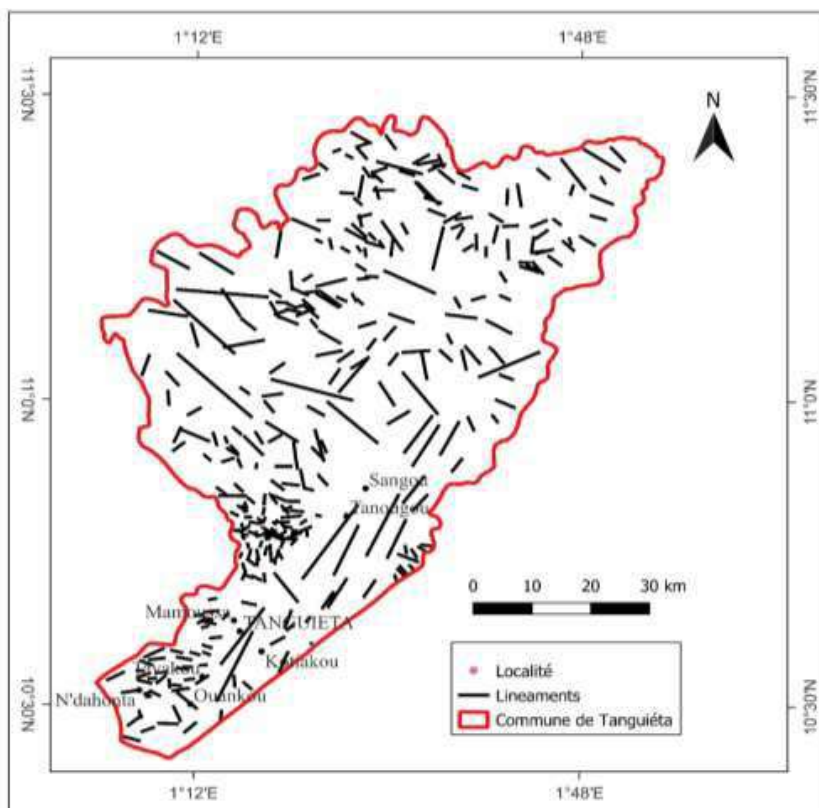


Figure 4 : Carte des linéaments de la commune de Tanguiéta

La figure 5 présente la rosace directionnelle du réseau de fractures de la commune de Tanguiéta. Elle nous permet de faire ressortir les maximas directionnels et de réaliser une étude comparative des intensités relatives de chaque famille. Les principales directions de linéaments représentées sur la rosace

directionnelles sont ENE-OSO avec une fréquence de 50% ; NE-SO avec une fréquence de 25% et E-O avec une fréquence de 24%.

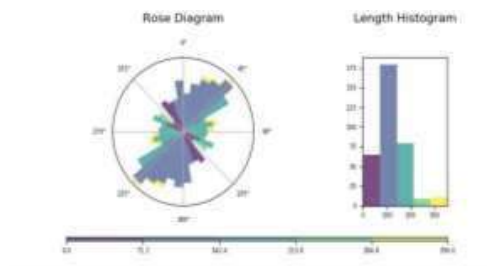


Figure 5 : Rosace directionnelle des linéaments

La figure 6 présente le réseau de linéaments cartographiés et les fractures issus des travaux antérieurs de cartographies structurales.

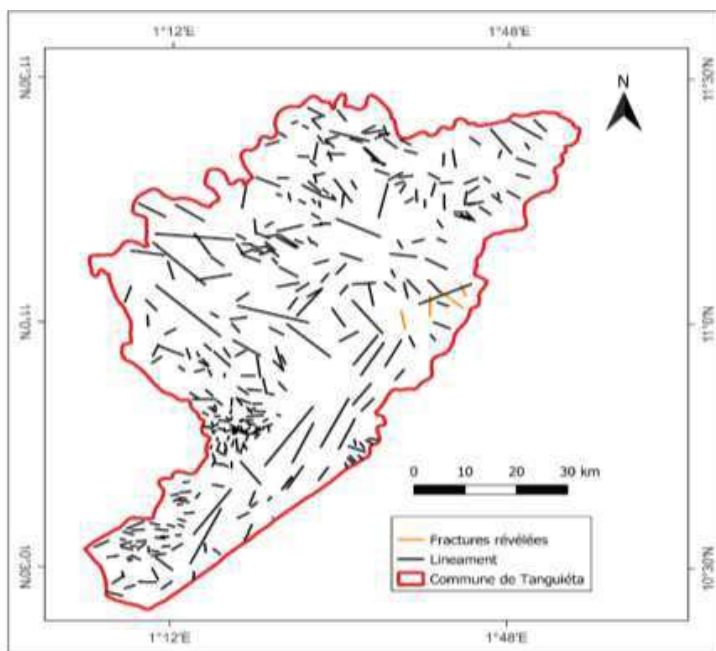


Figure 6 : Carte du réseau de fractures et des fractures issus des travaux antérieurs de cartographies structurales.

La figure 7 présente la rosace directionnelle des fractures issues des travaux antérieurs de cartographie structurale

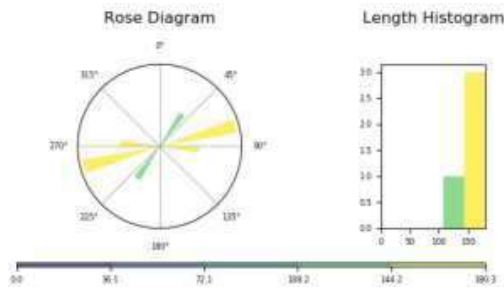


Figure 7 : Rosace directionnelle des fractures révélées

La validation du réseau de linéaments cartographiés au cours de cette étude est basée respectivement sur la comparaison des directions des grandes familles de linéaments issus du traitement d'images et les données de fracturation relevée à l'affleurement (figure 7). L'analyse de la figure 8 qui présente la rosace directionnelle des fractures révélées montre que les fractures révélées suivent en majorité la direction NE-SO ce qui coïncide avec la direction de la majorité des linéaments cartographiés.

IV-2 Profondeur et piézométrie de la commune de Tanguota

La figure 8 présente la carte des profondeurs à l'échelle de la commune de Tanguéta. Il ressort que les niveaux statiques varient de 1 à 18 m environ avec une moyenne de 5,56 m. Les niveaux statiques les plus élevés se trouvent au Sud-ouest et sont comprises entre 7m et 18m tandis que les niveaux statiques les plus faibles se trouvent au Sud-est et varient de 1m à 6m environ. Les niveaux statiques ont été collectés en période de hautes eaux.



Figure 8 : Carte de profondeur de la nappe captée dans la commune Tanguéta

Carte piézométrique

La figure 9 présente la carte piézométrique de la commune de Tanguiéta, les niveaux piézométriques varient entre 168,8 et 501,8 m environ avec une moyenne de 245,31. Les niveaux piézométriques les plus élevés estimés à près de 410 m se trouvent au Sud-Est plus précisément dans les localités de Koronkoré et Toriconconé. Ces niveaux décroissent quand on évolue au Sud-Ouest jusqu'à 192 m environ à la bordure de la rivière Pendjari. On note la présence de dômes et de dépression. Le principal dôme se trouve dans la zone de Koronkoré qui constitue la zone de recharge de l'aquifère. Les valeurs décroissent dans toutes les directions du dôme. Les dépressions quant à elles sont observées dans les localités de Sépounga, Kayarika, et Sammongou. L'écoulement se fait globalement de l'Est vers l'Ouest c'est-à-dire des dômes vers les dépressions (écoulement de type radial). La zone Est correspond aux zones de recharge c'est-à-dire les dômes tandis que la bordure de l'Ouest correspond à la décharge (dépressions).

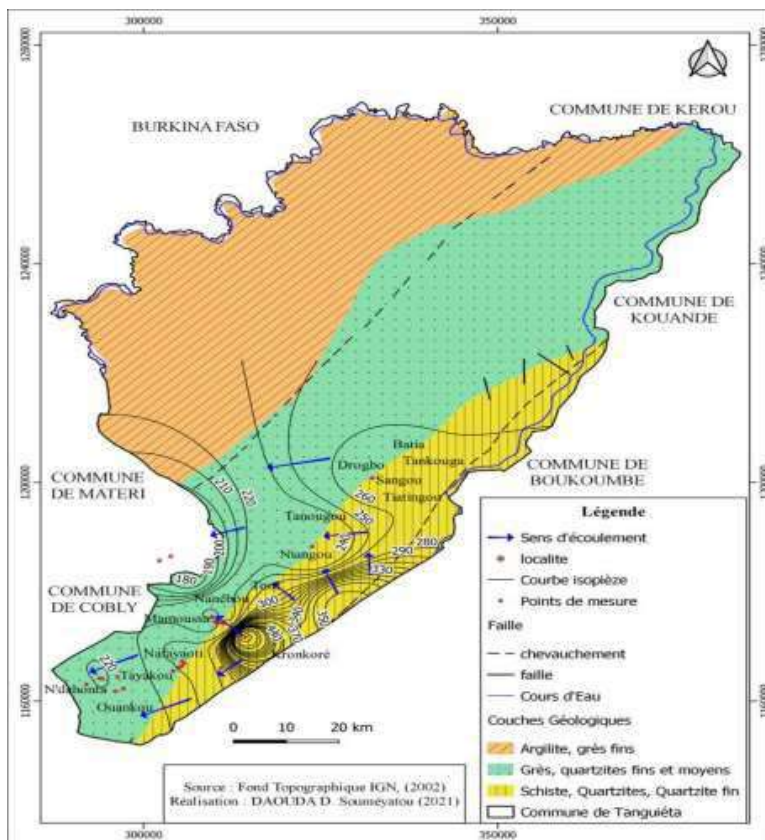


Figure 9 : Esquisse piézométrique de la commune de Tanguiéta

IV-3- Paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques calculés sont la transmissivité et le coefficient de perméabilité ou conductivité hydraulique. Ces paramètres ont été déterminés avec les données issues des pompages d'essais de courte durée. La transmissivité traduit la vitesse de circulation de l'eau dans un aquifère. La figure 5 présente les valeurs locales de transmissivité et de coefficient de perméabilité.

Tableau 1 : Valeurs locales de transmissivité de coefficient de perméabilité

| Localités | Valeur de d | T (m ² /s) | Classe de trans- missivité (T) | K [m/s] |
|------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------|
| TAHINCOU FONRI | 1,3 | 3,91 E-05 | Moyenne | 1,55 E-06 |
| TAMPOGRE | 0,32 | 1,58 E-04 | Moyenne | 4,19 E-06 |
| MANOUGOU CENTRE | 22 | 2,31 E-06 | Faible | 5,80 E-08 |
| TANDIRRI | 2,47 | 2,05 E-05 | Moyenne | 1,14 E-06 |
| WANCOU | 20 | 2,54 E-06 | Faible | 6,71 E-08 |

La transmissivité des aquifères dans la commune de Tanguiéta est dans l'ensemble moyenne (Tahincou fonri, tampogre, tandiri) et faible (wancou, Manougou centre) ce qui justifie la faible productivité des aquifères dans la commune.

V- Discussion

La carte des linéaments de la commune de Tanguiéta est obtenue après plusieurs traitements effectués sur les images satellitaires de ladite zone. Le réseau de fracture identifié révèle 343 linéaments avec les directions majeures ENE-OSO, NE-SO et E-O. Les fréquences de chaque direction sont respectivement 50%, 25% et 24%. Nos résultats sont conformes à ceux de Avy et al/ 2021 dans le milieu cristallin de la Côte-d'Ivoire. Les différentes directions obtenues ont été validées à partir des microfissures NNS-SSO, E-O, NE SO, SE-NO.

Les cartes de profondeur et piézométriques ont été réalisées avec des données collectées sur le terrain. La fiabilité des cartes est donc fonction des données collectées sur le terrain. Tous les points ne pouvant être nivelés sur le terrain, leurs altitudes ont été extraites à partir d'un MNT de type SRTM de résolution 30 x 30. Les niveaux statiques dans cette commune varie de 1m à 18m de profondeur. Le sens de l'écoulement se fait globalement du Sud-Ouest vers le Sud-Est et se déverse dans la rivière de la Pendjari.

Nos travaux sont conformes à ceux réalisés par *Sambienou et al 2018* dans le bassin géologique de la Volta.

Les paramètres hydrodynamiques ont été déterminés avec les données de pompage d'essai de courte durée. Les valeurs de transmissivité dans la commune de Tanguiéta sont relativement faibles ce qui justifie la faible productivité des forages.

VI- Conclusion

Le traitement des images Landsat OLI 09 (des scènes 193-052 et 193-053) a permis d'établir une carte de fracture identifiant 343 linéaments de tailles comprises entre 0,4Km et 16,8 Km. Les fractures présentent les directions majeures ENE-OSO, NE-SO et E-O.

Les niveaux statiques dans la commune varient de 1m à 18 m. L'écoulement souterrain se fait du Sud-Ouest vers le Sud-Est. Les dépressions sont observées dans les localités Sépounga, Sammongou et Kayarika tandis que le principal dôme de la commune se trouve dans la localité de Coroncoré. L'écoulement se fait des dômes vers les dépressions. Les niveaux piézométriques varient de 168 à 501 m.

Les valeurs de transmissivité calculées à partir des données d'essai de pompage de courte durée sont de l'ordre de $2,54.10^{-6}$ m²/s à $1,5.10^{-4}$ m²/s et sont qualifiées de faibles tandis que les valeurs de coefficients de perméabilité varient de $6,7.10^{-11}$ m/s à $1,14.10^{-6}$ m/s

VII- Références bibliographiques

1-Avy Stéphane KOFFI, Kouassi Éric Germain, KOUAKOU, Yenipoho Onésiphore, TUO (2021) :

extraction par la télédétection du réseau de fractures majeures pour la prospection de l'eau souterraine dans la commune de niakaramandougou. Am.J.innov. res. appl. sci. 12(1) : 1-12.

2-Vouillamoz J. (2003) : La caractérisation hydrogéologique des aquifères par une méthode non invasive les sondages par Résonance Magnétique Protonique. Thèse de Doctorat, Université de Paris XI.

3-Jourda J. P. ; Saley M. B. ; Djagoua E. V. ; Kouame K. J. ; Biemi J. ; Razack M. (2006) : Utilisation des données ETM+ de Landsat et d'un SIG pour l'évaluation du potentiel en eau souterraine dans le milieu fissuré précambrien de la région de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire) : approche par analyse multicritère et test de validation. Télédétection. 5(4) : 339-357

4-Biémi J. (1992) : Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale hydrodynamique, hydrochimique et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aire granitique de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, Université d'Abidjan, Abidjan

5- Sambiénou W.G (2018) ; Orou Pete Allou G.S., Alassane A., Mama D., Boukari M :

Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du bassin versant de Pendjari (nord-ouest du Bénin), Revue Internationale des Sciences Appliquées, ISSN-1840-8869, Vol 1, n° 02, pp 18-30.

6-BERNARD G. (2006). Gouvernance de l'eau potable et dynamique locale en zone rurale au Bénin.

Développement rural et territoire (en ligne), dossier 6 mis en ligne le 12 mai 2006, consulté le 30 septembre 2016, 19 page ;

7-Boukari M.(2007). Hydrogéologie de la République du Bénin (Afrique de l'Ouest). Africa geosciences revue, 303-328 ;

8- Gbewezoun,H.G.V. (2013). Caractérisation structurale et hydrodynamique de l'aquifère superficiel du bassin sédimentaire de Kandi (Nord-Est du Bénin). Mémoire de fin de formation Master, 72p+Annexe, Université d'Abomey-Calavi, Institut National de l'Eau

9- Sara Bio J. (2015). Structure, Géométrie et Caractéristiques hydrodynamiques du bassin versant de la Volta, mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme de la licence professionnelle en Hydrologie. Université d'Abomey-Calavi. 52 p, Institut National de l'Eau, Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

10-Kouadio K. E. (2005). Stratégie de prospection des nappes de fissures par analyse spatiale du potentiel de productivité et optimisation de la profondeur des forages. Cas du Denguélé (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse Unique de Doctorat, Université Cocody

Diagnostic de l'Interprofession Karité Bénin et Etat de conservation actuelle des parcs à *Vitellaria paradoxa* des zones agroécologiques vivrière du Sud Borgou et cotonnière du Centre Bénin

SOHOU Sèdami Belynda Amida^{1*}, KOURA Kourouma², KINGBO Armand³, GANGLO Cossi Jean⁴

^{1*} Auteur correspondant ; **Laboratoire des Sciences Forestières, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Tél : (00229) 53082791, E-mail : amidasedami@gmail.com**

²Enseignant-Chercheur, Maître de Conférences de Foresterie, Laboratoire des Sciences Forestières, Département d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Tél : (00229) 96716130, E-mail : kourakourouma@gmail.com

³Docteur, Directeur de l'Interprofession Karité Bénin et Membre du Laboratoire des Sciences Forestières, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Abomey Calavi, Bénin, Tél : (00229) 96269768, E-mail : armandkingbo@gmail.com

⁴Enseignant-Chercheur, Professeur Titulaire de Foresterie et Phytosociologie, Laboratoire des Sciences Forestières, Département d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Abomey Calavi, Bénin, Tél : (00229) 94578915, E-mail : ganglocj@gmail.com

Résumé

Au Bénin, le karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) est une espèce qui constitue un levier économique, social et environnemental. Néanmoins, il est exposé à diverses menaces qui entravent son développement et sa durabilité. La présente étude a visé à faire un diagnostic du fonctionnement de l'Interprofession Karité Bénin (IKB) et une actualisation de l'état des lieux sur la conservation des parcs à karité des zones agroécologiques III (vivrière du Sud Borgou) et V (cotonnière du Centre Bénin). Aussi, la recherche documentaire et les enquêtes auprès des acteurs de l'Interprofession ont été les méthodes utilisées pour le diagnostic. Un inventaire forestier suivi d'une enquête auprès des propriétaires de parcs à karité a été effectué afin d'actualiser l'état des lieux sur la conservation des parcs à karité des zones agroécologiques étudiées. Au terme de cette étude, 14 problèmes ont été soulevés puis hiérarchisés par les acteurs enquêtés. Il ressort que la destruction massive des parcs à karité et la difficulté d'accès au marché international des produits du karité entravent l'industrie du karité au Bénin, ainsi que la gestion durable de ces parcs. De façon globale, les paramètres dendrométriques des parcs des zones agroécologiques III et V montrent que les parcs de la zone V semblent mieux conservés que ceux de la zone III malgré que la zone V soit une zone cotonnière alors que la zone III est une zone vivrière. Cette meilleure conservation pourrait être due à la présence dans la zone V de plusieurs formations forestières qui bénéficient de mesures d'aménagement de la part de l'administration forestière ainsi que des autorités locales. Au terme de cette étude, des stratégies d'amélioration du fonctionnement de l'IKB et de gestion durable des parcs à karité et des solutions pour l'accès facile au marché international des produits du karité ont été proposées.

Mots clés : Diagnostic, parc à karité, état de conservation

Abstract

In Benin, the shea tree (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) is a species which constitutes an economic, social and environmental lever. However, it is exposed to various threats that hamper its development and sustainability. This study aimed to make a diagnosis of the functioning of the Karité Benin Interprofession (IKB) and an update of the state of play on the conservation of shea parks in agroecological zones III (food crops of South Borgou) and V (cotton plantation of Central Benin). Also, documentary research and surveys of Interprofession stakeholders were the methods used for the

diagnosis. A forest inventory followed by a survey of shea park owners was carried out in order to update the state of play on the conservation of shea parks in the agroecological zones studied. At the end of this study, 14 problems were raised and then prioritized by the stakeholders surveyed. It appears that the massive destruction of shea parks and the difficulty of accessing the international market for shea products hamper the shea industry in Benin, as well as the sustainable management of these parks. Overall, the dendrometric parameters of the parks in agroecological zones III and V show that the parks in zone V seem better preserved than those in zone III despite the fact that zone V is a cotton growing zone while zone III is a food growing zone. This better conservation could be due to the presence in zone V of several forest formations which benefit from management measures from the forestry administration as well as local authorities. At the end of this study, strategies for improving the functioning of the IKB and sustainable management of shea parks and solutions for easy access to the international market for shea products were proposed.

Keywords: Diagnosis, shea park, conservation status

Introduction

Le karité (*Vitellaria paradoxa*) est l'un des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) alimentaires dont l'importance est reconnue aussi bien au niveau régional, qu'international (Ouedraogo, 1995). Le Bénin est l'un des seize (16) pays qui produisent du karité en Afrique. Sa production en 2003 représente 2 % de celle de l'Afrique de l'Ouest (CNUCED, 2006). Les produits du karité contribuent pour 40 à 50 % au revenu des ménages ruraux dans les zones de production au Bénin. La caractéristique la plus marquante de la commercialisation contemporaine du karité est que le produit fait l'objet d'une filière féminine (Elias *et al.*, 2004). Ces produits permettent aux femmes de se prendre en charge et de subvenir aux premiers besoins de leurs ménages (Dah Dovonon *et al.*, 2006).

Les arbres des parcs fournissent de nombreux services écosystémiques (Sinare, Gordon, 2015), dont les plus connus sont ceux d'approvisionnement. Selon les sous-espèces, fruits, feuilles, écorces, racines et branches sont récoltés, et parfois transformés, pour des usages alimentaires, du fourrage pour les animaux, de la pharmacopée ou de l'artisanat, du bois d'œuvre, voire du bois de feu ou des clôtures défensives pour certains arbustes à croissance rapide (Pélissier, 1980 ; De Leener, 1993).

Plante alimentaire traditionnelle en Afrique, le karité a les qualités nutritionnelles nécessaires et contribue à la sécurité alimentaire ; elle peut favoriser le développement rural et garantir la gestion durable des terres. Le fruit ainsi que les autres produits de l'arbre fournissent une part importante du revenu des familles rurales dans des régions où il y a peu d'autres emplois et où l'agriculture est souvent difficile avec des rendements imprévisibles. (PAN UK, 2021)

Le karité est surtout apprécié pour ses qualités oléifères : c'est le fruit et plus particulièrement la noix qui en constitue le principal attrait pour les populations. Le beurre, issu de la transformation des noix, tenait jusqu'à une période récente, un rôle important de pourvoyeur de matière grasse dans la consommation

alimentaire ; il est aussi utilisé pour les soins du corps, dans la pharmacopée et durant les cérémonies. En effet, comme pour d'autres espèces d'arbres issus de la brousse, le karité a une dimension spirituelle en raison des esprits qui y habiteraient, (Sewane, 2007 ; Seignobos, 2017).

Depuis les années 1970, les parcs arborés africains, dont les plus emblématiques sont les parcs à karité, connaissent de profondes évolutions entre disparition, dégradation, maintien, extension ou plus rarement régénération (Boffa, 2000). Au Bénin, ces parcs à karité sont plutôt en voie de dégradation alors que la demande en noix et en beurre de karité s'est fortement accrue sur le marché international depuis quatre décennies et que, parallèlement, le monde prend conscience du rôle de l'arbre (Garrity *et al.*, 2010).

C'est dans le souci de mieux contribuer au développement durable de la filière karité du Bénin, et la gestion durable des parcs à karité que la présente étude a été initiée pour diagnostiquer le fonctionnement de l'Interprofession Karité Bénin et caractériser les structures des parcs agroforestiers à karité des zones agroécologiques vivrière du Sud Borgou et cotonnière du Centre Bénin sur la base des relevés de végétation à travers le thème « *Diagnostic de l'Interprofession Karité Bénin et état actuel de conservation des parcs à karité des zones agroécologiques vivrière du Sud Borgou et cotonnière du Centre Bénin* ». Elle vise à apporter des réponses aux questions de recherche suivantes : (1) Quel est le niveau de structuration, d'organisation et de fonctionnement de l'Interprofession Karité Bénin et des acteurs de l'industrie du karité au Bénin ? ; (2) Quel est l'état actuel de conservation des parcs à karité des zones agroécologiques vivrière du sud Borgou et cotonnière du Centre Benin ? et (3) Quelles stratégies peut-on adopter pour une amélioration du fonctionnement de l'IKB et de la gestion durable des parcs à karité du Bénin ?

L'objectif général de cette étude est de contribuer au développement de la filière karité du Bénin et de la gestion durable des parcs à karité à travers un diagnostic du fonctionnement de l'Interprofession Karité Bénin mais aussi à travers une actualisation de l'état des lieux sur la conservation des parcs à *V. paradoxa* des zones agroécologiques vivrière du Sud Borgou et cotonnière du Centre Bénin. Plus spécifiquement, il s'est agi de : (OS1) : Diagnostiquer le niveau de structuration, d'organisation et de fonctionnement de l'Interprofession Karité Bénin et des acteurs de l'industrie du karité du Bénin ; (OS2) : Caractériser la structure des parcs agroforestiers à *V. paradoxa* des zones agroécologiques vivrière du Sud Borgou et cotonnière du Centre Bénin ; (OS3) : Proposer des stratégies d'amélioration du fonctionnement de l'IKB et de la gestion durable des parcs à *V. paradoxa*.

Méthodologie

L'Interprofession Karité Bénin intervient sur l'ensemble du territoire béninois. Son diagnostic s'est fait dans la commune de Parakou où se situe son siège technique. Compte tenu du temps et des moyens financiers, la collecte des données concernant l'actualisation de l'état des lieux sur la conservation des parcs à *V. paradoxa* s'est effectuée dans les zones agroécologiques III et V plus précisément dans 10 villages de la commune de Tchaourou et dans 10 villages de la commune de N'Dali et où l'activité de ramassage et de transformation des fruits et noix de karité sont intenses.

Concernant le diagnostic de l'IKB, des séances d'entretien avec le personnel de l'Interprofession Karité Bénin et différents membres des familles d'acteurs de l'Interprofession ont été réalisés, afin de prendre connaissance des activités qui y sont menées, des forces et faiblesses ainsi que des menaces auxquelles elles sont confrontées. Dans le but de mieux apprécier les connaissances des acteurs de la chaîne de production du karité, un questionnaire d'enquête a été élaboré et adressé aux groupes cibles individuellement (les autorités administratives ainsi que des agents clés de l'industrie opérant sur le terrain).

Concernant les parcs à karité les informations suivantes ont été collectées : les mesures dendrométriques, les types de cultures réalisés dans les systèmes, les types de traitements appliqués dans le processus de mise en place des cultures et au cours de la production, le nombre d'arbres de karité présents à l'hectare. Ces informations ont permis de déterminer l'état des lieux des parcs à *V. paradoxa* à travers une enquête auprès du chef de ménage propriétaire du parc à *V. paradoxa* ou son représentant et un inventaire forestier du champ de ce dernier. Au total, 20 placeaux ont été installés à raison d'un placeau par village identifié.

Ainsi, l'inventaire forestier s'est fait dans des parcelles agroforestières de forme carrée de 1 ha (100 m × 100 m) et ils ont permis de collecter les données sylvoles des parcs à *V. paradoxa* que sont : la circonférence à hauteur d'homme des arbres de karité à l'aide du mètre ruban, la hauteur fût (à la première grosse branche) à l'aide du clinomètre, la hauteur totale des arbres à l'aide du clinomètre, le diamètre du houppier des arbres à l'aide du décimètre. Les cultures associées et les traitements appliqués dans ces parcs (fumure, produits phytosanitaires) ont été pris en compte. Le comptage systématique de toutes les régénérations a été fait dans des quadrats de 100 m² (5 quadrats de 10 m × 10 m) installés dans les quatre coins et un au milieu. Lors de la mise en place des parcelles agroforestières dans chacun des vingt parcs agroforestiers à *Vitellaria paradoxa*, les perpendiculaires ont été levées à l'aide de la méthode 1-2-3. Le traitement des données collectées a consisté à calculer les paramètres dendrométriques (Tableau 1) par placeau et ensuite la moyenne des valeurs des placeaux a été déterminée ainsi que les écart-types (Fonton *et al.*, 2002). L'ensemble des individus inventoriés a été réparti en classes de diamètre d'amplitude 10 cm. Ainsi, les densités d'arbres (en arbres/ha) par classes de diamètre ont été déterminées. En ce qui concerne la structure en hauteur, les arbres ont été également

regroupés par classes de hauteur d'amplitude 4 m. Aussi, les fréquences absolues par classes de hauteur ont été déterminées et ont servi au calcul de la densité (en arbres/ha) par classes de hauteur. Les densités

par classe de diamètre et de hauteur ont été calculées avec la formule suivante : $d_i = \frac{Eff}{S_p N_p}$

Dans un tableur Excel, une synthèse a été fait sur les différentes cultures en association et les traitements appliqués aux parcs agroforestiers à *V. paradoxa* inventoriés. Les traitements appliqués sur chaque espace agroforestier et qui auraient un quelconque impact sur la durabilité des parcs à *V. paradoxa* ont été mis en exergue.

Tableau 1 : Paramètres dendrométriques calculés

| Paramètres dendrométriques | Formules | Description |
|---|---|--|
| Densité des pieds de karité adultes (N) | $N = \frac{n}{S}$ | N est le nombre moyen d'arbres sur pied ramené à l'hectare, n étant le nombre total d'arbres du placeau et S la superficie du placeau exprimée en ha. |
| Densités des régénérations (Nr) | $Nr = \frac{n_r}{S_q}$ | Nr est le nombre moyen de régénérations ramené à l'hectare et n _r étant le nombre total de régénérations dans les quadrats et S _q la superficie (en hectare) des cinq (5) quadrats de régénération, installés dans le placeau. |
| Hauteur moyenne de Lorey (H _L) | $H_L = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$ Avec $g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2$ | H _L est la hauteur moyenne de tous les arbres inventoriés à l'intérieur d'un placeau, pondérée par rapport à leurs surfaces terrières. Où, g _i , h _i , d _i sont respectivement la surface terrière, la hauteur totale et le diamètre de l'arbre i. |
| Hauteur moyenne du fût (h _f) | $\bar{h}_f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{f_i}$ | Où n et h _{fi} sont respectivement le nombre d'arbres inventoriés dans un placeau et la hauteur fût de l'arbre i. |
| Diamètre moyen quadratique (D _g) | $D_g = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$ | Le diamètre moyen quadratique des arbres inventoriés (D _g en cm) représente le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne avec n le nombre d'arbres inventoriés à l'intérieur du placeau et d _i le diamètre de l'arbre i inventorié. |
| Diamètre moyen du houppier (D _{mh}) | $D_{mh} = \frac{1}{n} \sum d_{hi}$ | Le diamètre moyen du houppier (D _{mh}) des arbres inventoriés représente la moyenne des diamètres des houppiers inventoriés sur une placette. Où n et d _{hi} sont respectivement le nombre d'arbres inventoriés dans une placette et le diamètre du houppier d'un arbre i. |

Résultats et Discussion

Inventaire des Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces

Les enquêtes sur le terrain ont permis de déduire que le faible engagement des acteurs dans le bon fonctionnement de l'Interprofession est l'une des grandes contraintes à son développement. Le problème central auquel l'industrie

du karité est confrontée est la destruction massive des parcs à karité, leur dégradation à travers l'abattage abusive de l'arbre et la coupe des régénérations, mais aussi l'accès difficile au marché international des produits du karité. Les produits du karité au Bénin ont du mal à se faire une place sur le marché mondial du karité.

Tableau 2 : Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces de l'Interprofession Karité Bénin

| Facteurs Internes | Forces | Faiblesses |
|--------------------------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Existence d'un siège social et technique de l'Interprofession ; - Contributions professionnelles des membres de IKB sont obligatoires ; - Existence des partenaires techniques et financiers - Existence et animation d'une plateforme de dialogue public-privé sur la filière ; - Territorialisation de l'approche filière à travers les Agences Territoriales de Développement Agricole (ATDA) ; - Reconnaissance de l'Interprofession comme seul interlocuteur de la filière au Bénin. | <ul style="list-style-type: none"> - Non-paiement des cotisations statutaires par les membres de l'IKB ; - Non maîtrise des statuts et règlements par la majorité des membres ; - Inexistence d'un plan stratégique au sein de l'IKB ; - Manque de ressources financières internes. |
| | Opportunités | Menaces |
| Facteurs Externes | <ul style="list-style-type: none"> - La filière karité est une filière dont les principaux acteurs du maillon production sont purement des femmes ; - Essor économique sans cesse croissante de la filière de la filière Karité ; - Contribution de la filière à l'économie nationale du pays en termes de devises ; - Gamme étendue et variée d'utilisations, offertes par la ressource karité ; - Implication du Gouvernement pour le développement de la filière à travers des actions. - Subventions de la part des structures privées comme publiques ; - Fort intérêt des partenaires pour le financement de la production biologique et du commerce équitable ; - Existence des usines locales de transformation des noix et des opérateurs économiques / exportateurs. | <ul style="list-style-type: none"> - Abattage des arbres à karité et leur disparition dans les parcs ; - Aléas climatiques ; - Absence de lois et de textes particuliers pour sa protection et conservation des parcs à karité ; - Manque de financement pour développer des projets afin de relever le niveau de vie des femmes en milieu rural ; - Divergence des intérêts des acteurs. |

Caractérisation de la structure des parcs agroforestiers à *V. paradoxa* des zones en étude

Par rapport à l'état de conservation actuelle des parcs à *Vitellaria paradoxa* des zones agroécologiques vivrière du Sud Borgou et cotonnière du Centre Bénin, les résultats de la présente étude (Tableau 3 ; Figures 1 à 4) ont révélé que les densités des arbres à karité dans les zones III et V sont respectivement 22 arbres / ha et 21 arbres / ha. Ces densités sont inférieures à celles obtenues par Gbédjé (2003) et Gnanglé (2005) dans les parcs à karité et à Néré de Kandi (32 arbres /ha), Bembèrèkè (30 arbres /ha) et Parakou (30 arbres / ha). Les parcs à karité des zones agroécologiques III et V sont marqués par la prédominance des individus de classe de hauteur de 6 m à 10 m. Ces résultats sont comparables à celui de Thiam *et al.* (2022) au Sénégal avec des parcs à karité cultivés marqués par une prédominance des sujets dont la majorité est concentrée dans la classe de hauteur de 6 à 18 m. Les individus de diamètre à hauteur d'homme supérieur à 50 cm sont moins représentés dans la zone III que dans la zone V.

Par contre, Soumana *et al.* (2010) ont trouvé dans la réserve de faune de Tamouau au Niger, qu'une structure de

| Zones agroécologiques | N (Arbres/h) | Nr (Régénérations /ha) | Dg (cm) | H _L (m) | H _f (m) | Dmh (m) |
|-----------------------|--------------|------------------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------|
| III | 22 (8) | 6 (19) | 29,10 (6,77) | 9,04 (1,19) | 4,89 (0,65) | 6,80 (1,82) |
| V | 21 (7) | 172 (308) | 33,94 (7,41) | 9,49 (1,29) | 11,12 (12,04) | 6,91 (0,98) |

Vitellaria paradoxa, de *Parkia biglobosa*, et *Adansonia digitata* est dominée par des individus de diamètre supérieur à 50 cm.

Les parcs agroforestiers à karité des zones agroécologiques V sont mieux conservés que ceux de la zone III. Cela peut être justifié par la présence d'un bon nombre de formations forestières telles que : La forêt de Nano, la forêt de Tchatchou Gokana, la forêt de Tchaourou et la forêt d'Alafiarou Bétérou (Destination Bénin, 2020). Ces formations forestières bénéficient des mesures d'aménagement de la part de l'administration forestière ce qui profite dans le même temps aux parcs agroforestiers à karité. Cette meilleure conservation pourrait être lié aux conditions climatiques et à l'intensité de pression anthropique.

Tableau 3 : Paramètres dendrométriques des parcs agroforestiers à karité des zones agroécologiques III et V

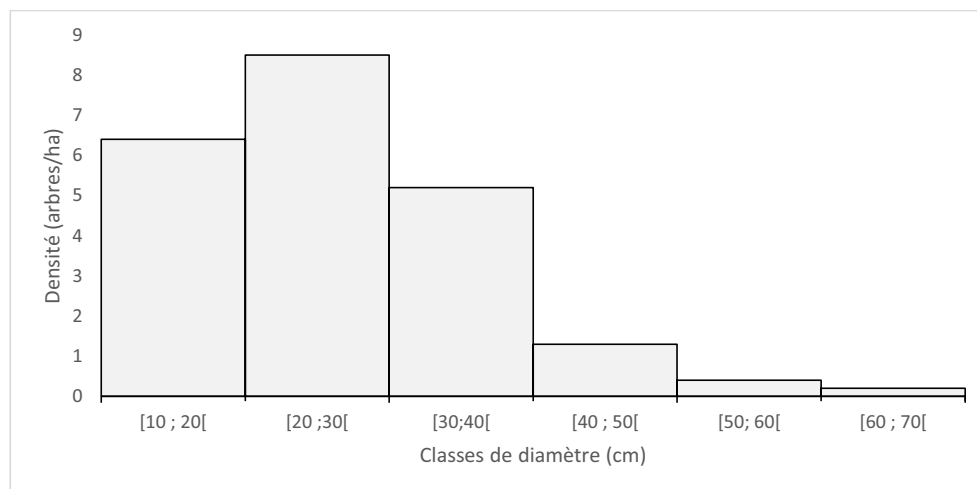


Figure 1 : Structure en diamètre des pieds de l'espèce inventoriés dans la zone agroécologique III

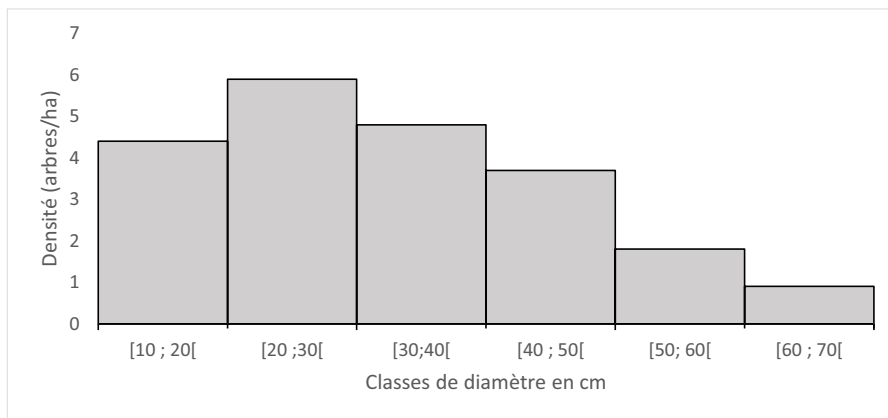


Figure 2 : Structure en diamètre des pieds de l'espèce inventoriés dans la zone agroécologique V



Figure 3 : Structure en hauteur des pieds de l'espèce inventoriés dans la zone agroécologique III

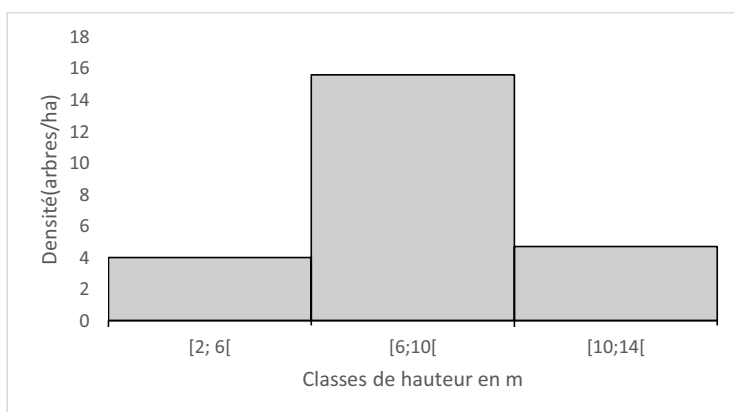


Figure 4 : Structure en hauteur des pieds de l'espèce inventoriés dans la zone agroécologique V

Suite à l'analyse des paramètres dendrométriques et des structures en hauteur et en diamètre des parcs agroforestiers à *V. paradoxa*, la présente étude confirme notre hypothèse d'analyse et de traitement de donnée qui est : La dégradation des parcs à karité expliquerait la non prise en compte de la filière karité comme filière prioritaire au Bénin, une filière prioritaire étant une spéculation qui a la capacité d'augmenter le rythme de la croissance et qui jouit d'une priorité conformément aux plans de développement du gouvernement comme le riz, le maïs, l'ananas et l'anacarde au Bénin.

Cultures en association avec les pieds de karité, traitements appliqués sur les cultures et menaces qui pèsent sur les parcs à *V. paradoxa*

Les informations recueillies auprès des enquêtés (propriétaires de parcs à karité) de la zone agroécologique III vivrière du Sud Borgou montrent que le soja est plus associé aux pieds de karité, avec l'urée comme traitement appliqué. Dans la zone agroécologique cotonnière du Centre Bénin, il y a une diversité des cultures en association avec les pieds de karité. Les engrais chimiques et les insecticides sont des traitements appliqués à cette culture. Teklehaimanot *et al.* (1997) recommande de semer à proximité des arbres à karité des cultures qui exigent de meilleures conditions de fertilité et d'humidité et qui tolèrent l'ombre comme : le tabac, le manioc, les ignames, les patates douces et les légumes à grandes feuilles. La menace principale que rencontre les parcs à karité dans les deux zones sont la production du charbon de bois et la fabrication des mortiers avec le bois du *V. paradoxa*. Ce résultat est confirmé par Behar *et al.* (2020) qui affirme que le charbon de bois du karité est recherché pour sa qualité. L'un des propriétaires enquêtés dans la zone III a cité comme menace le parasite du *Vitellaria paradoxa* (*Tapinanthus*). La phanérogame de la famille des *Loranthaceae* genre *Tapinanthus* est considéré comme le responsable important de la mort prématurée des arbres à karité par Boussim (1993).

Conclusion

Le karité (*Vitellaria paradoxa*) est l'un des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) alimentaires dont l'importance est reconnue aussi bien au niveau régional, qu'international. L'Interprofession Karité Bénin (IKB) est la structure qui lutte continuellement pour le développement du karité dans notre sous-région. Elle est essentiellement structurée et organisée autour de quatre essentielles familles qui sont : La Fédération Nationale des Productrices et Producteurs d'amandes et de beurre de Karité du Bénin (FNPK-Bénin) ; L'Association Nationale des Transformateurs de Karité du Bénin (ANTK-Bénin) ; La Fédération Nationale des Acheteurs de Produits Agricoles et Tropicaux (FENAPAT-Bénin) ; et pour finir l'Association Nationale des Exportateurs de Karité du Bénin (ANEK-Bénin). Les parcs à karité des zones agroécologiques vivrière du sud Borgou et cotonnière du Centre Benin sont menacées par des causes d'ordre économique et social. Les stratégies pour l'amélioration de la gestion durable des parcs à karité du Bénin sont d'abord de mener des campagnes de sensibilisation portant sur l'importance du karité, ses vertus, les textes qui régissent son abattage et surtout la nécessité de le préserver. Ensuite de renforcer les pépiniéristes sur les techniques de reproduction de l'espèce karité en organisant des formations avec des formateurs qualifiés. Promouvoir la Régénération Naturelle Assistée (RNA) qui consiste à l'identification et la matérialisation des sauvagons (jeunes plants ayant poussés naturellement) et des rejets (jeunes rameaux de karité issus d'une souche morte) puis la confection de cuvettes et de structures de protection autour des jeunes plants. Concernant le fonctionnement de l'IKB, il faudra renforcer l'IKB et son secrétariat permanent en mobilisant assez de Partenaires Techniques et Financiers puis de promouvoir la consommation locale des produits du karité (alimentation, cosmétique, etc.) en organisant des foires, des expositions au Nationale comme à l'internationale. À l'endroit de la communauté scientifique (les chercheurs), il faut plus de travail de recherche dans le domaine de la sélection variétale, de la génétique pour créer des variétés de court cycle du karité.

Références bibliographiques

- Behar, VG. Djoudi, H. (2020). Protéger les arbres autonomiser les femmes et assurer des revenus idées pour une belle histoire autour du karité. *Nouvelle de l'aide pour le commerce*, 20-21.
- Boffa, J. (2000). Les parcs agroforestiers en Afrique de l'Ouest : clés de la conservation et d'une gestion durable. 11-17.
- Boussim, IJ. Sallé, G. Guinko, S. (1993). Phénologie, biologie et dégâts, Bois et forêts des tropiques. In *Tapinanthus, parasites du karité au Burkina Faso* (p. 45-65).
- CNUCED (Centre des Nations Unies pour le Commerce et le Développement). (2009). *Le karité : production, consommation et marché*. <http://www.unctad.org/infocomm/francais/karité/marché.htm>.
- Dah-Dovonon, Gnganglè, C. (2006). Evaluation des potentialités de développement de la filière karité dans les départements de l'Atacora et de la Donga. *Rapport technique ; Natitingou (Bénin)*
- **Destination Bénin (12 Novembre 2020). Tchaourou, porte d'entrée du grand Borgou, la plus vaste commune du Bénin. Destination Benin. www.gouv.bj**
- Elias, M. Carney, J. (2005). Shea butter, globalization, and women of Burkina Faso
- Fonton, NH. Glélé Kakai, R. Jacques, R. (2002). *Etude dendrométrique d'Acacia auriculiformes A. Cunn.ex Benth en mélange sur vertisol au Bénin*, 29-37.
- Garrity, DP. Akinnifesi, FK. Ajayi, OC. Weldesemayat, SG. Mowo, JG. Kalinganire, A. Lawarnou, M. Bayala, J. (2010). *Evergreen agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa*, 197-214.
- Gbedji EKY. (2003). *Caractérisation morphologique et structurale de parcs à néré (Parkia biglobosa)*. [Mémoire] Faculté des Sciences agronomiques FSA/UAC.
- Gnganglè, PC. (2005). Parc à karité (*Vitellaria paradoxa*) (Gaertn.c.f. f) (Sapotaceae) au Bénin : Importance socio-économique, caractérisation morphologique et structurale et régénération naturelle. [DEA en aménagement et gestion des ressources naturelles] Université d'Abomey Calavi.
- **Nexa. (2021). 30 Outils pour innover. Union Européenne, Innovons la Réunion.**
- Ouédraogo, SJ. Devineau. (1996). Rôle des jachères dans la reconstitution du parc a karité (*Butyrospermum paradoxum* (Gaertn. f. Hepper) dans l'Ouest du Burkina Faso. In *La jachère, lieu de production*. (p 81-87). CNRST ORSTOM CORAF Union Européenne.
- PAN UK. (2021). *Le Karité*. PAN UK www.pan-germany.org
- Pélissier, P. (1980). *L'Arbre en Afrique Tropicale : la fonction et le signe*. Collection ORSTOM. Sciences humaines.
- Seignobos, C. (2017). Des mondes oubliés. In *Carnets d'Afrique*. (P 310). Éditions collections Parenthèse.
- Sewane, D. (2007). La tragédie de la mort chez les batammariba du Togo, Bénin. In *Le souffle de mort*. (P 149). Plon collection Terre Humaine.
- Sinare, H. Gordon. (2015). Agriculture, Ecosystem, and Environment. *Ecosystem services from woody vegetation on agricultural lands in Soudano Sahelian West African.*, 200, 186-199.
- Soumana, D. Rabi, C. Mahamane, A. Dabi, NH. (2010). *Etat actuel de dégradation des populations de quatre espèces ligneuses fruitier en zone sahelo-soudannienne du Niger Reserve total de faune de tamaux*. 210.
- Teklehaimanot, Z. (2004). Exploiting the potential of indigenous agroforestry trees. *Parkia biglobosa and Vitellaria paradoxa in Sub-Saharan African*, 207-210.
- Thiam M, Dioul M, Ndiaye O, Samb CO, Ndiaye S. (2022). Caractérisation des parcs de karité des terroirs de Kénioto et Samécouta, 52.

Analyse de la Dynamique récente et future des unités d'occupation du sol dans le bassin versant de la rivière Sô (Sud-Est du Bénin) à l'horizon 2100

Koudérin Lucie¹, Avahounlin Ringo F^{*1,2}, Danhossou Gilbert¹, Avahounlin Josaphat¹, Vissin Expédit W.3, *1Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, UAC, Bénin) 2Laboratoire des Sciences Naturelles et Applications (LSNA, UNSTIM, Bénin) 3Université d'Abomey-Calavi (UAC, Bénin)*

**Auteur correspondant : ayetokouderin@gmail.com*

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser la dynamique récente et future des unités d'occupation du sol dans le bassin versant de la rivière Sô. La méthodologie adoptée est basée sur une approche géographique et cartographique de l'étude de l'occupation du sol à partir du traitement des images satellite, de la modélisation prédictive et de l'analyse spatiale. En effet, les images Landsat ETM de 2000, Landsat OLI 8 de 2010 et 2020 ont été utilisées pour cartographier les unités d'occupation du sol du bassin de la rivière Sô. Le modèle CA_MARKOV sous IDRISI Selva a été utilisé pour modéliser la dynamique spatio-temporelle des unités d'occupation du sol à l'horizon 2030, 2050 et 2100. Les résultats issus de cette étude ont montré sur la période 2000 à 2020 une régression des formations naturelles et une progression des formations anthropiques. Les savanes arborées et arbustives, les forêts galeries et les forêts denses ont régressé respectivement de 31,25 %, 13,70 % et 2,47 %. La modélisation prédictive à l'horizon 2030, 2050 et 2100 a montré une régression des plans d'eau, des habitations et des forêts et savanes marécageuses respectivement de 12,60 %, 54,11 %, 60,27 %. Cette régression observée au niveau de ces unités d'occupation des terres s'explique par les aléas climatiques. Les cultures et jachères, les forêts galeries et les savanes arborées et arbustives ont connu une progression respectivement de 10,62 %, 69,87 % et 42,58 % à l'horizon 2030, 2050 et 2100 sur le bassin.

Mots clés : Cartographie, modélisation, dynamique de l'occupation du sol, rivière Sô

Abstract

The objective of this study is to analyze the recent and future dynamics of land use units in the Sô river watershed. The methodology adopted is based on a geographical and cartographic approach to the study of land use based on the processing of satellite images, predictive modeling and spatial analysis. Indeed, Landsat ETM images from 2000, Landsat OLI 8 from 2010 and 2020 were used to map the land use units of the Sô River basin. The CA_MARKOV model under IDRISI Selva was used to model the spatio-temporal dynamics of land use units by 2030, 2050 and 2100. The results of this study showed a regression in formations over the period 2000 to 2020. natural and a progression of anthropogenic formations. Tree and shrub savannahs, gallery forests and dense forests declined by 31.25 %, 13.70 % and 2.47 % respectively. Predictive modeling for 2030, 2050 and 2100 showed a regression of water bodies, homes and swamp forests and savannahs of 12.60 %, 54.11 %, 60.27 % respectively. This regression observed at the level of these land occupation units can be explained by climatic hazards. Crops and fallows, gallery forests and tree and shrub savannahs have increased by 10.62%, 69.87% and 42.58 % respectively by 2030, 2050 and 2100 in the basin.

Key words: Mapping, modeling, land use dynamics, Sô river

Introduction

En Afrique de l'Ouest, le changement d'occupation des terres se traduit par la déforestation et la dégradation du couvert végétal qui s'accroissent à un rythme effréné et inquiétant. La cause principale de ces facteurs est généralement l'intensification des activités anthropiques (Biaou et al., 2019). L'évolution des formations naturelles est de plus en plus critique à cause du déboisement, du surpâturage, de la surexploitation des ressources fourragères, des feux de végétation et des techniques culturales (Djohy et al., 2016). A ce sujet, Agbahungba, (2012) fait remarquer que les actions que l'homme exerce sur l'environnement sont non négligeables dans la dégradation des sols. Il faut ajouter que dans la plupart des pays et régions de ce continent, on s'attend à ce que la production agricole et l'accès à la nourriture soient sérieusement compromis par la variabilité du climat (Atidegla et al., 2017).

Au Bénin particulièrement, la destruction des ressources naturelles évolue à un rythme assez inquiétant. Dans un contexte de changement climatique, la planification et la gestion de l'utilisation des ressources naturelles s'avère nécessaire. Ainsi, l'analyse diachronique de l'occupation du sol qui permet de faire ressortir la répartition spatiale des changements est indispensable (Tritsch et al., 2011 ; Sylla et al., 2019). L'objectif de la présente étude est d'analyser la dynamique récente et future des unités d'occupation du sol dans le bassin versant de la rivière Sô à l'horizon 2100.

Situé au sud est du Bénin, le bassin de la rivière Sô occupe une superficie de 1071,71 Km². Il est situé entre les parallèles 6°24'33" et 6°55'33" de latitude nord et les méridiens 2°13'23" et 2°27'50" de longitude Est. Il est drainé par la rivière Sô d'une longueur de 84,4 Km. La rivière Sô prend sa source dans le lac Hlan et est reliée au fleuve Ouémé, qui entre temps s'en est détachée et qui déverse ses eaux au nord-ouest du lac Nokoué au niveau de la cité lacustre de Ganvié (Lalèyè, 1995). Dans le bassin de la rivière Sô, les populations pratiquent d'importantes activités agricoles nécessitant la dégradation du couvert végétal.

Données et méthodes

Données

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont essentiellement des données planimétriques. Il s'agit des images satellites Landsat de 2000, 2010 et 2020 qui ont été téléchargées sur le site « <http://earthexplorer.usgs.gov/> » et le fond topographique sur « geobenin.bj », le géoportail de l'IGN.

Le matériel utilisé est composé de plusieurs logiciels dont ENVI 5.1 pour la classification des images, ArcGIS 10.8 pour la vectorisation et l'édition cartographique et le logiciel IDRISI Selva pour la modélisation prédictive de l'occupation des terres à travers son modèle Markov

Méthodes

La méthodologie adoptée est basée sur une approche géographique et diachronique de l'étude de l'occupation du sol à partir du traitement des données de télédétection, de la cartographie par classification supervisée d'image, de la modélisation prédictive et de l'analyse spatiale.

Dynamique de l'occupation des terres

Pour mieux apprécier les mutations dans l'occupation du sol au cours de la période d'étude, l'analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol des années 2000, 2010 et 2020 a été réalisée. Les images du secteur d'étude sont extraites des scènes Landsat 7 ETM +(2000 et 2010) et Landsat 8 (2020). La figure suivante montre les différentes étapes pour la réalisation des cartes d'occupation du sol.

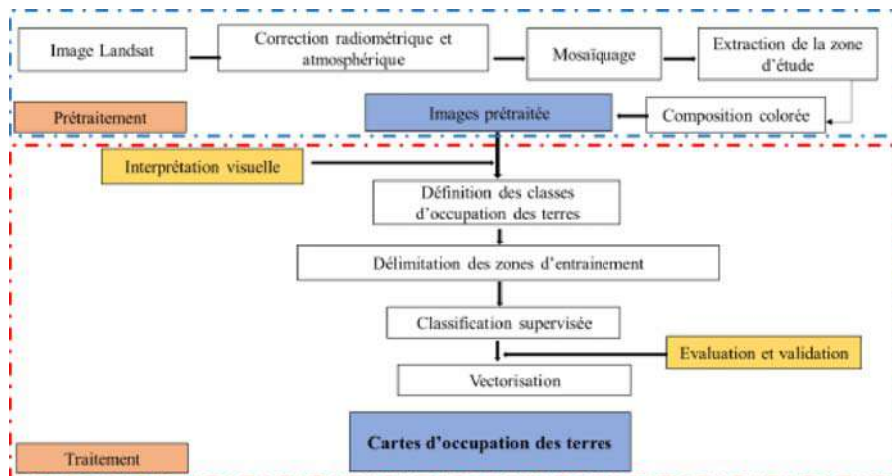


Figure 1 : Etape de réalisation des cartes d'occupation des terres.

Les cartes d'occupations des terres réalisées ont fourni les données de bases pour l'analyse et la quantification de la zone d'étude.

Matrice de transition

Les matrices de transition sont élaborées pour décrire les changements d'utilisation des terres pendant une période donnée [R. Schlaepfer, 2002]. Elles ont donc permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités d'occupation des terres entre 2000 et 2020.

Calcul du taux d'évolution

La dynamique de chaque catégorie d'occupation sera appréciée en calculant le taux d'évolution $E(i, k)$ des superficies d'occupation des terres de la façon suivante :

Soit si la superficie d'une catégorie d'occupation des terres de l'année i et S_k , celle d'une catégorie d'occupation des terres de l'année k , avec $k > i$. $E(i, k)$ sera égale à :

$$E_{(i,k)} = \frac{S_k - S_i}{S_i} \times 100$$

Si $E(i, k) = 0$, on conclut qu'il y a stabilité de cette catégorie d'occupation des terres ;

Si $E(i, k) < 0$, on conclut qu'il y a régression de cette catégorie ;

Si $E(i, k) > 0$, il y a extension ou évolution de cette catégorie.

Simulation de l'occupation du sol

La modélisation prospective de l'occupation du sol aux horizons 2030, 2050 et 2100 est faite à l'aide du logiciel IDRISI Selva suivant un scénario basé sur le modèle Markov

Résultats

Distribution spatiale et quantification des unités d'occupation du sol entre 2000 et 2020

La figure 2 présente les cartes obtenues après classification supervisée des images Landsat de 2000, 2010 et 2020. Au total 12 unités d'occupations du sol ont été cartographiées. Il s'agit de : culture et jachère, culture et jachère sous palmier à huile, forêt claire et savane boisée, forêt dense, forêt et savane marécageuse, forêt galerie et formation ripicole, habitation, plan d'eau, plantation forestière, plantation fruitière, savane arborée et arbustive, sol érodé et surface sableuse

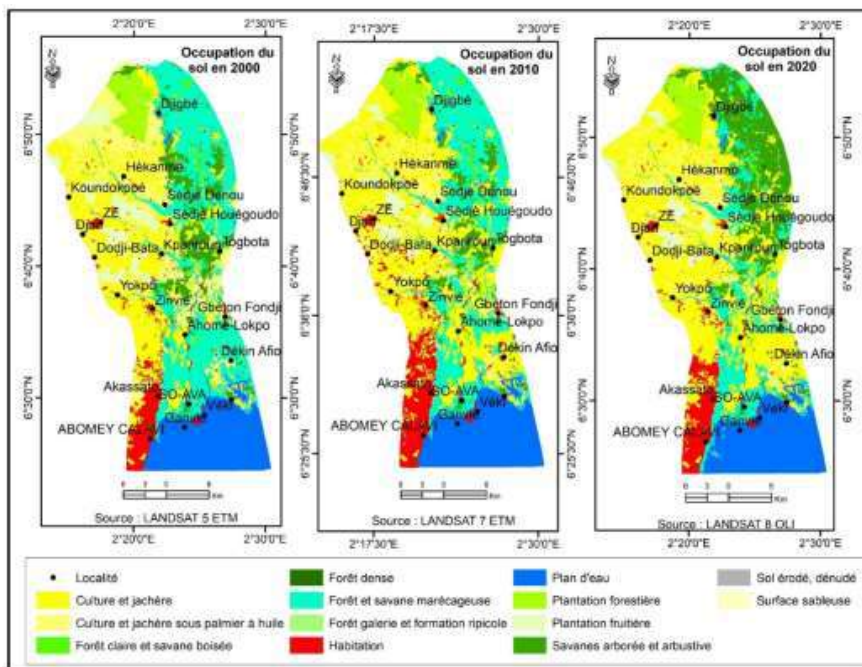


Figure 2 : Occupation du sol en 2000, 2010 et 2020 du bassin de la rivière So

L'analyse de la figure 1 montre qu'en 2000 la physionomie du bassin de la rivière So est dominée par la forêt galerie (24,74 %) localisée plus au nord-ouest et au sud ; les zones de culture et jachère (21,81 %) et culture et jachère sous palmier à huile (18,27 %) sont localisées au nord-ouest et à l'ouest du bassin. Les plans d'eau qui occupent 13,48 % du bassin se trouve au sud.

En 2010, les zones de culture et jachère occupent une partie importante du bassin soit 33,70 %. Elles sont localisées au nord-ouest, à l'ouest et au centre du bassin. Les forêts galeries sont réduites et occupent 21,35 % du bassin tandis qu'au même moment les habitations se sont densifiées (7,82 %) et se localise au sud-ouest du bassin. Les cultures et jachères sous palmier à huile, les plans d'eau occupent respectivement 10,71 % et 13,77 % du bassin de la rivière So.

A l'instar des autres années, en 2020 on constate une nouvelle variation des surfaces des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière So. Il est constaté une densification des zones de culture et jachère (36,05 %) au nord-ouest, à l'ouest dans le secteur d'étude et leur dispersion dans les autres parties de la zone d'étude. La forêt et savane marécageuse ainsi que les savanes arborées et arbustives ont considérablement augmenté et occupent respectivement 11,78 % et 13,64 % de la zone d'étude.

Evaluation de l'évolution de l'occupation du sol

L'évolution de l'occupation du sol dans la rivière So entre 2000 et 2020 est présentée dans les tableaux 1 et 2 qui recensent les différentes unités d'occupations des terres, leurs surfaces ainsi que leur taux de variation

Tableau I : Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 2000 et 2010

| Unités d'occupation du sol | Superficie en Km ² | | E (%) |
|----------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | 2000 | 2010 | |
| CJ | 233,993 | 361,662 | 54,56 |
| CJP | 196,004 | 114,95 | -41,35 |
| FCSB | 8,181 | 8,212 | 0,38 |
| FD | 2,226 | 2,171 | -2,47 |
| FSM | 2,302 | 2,29 | -0,52 |
| FGFR | 265,527 | 229,163 | -13,70 |
| HA | 54,332 | 83,896 | 54,41 |
| PE | 144,608 | 147,82 | 2,22 |
| PTFR | 42,341 | 40,156 | -5,16 |
| PTFT | 55,608 | 36,06 | -35,15 |
| SASa | 67,94 | 46,709 | -31,25 |
| SR | 0,017 | 0,017 | 0,00 |
| SS | 0,006 | 0,006 | 0,00 |

Légende : CJ : Culture et jachère ; CJP : Culture et jachère sous palmier à huile ; FCSB : Forêt claire et savane boisée ; FD : Forêt dense ; FSM : Forêt et savane marécageuse ; FGFR : Forêt galerie et formation ripicole ; HA : Habitation ; PE : Plan d'eau ; PTFR : Plantation forestière ; PTFT : Plantation fruitière ; SASa : Savane arborée et arbustive ; SR : Sol érodé ; SS : Surface sableuse

L'analyse du tableau révèle que sur les 13 unités d'occupation du sol identifiées dans le bassin, 6 ont connu de régression dont 3 sont importantes. Ces dernières représentent les cultures et jachères sous

palmier à huile, les plantations fruitières et la savane arborées et arbustives qui ont connu durant cette période une régression respectivement de 41,35 ; 35,15 et 31,25 %. Il faut rappeler également que les forêts denses, les forêts et savanes marécageuses, les forêts galeries et les plantations forestières ont connu une régression durant cette période.

Par ailleurs, les cultures et jachères et les habitations ont connu une importante progression avec un taux d'évolution respectif de 54,56 % et 54,41 %. Les forêts claires et savanes boisées, plan d'eau, sol nu et surface sableuse ont légèrement augmenté.

Tableau II : Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 2010 et 2020

| Unités d'occupation du sol | Superficie en Km ² | | E (%) |
|----------------------------------|-------------------------------|---------|---------|
| | 2010 | 2020 | |
| CJ | 361,662 | 387,612 | 7,18 |
| CJP | 114,95 | 116,154 | 1,05 |
| FCSB | 8,212 | 8,241 | 0,35 |
| FD | 2,171 | 2,171 | 0,00 |
| FSM | 2,29 | 126,62 | 5429,26 |
| FGFR | 229,163 | 2,302 | -99,00 |
| HA | 83,896 | 64,518 | -23,10 |
| PE | 147,82 | 144,752 | -2,08 |
| PTFR | 40,156 | 39,881 | -0,68 |
| PTFT | 36,06 | 36,337 | 0,77 |
| SASa | 46,709 | 146,699 | 214,07 |
| SR | 0,017 | 0,017 | 0,00 |
| SS | 0,006 | 0,006 | 0,00 |

L'analyse du tableau révèle que sur les 13 classes d'occupation du sol identifiées, 4 ont connu une régression. Il s'agit de la forêt galerie (99 %), les habitations (23,20 %), les plans d'eau (2,0 %), et les plantations fruitières (0,68 %).

Par ailleurs, les zones de cultures et jachères, les forêts claires et savanes marécageuses, les plantations fruitières, les savanes arborées et arbustives, les sols nus et surfaces sableuses ont augmenté. Les savanes marécageuses et les savanes arborées et arbustives ont connu une progression importante sur la période.

Dynamique future des unités d'occupations du sol entre 2020 et 2100 dans le bassin versant de la rivière Sô

La prédiction a été faite à l'horizon 2030, 2050 et 2100 en considérant que les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles seront toujours maintenues. Les probabilités de transition établies, déduites des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2020 constituent les bases de cette prédiction (les inputs du modèle). Les cartes d'occupation du sol de 2030, 2050 et 2100 présentent l'évolution probable des différentes unités d'occupation en tenant compte des facteurs de changement. Les probabilités de transition déduites à partir des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2020 ont permis d'obtenir l'état probable de l'occupation du sol à l'horizon 2030, 2050 et 2100.

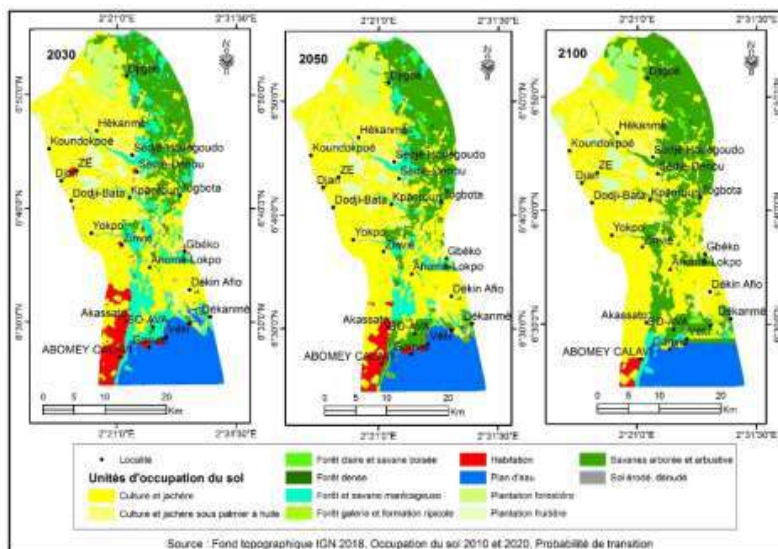


Figure 3 : Carte des unités d'occupation du sol en 2030, 2050 et 2100

Intensité de changement des unités d'occupation entre 2020 et 2030

A l'issue de la mise en œuvre du modèle, les statistiques ont été extraites des données cartographiques pour en faire une analyse. Le tableau suivant présente le taux d'évolution des catégories d'occupation du sol entre 2020 et 2030.

Tableau III : Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 2020 et 2030

| | Superficie 2020 | Proportion (%) | Superficie 2030 | Proportion (%) | Taux d'évolution |
|------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| CJ | 392.11 | 36.62 | 406.75 | 37.99 | 3.73 |
| CJP | 112.27 | 10.48 | 112.73 | 10.53 | 0.41 |
| FCSB | 7.81 | 0.73 | 7.72 | 0.72 | -1.13 |
| FD | 1.99 | 0.19 | 1.98 | 0.18 | -0.50 |
| FGFR | 2.28 | 0.21 | 5.06 | 0.47 | 121.46 |
| FSM | 126.65 | 11.83 | 126.75 | 11.84 | 0.08 |

| | | | | | |
|------|--------|-------|--------|-------|--------|
| HA | 63.92 | 5.97 | 49.82 | 4.65 | -22.05 |
| PE | 140.07 | 13.08 | 135.31 | 12.64 | -3.40 |
| PTFR | 39.64 | 3.70 | 39.37 | 3.68 | -0.67 |
| PTFT | 36.16 | 3.38 | 36.28 | 3.39 | 0.33 |
| SASa | 147.89 | 13.81 | 149.02 | 13.92 | 0.76 |
| SR | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |

De son analyse, il est remarqué que les forêts galeries et formations ripicoles, les cultures et jachères, les cultures et jachères sous palmier à huile ont connu une progression sur ces deux périodes avec un taux d'évolution respectif de 121,46 %, 3,73 %, 0,41 % et 0,76 %. Sur la même période, les forêts claires et savanes boisées, les forêts denses, les habitations et plan d'eau ont vu leur superficie régressé avec un taux d'évolution respectif de -1,13%, -0,5 %, -22,05 % et -3,40 %.

Intensité de changement des unités d'occupation entre 2020 et 2050

La simulation à l'horizon 2050 a montré que les cultures et jachères, les forêts galeries et formations ripicoles et les savane arborées et arbustives ont connu une progression respective de 9,75 %, 3043,36 % et 40,26 % . Les formations forêt dense, forêt et savane marécageuse, habitations, sol érodé et les plan d'eau ont connu une régression avec un taux d'évolution respectif de -0,65 %, -94,91 %, -53,67 %, -35,96 % et -9,65 %.

Tableau IV : Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 2020 et 2050

| | Superficie 2020 | Proportion (%) | Superficie 2050 | Proportion (%) | Taux d'évolution |
|------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| CJ | 392.11 | 36.62 | 430.35 | 40.20 | 9.75 |
| CJP | 112.27 | 10.48 | 113.49 | 10.60 | 1.09 |
| FCSB | 7.81 | 0.73 | 7.64 | 0.71 | -2.18 |
| FD | 1.99 | 0.19 | 1.98 | 0.18 | -0.65 |
| FGFR | 2.28 | 0.21 | 71.80 | 6.71 | 3043.36 |
| FSM | 126.65 | 11.83 | 6.45 | 0.60 | -94.91 |
| HA | 63.92 | 5.97 | 29.61 | 2.77 | -53.67 |
| PE | 140.07 | 13.08 | 126.56 | 11.82 | -9.65 |
| PTFR | 39.64 | 3.70 | 38.85 | 3.63 | -2.01 |
| PTFT | 36.16 | 3.38 | 36.46 | 3.41 | 0.82 |
| SASa | 147.89 | 13.81 | 207.43 | 19.37 | 40.26 |
| SR | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | -35.96 |

La simulation à l'horizon 2100 montre que les unités culture et jachère, forêt galerie et formation ripicole et les savanes arborées et arbustives ont connu une progression avec un taux d'évolution respectif 16,88%, 215,89% et 86,73%. Les unités forêt et savane marécageuse, habitation, plan d'eau et sol érodé ont vu leur superficie régressée.

Tableau V : Superficies et taux de variation des classes d'occupation entre 2020 et 2100

| | Superficie 2020 | Proportion (%) | Superficie 2100 | Proportion (%) | Taux d'évolution |
|------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| CJ | 392.11 | 36.62 | 458.28 | 42.81 | 16.88 |
| CJP | 112.27 | 10.48 | 114.29 | 10.68 | 1.80 |
| FCSB | 7.81 | 0.73 | 7.59 | 0.71 | -2.76 |
| FD | 1.99 | 0.19 | 1.97 | 0.18 | -1.03 |
| FGFR | 2.28 | 0.21 | 7.22 | 0.67 | 215.89 |
| FSM | 126.65 | 11.83 | 16.97 | 1.59 | -86.60 |
| HA | 63.92 | 5.97 | 8.55 | 0.80 | -86.62 |
| PE | 140.07 | 13.08 | 105.39 | 9.85 | -24.76 |
| PTFR | 39.64 | 3.70 | 37.60 | 3.51 | -5.16 |
| PTFT | 36.16 | 3.38 | 36.38 | 3.40 | 0.63 |
| SASa | 147.89 | 13.81 | 276.16 | 25.80 | 86.73 |
| SR | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | -35.96 |

La superposition des cartes d'occupation du sol de 2020 à celle des années 2030, 2050 et 2100 a permis d'obtenir la matrice de transition. La matrice des changements générés montre les différents changements opérés au niveau de chaque unité d'occupation du sol.

Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 2020 et 2100

Le tableau présente la matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 2020 et 2100.

Tableau VI : Matrice de transition des unités d'occupation du sol entre 2020 et 2100

| | | Occupation 2100 | | | | | | | | | | | | | Superficie | |
|-----------------|------------|-----------------|--------|------|------|------|-------|------|--------|-------|-------|--------|------|------------------------|------------|------------------------|
| | | CJ | CJP | FCSB | FD | FGFR | FSM | HA | PE | PTFR | PTFT | SASa | SR | 2020(Km ²) | Perte | |
| Occupation 2020 | CJ | 388.20 | 1.16 | 0.05 | 0.01 | 0.08 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.22 | 2.21 | 0.00 | 392.06 | 3.85 | |
| | CJP | 2.31 | 109.39 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.54 | 0.00 | 112.25 | 2.86 | |
| | FCSB | 0.15 | 0.00 | 7.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 7.81 | 0.45 | |
| | FD | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 1.93 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.99 | 0.06 | |
| | FGFR | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 1.76 | 0.00 | 2.28 | 1.84 | |
| | FSM | 8.26 | 0.30 | 0.05 | 0.00 | 0.07 | 10.75 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 107.05 | 0.00 | 126.54 | 115.79 | |
| | HA | 50.00 | 3.25 | 0.01 | 0.02 | 0.14 | 0.18 | 8.52 | 0.19 | 0.02 | 0.29 | 1.16 | 0.00 | 63.80 | 55.28 | |
| | PE | 8.15 | 0.06 | 0.03 | 0.00 | 6.48 | 5.96 | 0.00 | 105.16 | 0.01 | 0.00 | 14.21 | 0.00 | 140.06 | 34.89 | |
| | PTFR | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 37.49 | 0.00 | 1.99 | 0.00 | 39.63 | 2.14 | |
| | PTFT | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 35.87 | 0.00 | 0.00 | 36.16 | 0.29 | |
| | SASa | 0.66 | 0.12 | 0.10 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 146.93 | 0.00 | 147.83 | 0.90 | |
| | SR | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | |
| | Superficie | | | | | | | | | | | | | | | 2020(Km ²) |
| | | 458.28 | 114.29 | 7.59 | 1.97 | 7.22 | 16.97 | 8.55 | 105.39 | 37.60 | 36.38 | 276.16 | 0.01 | 1070.41 | | |
| Gain | | 70.08 | 4.90 | 0.23 | 0.04 | 6.78 | 6.23 | 0.04 | 0.22 | 0.11 | 0.52 | 129.23 | 0.00 | | | |

Il ressort de son analyse qu'à l'horizon 2100, les habitations (50 Km), les plans d'eau (8,45 Km) et les cultures et jachères sous palmier à huile (2,37 Km) se sont transformé en culture et jachère. Une

superficie de 107,05 Km de forêt et savane marécageuse et de 14,21 Km de plan d'eau se sont convertis en savane arborée et arbustive.

Discussion

Sur la base de la classification supervisée il a été identifié 12 classes d'occupation des terres dans le bassin de la rivière Sô. Parmi ces 12 classes, il y a 5 classes de végétation (FCSB, FD, FSM, FGFR ET SASa), 5 classes anthropiques (CJ, CJP, PTFR, PTFR) et les surfaces érodés et plans d'eau. Une meilleure définition des unités d'occupation des terres permet de faire une classification de qualité (Maârouhi et Al., 2011).

L'évolution future probable à l'horizon 2030, 2050 et 2100 des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière Sô a été réalisé par le modèle CA-Markov sous Idrisi Selva. L'analyse issue de cette projection a montré une progression des cultures et jachères (18,76 %), de la forêt galerie et formation ripicole (2,71%) et des savanes arborées et arbustives (19,69 %). En effet, en considérant leur unicité, leur vulnérabilité et leur diversité, les forêts galeries sont intégralement protégées par la législation forestière béninoise (RB, 1993), ce qui explique leur progression. Nourou Toko Issiaka et al., (2016) sont parvenus au même résultat dans leur étude menée dans la commune de Banikoara et de Karima. Par ailleurs, pendant de longues durées, les formations naturelles sont détruites et les terres mises en culture. Dès que de faible rendement sont enregistrés à cause de la diminution des pluies, ces terres sont mises en jachère. Les terres mises en jachère ne reviennent plus à la forêt mais sont réinsérés dans une rotation de champs cultivés ou sont transformés en savane arborée ou arbustive. Ceci corrobore les résultats obtenus par Bidou et al.(2013), Agbanou Bidossessi(2018), Honvou SHS et al.(2022)

La modélisation prédictive à l'horizon 2030, 2050 et 2100 a également montré une régression des plans d'eau, des habitations et ses forêts et savanes marécageuses. En effet, la modification des paramètres climatiques ces dernières années notamment la baisse des précipitations et la hausse des températures induit une diminution de la disponibilité des ressources en eau. Selon le rapport du GIEC, les changements climatiques vont provoquer la diminution des ressources en eau, la récurrence des phénomènes climatiques tels que les inondations, la sécheresse, les vents forts. Le bassin versant de la rivière Sô étant une zone humide, les populations seront plus vulnérables au phénomène d'inondation, ce qui explique la régression de la superficie des habitations sur le bassin. Brun et al., 2018 ont montré que dans les zones humides, les facteurs du paysage sont non seulement liés aux activités anthropiques mais également aux aléas climatiques.

La simulation des unités d'occupation du sol dans le bassin de la rivière Sô est nécessaire pour comprendre le fonctionnement de l'espace paysager. Selon Bénéié et al., (2005) et Orékan(2007) l'importance de la modélisation prédictive n'est pas de déterminer de façon précise le devenir d'un

territoire mais d'amener les décideurs à être proactifs afin d'anticiper la dégradation instantanés des ressources naturelles.

Conclusion

L'utilisation de l'imagerie satellitaire a permis de réaliser la cartographie diachronique des unités d'occupation entre 2000 et 2020. Les résultats issus de cette étude ont montré une régression des formations naturelles et une progression des formations anthropiques. Par ailleurs, la modélisation prédictive à l'horizon 2030, 2050 et 2100 a montré une régression des plans d'eau, des habitations et des forêts et savanes marécageuses. Cette régression de ces unités d'occupation des terres s'explique par les aléas climatiques. Les cultures et jachères, les forêts galeries et les savanes arborées et arbustives ont connu une progression à l'horizon 2030, 2050 et 2100 sur le bassin. Des résultats obtenus de la dynamique présente et future des unités d'occupation du sol, il est donc indispensable de mettre en place des stratégies de gestion durable des ressources naturelles du bassin de la rivière Sô.

Référence bibliographique

Agbanou, B. T., (2018). Dynamique de l'occupation du sol dans le secteur Natitingou-Boukombé (Nord-Ouest Bénin) : De l'analyse diachronique à une modélisation prospective, Thèse de DoctoratGéographie de Atidegla SC, Koumassi HD, Houssou ES. 2017. Variabilité climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomey-Gblon au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(5): 2254-2269. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.24>

Bénié GB, Kaboré SS, Goïta K, Courel MF. 2005. Remote sensing-based spatiotemporal modeling to predict biomass in Sahelian grazing ecosystem. Ecological Modelling, 184: 341–354.

Biaou S, Houeto F, Gouwakinnou G, Biaou SH, AWES-SOU B. 2019. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord-Bénin. Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Cotonou, Bénin. 21p. DOI : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02189367>

Bidou E. J., Palibrk M., Andrieu J., Mering C. 2013 : Vulnérabilité, dynamique de population et occupation des sols : Réflexion sur les indicateurs de vulnérabilité au Bénin et au Niger. Livrable n°6.4 Février, 28 pages.

Honvou SHS, Aboh BA, Sèwadé C, Teka O, Gandonou BC, Oumorou M, Sinsin B. 2021. Diversité floristique, 27 | Honvou et al Sciences and Technologies for Sustainable Agriculture 2022, 2(1) structure et distribution des groupements végétaux des parcours d'accueil des transhumants dans la Basse et Moyenne Vallée de l'Ouéme au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 15(1), 81- 96. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i1.8>

- Orekan, V.O.A. (2007). Implementation of the local land-use and land-cover change model CLUE-s for Central Benin by using socio-economic and remote sensing data. Ph.D. Thesis, Bonn University, 204 p.
- Schlaepfer, R. (2002) Analyse de la dynamique du paysage. Fiche d'enseignement 4.2, Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes, Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse, 10 p.
- Sylla D, Ba T, Diallo MD, Mbaye T, Diallo A, Peiry JL. 2019. Dynamique de l'occupation du sol de la commune de Tèssékéré de 1984 à 2015 (Ferlo Nord, Sénégal). Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.40 (3): 6674- 6689. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v40-3.2>
- Tritsch I, Gond V, Oswald J, Davy D, Grenand P. 2011. Occupation du territoire et gestion des ressources naturelles en contexte Amérindien: le cas des Wayãpi et Teko de Camopi en Guyane Française. 16p. DOI :<http://asrdlf2011.com/>

**Valorisation des macroinvertébrés benthiques produits à partir des déjections de porc
dans l'alimentation des alevins de *Clarias gariepinus***

*AKODOGBO Hotèkpo Hervé, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) / École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou 01 BP 2009, Bénin, hakodogbo1@gmail.com

ABAH I Koudjodé Simon, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), Parakou BP 123, Bénin, abassabahi@yahoo.fr

DOSSOU-SOIGNON Fridolin Ubald, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) / École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou 01 BP 2009, Bénin, dossousognonfridolin@gmail.com

FIOGBE Emile Didier, Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou BP 526, Bénin, edfiogbe@yahoo.fr

Auteur correspondant : AKODOGBO Hotèkpo Hervé

Résumé

L'objectif de cette étude est la détermination de la ration optimale en aliment artificiel (Coppens : 49% de protéines) à distribuer en complément aux alevins nourris avec les macroinvertébrés vivants pour une production semi-intensive de *Clarias gariepinus*. Des alevins de poids initial de $0,52 \pm 0,15$ g sont répartis dans les 15 seaux avec une densité de 0,6 ind/L et regroupés en 04 traitements (T₁, T₂, T₃ et T₄) puis un témoin (T₀). Ils ont été nourris pendant 05 semaines. Les alevins élevés en T₁, T₂, T₃ et T₄ sont respectivement nourris à 75%, 50%, 25% et 0% en aliment artificiel ; tandis que ceux de T₀ ont été nourris à 100% de leur ration alimentaire en aliment artificiel. Les quatre traitements contiennent des macroinvertébrés produits en masse. Les résultats ont montré que le poids final moyen et le taux de croissance spécifique des alevins sont les plus élevés dans T₀ ($11,95 \pm 0,06$ g et $8,96 \pm 0,014$ %·j⁻¹). Ils sont suivis de ceux de T₁ ($10,50 \pm 0,8$ g et $8,58 \pm 0,2$ %·j⁻¹) et de T₂ ($10,16 \pm 0,50$ g et $8,49 \pm 0,14$ %·j⁻¹). Ils sont très faibles dans T₄. Le taux de croissance spécifique et le taux de survie de T₁, T₂ et T₀ ne sont significativement différents ($p > 0,05$). T₁ et T₂ permettront donc de réduire la quantité d'aliment artificiel à distribuer ; mais, le taux optimal est de 50% (T₂). Il est donc possible de réduire le coût de l'alimentation des poissons au moins au stade alevin en système semi-intensif.

Mots clés : Pisciculture ; aliment artificiel ; macroinvertébrés ; complément alimentaire ; déjections de porc.

Abstract

The aim of this study is to determine the optimal ratio of artificial feed (coppens : 49% protein) to be provided as a supplement to juvenile *Clarias gariepinus* fed with live macroinvertebrates for semi-intensive production. Juveniles with an initial weight of 0.52 ± 0.15 g were distributed among 15 buckets at a density of 0.6 individuals/L and grouped into four treatments (T₁, T₂, T₃, and T₄) with a control group (T₀). The feeding trial spanned five weeks. Juveniles in T₁, T₂, T₃, and T₄ were fed with 75%, 50%, 25%, and 0% artificial feed, respectively, while those in T₀ received 100% of their feed from artificial sources. All treatments included macroinvertebrates produced in mass. Results indicated that the mean final weight and specific growth rate of juveniles were highest in T₀ (11.95 ± 0.06 g and 8.96 ± 0.014 %·day⁻¹), followed by T₁ (10.50 ± 0.8 g and 8.58 ± 0.2 %·day⁻¹) and T₂ (10.16 ± 0.50 g and 8.49 ± 0.14 %·day⁻¹). T₄ exhibited significantly lower values. The specific growth rate and survival rate of T₁, T₂, and T₀ were not significantly different ($p > 0.05$). Therefore, T₁ and T₂ offer the potential to reduce the quantity of

artificial feed, with the optimal ratio being 50% (T2). This suggests a feasible approach to reducing fish feeding costs, at least during the juvenile stage in a semi-intensive system.

Keywords : Aquaculture ; Artificial feed ; Macroinvertebrates ; Dietary supplement ; Pig manure.

Introduction

La production aquacole dans le monde joue un rôle de plus en plus important dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations des pays développés et en voie de développement, car l'aquaculture a un potentiel significatif pour nourrir une population mondiale en augmentation (FAO 2016, 2022a). En effet, au cours des dix (10) dernières années l'aquaculture mondiale passe de 77,9 millions de tonnes (en 2010) à 122,6 millions de tonnes (en 2020). Inversement, pendant la même période, les captures de produits de pêche dans leur ensemble sont restées stables à environ 92 millions de tonnes (FAO, 2022b). Malgré la croissance continue et spectaculaire de l'aquaculture dans la plupart des régions du monde, celle-ci demeure peu développée en Afrique puis dans les pays de l'Afrique Subsaharienne en général avec respectivement 1,92 % et 0,59 % de la production totale mondiale en 2020 (FAO, 2022b). Le Bénin, en particulier, avec une production annuelle de 2 649 tonnes en 2021, fait partie des pays de l'Afrique Subsaharienne à faible production piscicole (DSA/MAEP, 2022).

Malgré les multiples efforts des différents acteurs (Etat, bailleurs de fonds, ONG, chercheurs, producteurs, etc.) pour la promotion de ce type d'élevage, l'aquaculture qui est un moyen sûr pour combler les besoins en produits halieutiques au Bénin ne permet pas encore la réduction de l'importation des produits congelés, alors que le pays dispose d'importantes ressources en eau, constituant un important potentiel pour son développement (INSAE, 2015 ; DPH, 2015 ; FAO, 2016). L'aquaculture béninoise reste encore confrontée à de sérieux problèmes (Abou *et al.*, 2010 ; Imorou Toko *et al.*, 2011 ; Montchowui, 2012). En dehors des facteurs environnementaux, l'une des contraintes majeures qui entravent le développement de la pisciculture au Bénin est le coût élevé de la production et donc la cherté des produits piscicoles qui dépend surtout de l'alimentation (Lacroix, 2004 ; Harpaz, 2007 ; Imorou Toko *et al.*, 2015 ; FAO, 2022b).

En effet, en aquaculture l'alimentation représente une part importante (50 à 70%) du coût de production des poissons (Rana *et al.*, 2009). L'intérêt économique de ce type d'élevage est donc très dépendant de la disponibilité et du coût des aliments (Hoffman *et al.*, 1997 ; Tacon, 2006). Ainsi, la réduction des charges liées à l'alimentation, et par conséquent la maîtrise du coût de production des poissons d'élevage, est l'une des priorités en aquaculture (Jauncey et Ross, 1982). Cette réduction des charges liées à l'alimentation passe non seulement par la disponibilité des aliments de bonne qualité et à moindre coût mais également par la réduction de la quantité d'aliment artificiel distribué.

Des études se sont intéressées à la problématique de la disponibilité des aliments de bonne qualité et à moindre coûts du point de vue socio-économique (Gabriel *et al.*, 2007 ; Crentsil et Ukpong, 2014 ; Kimou *et al.*, 2016). De plus d'autres études se sont intéressées seulement aux alternatives qu'offrent l'utilisation des sous-produits de récolte comme base alimentaire de l'élevage des poissons, le remplacement de la farine de poisson par d'autres sources de protéines animales, leurs fréquences de distribution et la co-culture des poissons (Gao et Lee, 2012 ; Chukwuma et Chikwendu, 2013 ; Elegbe *et al.*, 2015a, 2015b ; Agbohessi *et al.*, 2018). Ainsi, très peu d'études se sont intéressées à la réduction de la quantité d'aliment artificiel en complément avec les aliments naturels dans les structures d'élevage. Or, plusieurs organismes vivants, qui constituent une nourriture naturelle pour les poissons sont utilisés en pisciculture. Il s'agit du phytoplancton, du zooplancton, des insectes et certaines plantes (Bocek, 2019 ; Conceição *et al.*, 2010 ; Alfiko *et al.*, 2022.) Parmi les insectes, les macroinvertébrés constituent la source principale de nourriture pour plusieurs espèces de poissons et leur utilisation est indispensable à la réussite de l'élevage post-larvaire et juvénile (Kuhlmann *et al.*, 2001 ; López van Oosterom *et al.*, 2013). En effet, les macroinvertébrés benthiques jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire aquatique, puisqu'ils font partie des organismes aquatiques servant d'aliments vivants à d'autres êtres vivants (poissons, insectes, amphibiens...) se trouvant dans les écosystèmes aquatiques et leurs larves constituent l'un des excellents produits alimentaires de base dans la ration de presque tous les alevins des poissons carnivores (Wolfram-Wais *et al.*, 1999 ; Evangelista *et al.*, 2005 ; Das *et al.*, 2012). Donc, l'utilisation des macroinvertébrés jouera un rôle très important dans le développement de l'aquaculture au Bénin, non seulement en termes d'optimisation économique mais aussi pour l'obtention de performances de croissance et de survie adéquates. A cet égard, la présente étude s'intéresse à l'utilisation de l'aliment artificiel comme complément alimentaire tout en valorisant les aliments vivants présents dans les écosystèmes aquacoles notamment les macroinvertébrés, produits avec les déjections de porc, dans l'élevage des alevins du poisson chat, *Clarias gariepinus*. Il s'agira de comparer les performances de survie et de croissance des alevins de *Clarias gariepinus* nourris aux macroinvertébrés benthiques produit à base des déjections de porc et à l'aliment artificiel à différentes proportions à ceux des alevins, de la même espèce, nourris uniquement à l'aliment artificiel, afin de déterminer ration optimale en aliment artificiel à distribuer en complément à ces alevins élevés en système semi-intensif.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de 15 seaux en plastique, de 80 litres de capacité, disposés à l'air libre sur la station de recherche sur la diversification de la pisciculture du Laboratoire de Recherche sur les Zones Humides (LRZH) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC). Ces seaux sont regroupés en quatre

traitements (T₁, T₂, T₃ et T₄) et un témoin (T₀). Chaque traitement a été répété trois (03) fois. Les seaux de ces 4 traitements contiennent des macroinvertébrés benthiques (mollusques et les *Chirominidae*) qui y sont produits en masse sur 10 dm³ des substrats. Notons que ces substrats sont constitués de d'un mélange de déjections sèches de porc et de sable puis de 20 L de l'eau conformément aux recommandations de Akodogbo 2016a, 2016b. Tandis que les seaux des milieux témoins (T₀) contiennent uniquement 20 L d'eau de forage.

Des alevins de *Clarias gariepinus* de cinq (05) semaines d'âge de poids moyen initial égal à $0,52 \pm 0,15$ g ont été utilisés. Ils ont été acclimatés pendant 48 h avant d'être répartis dans les 15 seaux en plastique. La densité de mise en charge a été de 0,6 ind/L. L'expérimentation a duré 05 semaines. Les alevins élevés dans les milieux des traitements T₁, T₂ et T₃ ont été respectivement nourris à 75%, 50% et 25% de leurs rations alimentaires en aliment sec (Coppens : 49% de protéines). Ceux du traitement T₄ n'ont pas reçus d'aliment sec (0%), tandis que les témoins (T₀) ont été nourris à 100% de leur ration alimentaire en aliment sec. Le nourrissage à l'aliment artificiel a été fait d'abord à un taux de rationnement de 7% de la biomasse totale pendant les trois (03) premières semaines puis à un taux de 5% jusqu'à la fin de l'essai (Ducarme et Micha, 2003). La ration est distribuée 03 fois par jour (9 h, 13 h et 17 h). La fertilisation a été renouvelée avec le tiers de la dose initiale de déjections de porc (Akodogbo 2016a, 2016b) tous les sept (07) jours dans les traitements (T₁, T₂, T₃ et T₄) dont les milieux reçoivent; en plus, un apport de macroinvertébrés récoltés dans d'autres seaux de production massive. De même, la moitié de l'eau de tous les milieux d'élevage est renouvelée avec de l'eau de forage.

Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau

Au cours de l'expérience, les paramètres physico-chimiques (pH, température et l'oxygène dissous) de l'eau des seaux d'élevage des alevins ont été mesurés, *in-situ*, une fois par semaine. Le pH, la conductivité et la température ont été mesurés avec un conductimètre multiparamètre W340i. L'oxygène dissous a été mesuré à l'aide d'un oxymètre de marque HANNA (HI 9143 Microprocessor Auto Cal Dissolved Oxygen Meter). Diverses analyses chimiques de l'eau de chaque milieu de production sont ensuite faites avec 500 ml d'eau prélevée dans des bouteilles en plastique (0,5 l de capacité). Ainsi, l'ammonium, les nitrates, et les nitrites ont été respectivement dosés par les méthodes de Nessler-380, de réduction au Cadmium-335, de Diazotation-371 et de phosver 3-490 avec le spectrophotomètre HACH).

Croissance et taux de survie des alevins

Une pêche de contrôle de croissance de tous les alevins a été effectuée tous les 07 jours. Après avoir fait passer rapidement sur du papier torchon pour éliminer le poids d'eau corporelle ces poissons ont été pesés, , avec une balance électronique de précision de marque Proscale - HC-600AX, sensible à 0.01g.

De même, un comptage systématique de tous les individus a été effectué en vue d'évaluer la survie des alevins. Les alevins morts ont été retirés tous les jours puis comptés.

Les différents paramètres de survie et de croissance calculés pour chaque traitement sont :

- Taux de survie TS en %
$$TS = 100 \times Nf/Ni$$
 avec Ni = nombre initial d'individus et Nf = nombre d'individus en fin d'expérience
- Gain de poids journalier (GPJ) en g/j
$$GPJ = (Pf - Pi) / t$$
 Pi = Poids initial, Pf = Poids final, et t la durée en jours.
- Taux de Croissance Spécifique TCS en %/j
$$TCS = 100[\ln(Pf) - \ln(Pi)] / t$$
 avec Ln = logarithme népérien et t = durée en jours

Analyses statistiques

L'analyse statistique des résultats obtenus a été réalisée à l'aide du logiciel statistique SAS version 9.4 par la méthode d'analyse de variance à un critère de classification (ANOVA I) à un seuil de 5%. Le LSD (Least Significant Difference) de Fisher a été utilisé pour comparer les différentes moyennes.

Résultats

Paramètres physico-chimiques

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques, des milieux d'élevage des alevins de *Clarias gariepinus* en fonction des différents traitements, sont présentées dans le tableau 1.

Selon le tableau 1, l'évolution des valeurs moyennes des températures et du pH au cours de l'expérience n'a pas connu beaucoup de fluctuations. La moyenne des températures de tous les milieux d'élevage a été de $29,86 \pm 0,90$ °C et celle du pH a été de $6,94 \pm 0,75$. Il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les valeurs obtenues pour ces paramètres en fonction des traitements. Les concentrations moyennes de l'oxygène dissous sont significativement plus élevées dans les milieux non fertilisés / témoins ($6,17 \pm 0,69$ mg. l⁻¹) par rapport aux milieux fertilisés (T₁, T₂, T₃ et T₄). En effet, les concentrations moyennes de l'oxygène dissous de ces derniers sont plus élevées au niveau des traitements T₂ ($4,67 \pm 0,68$ mg. l⁻¹) et T₄ ($4,61 \pm 0,73$ mg. l⁻¹) avec une différence significative ($p < 0,05$) par rapport aux milieux des traitements T₁ ($4,59 \pm 0,76$ mg. l⁻¹) et T₃ ($4,48 \pm 0,87$ mg.l⁻¹). Les valeurs moyennes des sels dissous (NH₄⁺, NO₃⁻ et NO₂⁻) sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) dans les milieux fertilisés par rapport aux les milieux témoins (T₀), non fertilisés où elles sont très faibles. En effet, les valeurs moyennes de NH₄⁺ et de NO₃⁻ sont plus élevées dans les milieux des traitements T₂ et T₄ avec une différence significative ($p < 0,05$) par rapport à ceux des traitements T₁ et T₃. La valeur moyenne de NO₂⁻ pour les quatre traitements est de $0,0613 \pm 0,022$ mg. l⁻¹ ; il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$) entre ces traitements.

Tableau 1 : Valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau en fonction des traitements

| Paramètres | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| T (°C) | 29,87 ± 0,83 ^a | 29,85 ± 0,91 ^a | 29,88 ± 0,89 ^a | 29,89 ± 0,93 ^a | 29,83 ± 0,95 ^a |
| pH | 6,91 ± 0,21 ^a | 6,96 ± 0,25 ^a | 6,93 ± 0,20 ^a | 6,95 ± 0,18 ^a | 6,94 ± 0,24 ^a |
| O ₂ (mg/l) | 6,17 ± 0,69 ^a | 4,59 ± 0,76 ^b | 4,67 ± 0,68 ^c | 4,48 ± 0,87 ^b | 4,61 ± 0,73 ^c |
| NH ₄ ⁺ (mg/l) | 1,47 ± 0,53 ^a | 13,95 ± 7,63 ^b | 14,13 ± 6,95 ^c | 13,97 ± 8,93 ^b | 14,31 ± 7,86 ^c |
| NO ₃ ⁻ (mg/l) | 5,36 ± 1,29 ^a | 10,63 ± 5,81 ^b | 11,09 ± 6,93 ^c | 10,86 ± 8,53 ^b | 11,13 ± 7,23 ^c |
| NO ₂ ⁻ (mg/l) | 0,0473 ± 0,011 ^a | 0,0609 ± 0,019 ^b | 0,0619 ± 0,019 ^b | 0,0621 ± 0,034 ^b | 0,0602 ± 0,017 ^b |

Légende : *a, b et c : sur la même ligne, les valeurs affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement (P > 0,05).

T = Température ; O₂ = Oxygène dissous ; NH₄⁺ = ammonium ; NO₃⁻ = nitrate ; NO₂⁻ = nitrite.

Paramètres de survie et de croissance des alevins

La Figure 1 présente le taux de survie, le poids final moyen et le taux de croissance spécifique des alevins de *Clarias gariepinus* par traitement.

Selon la figure 1a, le taux de survie des alevins de *Clarias gariepinus* est plus élevé chez les alevins témoins (T₀) et chez ceux du traitement T₃ (88,88 ± 4,81%) qui sont respectivement nourris à 100% et à 25% de leur ration en aliment sec ; suivi de celui des alevins des traitements T₁ et T₄ (86,11 ± 4,81%) qui sont respectivement nourris à 75% et à 0% de leur ration en aliment sec et enfin ceux du traitement T₂ (83,33 ± 8,33%) qui sont nourris à 50% de leur ration en aliment sec. Mais, il n'y a pas de différence significative entre ces différents taux de survie (P > 0,05).

Selon la figure 1b, le poids final moyen des alevins est significativement plus élevé (p < 0,05) dans les milieux témoins (11,95 ± 0,06 g) par rapport aux autres milieux (fertilisés). Il est suivi de celui des alevins des traitements T₁ et T₂ (respectivement de 10,50 ± 0,8 g et de 10,16 ± 0,50 g) qui sont significativement différents (p < 0,05) de celui des autres milieux fertilisés (T₃ et T₄). Le poids final moyen des alevins est faible dans le traitement T₃ (04,57 ± 0,33 g) puis très faible dans le traitement T₄ (01,35 ± 0,11 g) ; il y a de différence significative (p < 0,05) entre les traitements T₃ et T₄.

Selon la figure 1c, le taux de croissance spécifique (TCS) des alevins est plus élevé dans les milieux témoins (8,96 ± 0,014 % . j⁻¹), suivi de ceux des traitements T₁ et T₂ (respectivement de 8,58 ± 0,2 % . j⁻¹ et de 8,49 ± 0,14 % . j⁻¹) qui ne sont pas significativement différents (p > 0,05) entre eux et les témoins (T₀). Le taux de croissance spécifique (TCS) des alevins le plus faible a été constaté dans le traitement T₄ (2,72 ± 0,23 % . j⁻¹) qui est significativement différent de celui des autres milieux fertilisés.

Les différentes performances de survie et de croissance des alevins nourris à 50% de leur ration en aliment sec (T_2) sont donc proches de celles des alevins nourris à 75% de leur ration en aliment sec (T_1) et ne sont pas de différence significative ($p > 0,05$) entre eux. Les taux de survie et le taux de croissance spécifique de ces deux traitements (T_1 et T_2) ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$) entre eux et entre ceux des alevins témoins, nourris à 100% de leur ration en aliment sec (T_0).

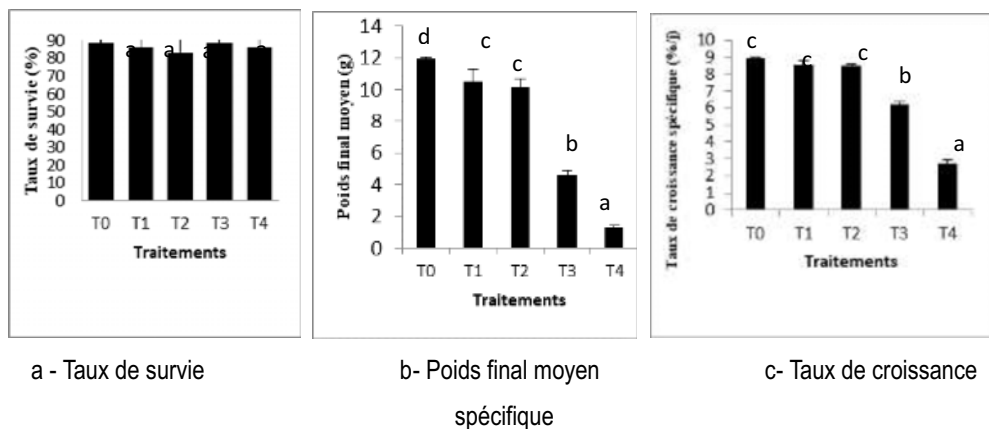


Figure 1 : Taux de survie (a), le poids final moyen (b) et le taux de croissance spécifique (c) des alevins de *Clarias gariepinus* par traitement

Selon la figure 2 qui montre l'évolution des poids moyens des alevins de *Clarias gariepinus* par traitement en fonction du temps, les poids moyens des alevins *Clarias gariepinus* nourris avec de l'aliment sec en complément (T_1 , T_2 et T_3) ou non (T_0) ont augmenté de façon linéaire durant toute la période expérimentale, contrairement à ceux des alevins qui n'ont pas reçu d'aliment sec (T_4). En effet, pendant les deux premières semaines de l'élevage, les alevins des milieux T_0 , T_1 , T_2 et T_3 ont pratiquement le même poids corporel et qui est supérieur à celui du traitement T_3 (25% de l'aliment sec). Mais après les deux semaines, le poids moyen des alevins nourris uniquement (100%) à l'aliment sec (T_0) est plus important que celui des alevins des traitements T_1 , T_2 jusqu'à la fin de l'expérience. C'est après la semaine d'élevage que le poids des alevins nourris à l'aliment sec à 75% (T_1) est devenu légèrement plus élevé que celui des alevins les alevins nourris à l'aliment sec à 50% (T_2) jusqu'à la fin de l'expérience.

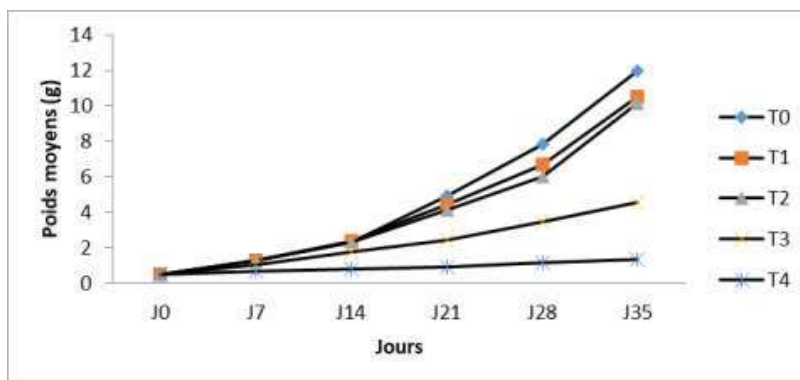


Figure 2 : évolution des poids moyens des alevins de *Clarias gariepinus* par traitement en fonction du temps

Discussion

Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques de l'eau des milieux d'élevage des alevins sont restés conformes aux valeurs permettant la survie et la croissance des alevins du poisson chat *Clarias gariepinus*. En effet, *C. gariepinus* survit et se développe mieux dans des eaux dont le pH est compris entre 6 et 9 ; car si le pH est en dehors de cette plage, la croissance du poisson est réduite (Gilles *et al.*, 2001 ; Edéa *et al.*, 2019). Teugels (1992) et Melard (1999) signalent que la température optimale pour sa croissance de *C. gariepinus* est comprise entre 28 à 30°C. De même, cette espèce s'adapte bien aux conditions environnementales extrêmes et peut vivre lorsque le taux d'oxygène dissous est supérieur ou égal à 3,5 mg/l (Neill et Bryan, 1991 ; Daniel *et al.*, 2005). Les taux d'oxygène de nos milieux fertilisés sont similaires à ceux obtenus dans les étangs fertilisés avec le lisier de porc par Angoni *et al.* (2016).

Paramètres de survie et de croissance des alevins

Le très faible taux de croissance spécifique et celui du poids moyen final observés au niveau des alevins de *Clarias gariepinus* qui ne sont nourris qu'aux macroinvertébrés (T₄ / 0% aliment sec) montrent que l'aliment sec, distribué en complément, est indispensable pour une bonne performance de croissance de ces alevins en élevage semi-intensif. Les taux de survie des alevins des différents milieux d'élevage, qui sont des seaux en plastique au cours de notre expérimentation, sont inférieurs à ceux obtenus par Angoni *et al.* (2016) qui ont été de 92,3±5,0 % après la fertilisation des étangs avec le lisier de porc. Cette différence peut s'expliquer par la nature et la superficie des milieux d'élevage ; en effet, la superficie des seaux étant petite peut favoriser le cannibalisme. Mais, le taux de croissance spécifiques enregistré au niveau des différents traitements (T₁, T₂, T₃ et T₀,) de notre expérimentation est supérieur à celui obtenu par Angoni *et al.* (2016) qui a été de 0,061±00 %/j après la fertilisation des étangs avec le lisier de porc. Cette différence est due au complément d'aliment apporté aux alevins de nos milieux d'élevage. Le poids

moyen final des alevins de *C. gariepinus* nourris à l'aliment uniquement artificiel (T_0) au cours de nos travaux est légèrement inférieur à celui des alevins de cette espèce (12,90 g) nourris à aliment sec (importé + local) en élevage semi-intensif dans des étangs (Agbohessi *et al.*, 2018) avec un poids moyen initial de 4,1g par. Cette différence serait due au faible poids initial des alevins utilisés au cours de notre étude.

Les performances de croissance enregistrées chez les alevins nourris à 25% de leur ration alimentaire en aliment sec (T_3) sont faibles par rapport à ceux des traitements T_1 et T_2 nourris respectivement à 50% et 75% en aliment sec qui ont donnés tous, de bonnes performances de croissance. Cette différence s'explique par l'insuffisance de la ration apportée en complément.

Les taux de croissances spécifiques enregistrés au niveau des traitements T_1 et T_2 et du témoin (T_0) au cours de notre expérimentation ne sont significativement différents ($p > 0,05$) et sont conformes aux normes, car les alevins de *C. gariepinus* ayant un poids entre 0,5 et 10 g ont des taux de croissances spécifiques compris entre 8 et 12 %/j lorsque la température est environ à 30°C (Hogendoorn, 1981 ; Van Weerd, 1995). De plus il n'y pas de différence significative ($p > 0,05$) entre la plupart des paramètres de survie et de croissance des alevins du témoin (T_0) et ceux de ces deux traitements (T_1 et T_2). Ces derniers permettront donc de réduire la quantité d'aliment sec à distribuer en complément aux alevins de *C. gariepinus* élevés dans les milieux de production continue de macroinvertébrés et d'avoir une bonne croissance et de survie du poisson chat. Mais, c'est le traitement T_2 (50% en aliment sec) qui est le traitement optimal car il permet de réduire considérablement la quantité d'aliment utilisée et d'avoir un résultat appréciable ; de plus, le taux d'oxygène dissous de l'eau de ce traitement est significativement supérieur à celui du traitement T_1 .

Conclusion

Les paramètres physicochimiques de l'eau d'élevage des alevins de *Clarias gariepinus* ont été compris dans la gamme des normes recommandées pour la culture de la majorité des espèces aquatiques. Les valeurs des paramètres de croissance des alevins des traitements T_1 (75 %) et T_2 (50 %) ont été significativement meilleures par rapport à ceux des traitements T_3 (25 %) et T_4 (0 %). Ces deux premiers traitements permettront donc de réduire la quantité d'aliment à distribuer et d'avoir une bonne performance de croissance et de survie du poisson chat *Clarias gariepinus* élevés en système semi-intensif. Le traitement optimal est donc T_2 ; ainsi, le taux optimal de la ration alimentaire en aliment sec distribué en complément à ces alevins de *Clarias gariepinus* élevés dans les milieux de production continue de macroinvertébrés est de 50%. Il est alors possible de faire l'alevinage de *Clarias gariepinus* avec des techniques simples et adaptées aux conditions rurales afin de permettre aux pisciculteurs, des pays en développement, de réduire le coût de la production et par conséquent celui des produits piscicoles.

Références

- Abou, Y., Hossou, E., Fiogbé. E. D., 2010. "Effets d'une couverture d'Azolla sur les performances de croissance et de production de *Clarias gariepinus* (Burchell) élevé en étangs." Int. J. Biol. Chem. Sci., vol. 4, no. 1, pp. 201–208.
- Agbohessi, P.T., Degila, B.D., Elegbe, H.A., Pelebe, R.O., Okewole, J., Houndji, A.M., Imorou Toko, I., 2018. "Optimisation de la productivité piscicole des étangs par l'association du jeûne et de la co-culture chez *Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus*." Journal of Applied Biosciences, vol. 130, pp. 13138–13147.
- Akdogbo, H.H., Bonou, C.A., Fiogbe, E.D., 2016. "Production of freshwater benthic macroinvertebrates from pig dung : fertilization effect and optimal dose research." International Journal of Biological and Chemical Sciences, vol. 10, no. 1, pp. 242–254.
- Alfiko, Y., Xie, D., Astuti, R.T., Wong, J., Wang, L., 2022. « Insects as a feed ingredient for fish culture : Status and trends », Aquaculture and Fisheries, vol. 7, no. 2, pp. 166-178.
- Angoni, D.E., Eyango, M.T., Djoko, H., Tchoumboué J., 2016. "Performances de croissance du poisson-chat Africain *Clarias jaensis* Boulanger, 1909 (Pisces : Clariidae) en étangs fertilisés des fientes de poules et des lisiers de porcs." International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 17, no. 4, pp. 1294–1301.
- Bocek, A., 2019. "L'alimentation du poisson". International Center for Aquaculture Swingle Hall, Auburn University, 12 p.
- Chukwuma, O.O., Chikwendu, U., 2013. "Effect of short-term cyclic feed deprivation on growth and economic limit of commercial feed-based in-door grow-out of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)." International Journal of Fisheries and Aquaculture, vol. 5, no. 11, pp. 303–309.
- Conceição, L.E., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S., Dinis, M.T., 2010. « Live feeds for early stages of fish rearing », Aquaculture Research, vol. 41, no. 5, pp. 613-640.
- Crentsil, C., Ukpong, I.G., 2014. "Economics of fish production in Amansie-west District of Ghana : Implication for Food Security in West Africa." Asian J. Agric. Ext. Econ. Soc., vol. 3, pp. 179–188.
- Daniel, S., Larry, W.D., Joseph, H., 2005. "Comparative oxygen consumption and metabolism of striped bass (*Morone saxatilis*) and its hybrid. Bénin." Journal of World Aquaculture Society, vol. 36, no. 4, pp. 521–529.
- Das, P., Mandal, S.C., Bhagabati, S.K., Akhtar, M.S., Singh, S.K. 2012. "Important live food organisms and their role in aquaculture." Frontiers in aquaculture, vol. 5, no. 4, pp. 69–86.
- DPH, 2015. "Note conceptuelle sur le développement durable de l'aquaculture continentale en République du Bénin." Bénin, 26p.

- DSA/MAEP, 2022. "Les chiffres de la campagne agricole 2021-2022 et les prévisions de la campagne agricole 2022." Bénin, 21p.
- Ducarne, C., Micha, J.-C., 2003. "Technique de production intensive du poisson chat africain, *Clarias gariepinus*." *Tropicultura*, vol. 21, no. 4, pp. 189–198.
- Edéa, O.G., Hinvi, L.C., Abou, Y., Gbangboche, A.B., 2019. "Synthèse Bibliographique sur des Paramètres Biologiques et Zootechniques du Poisson-chat Africain *Clarias gariepinus* Burchell, 1822." *ESJ*, vol. 15, no. 27, pp. 54–88.
- Elegbe, H.A., Agbohessi, P.T., Bekima, P.N., Imorou Toko, I., Chikou, A., Ble, C., Laleye, P., Tomedi, M.E., 2015. "Effet du jeûne chez les juvéniles d'*Oreochromis niloticus* et de *Clarias gariepinus* sur la productivité des "whedos" du delta de l'Ouémé (Bénin, Afrique de l'Ouest)," *Afrique Science*, vol. 11, no. 6, sur <http://www.afriquescience.info/document.php?id=5525>.
- Elegbe, H.A., Imorou Toko, I., Agbohessi, P.T., Ble, C., Banang, A., Chikou, A., Tomedi, M.E., Laleye, P., 2015 "Co-culture *Clarias gariepinus*-*Oreochromis niloticus* : quels avantages pour l'amélioration des performances zootechniques et économiques des poissons élevés dans les « whedos » du delta de l'Ouémé au Bénin ?" *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. vol. 9, no. 4, pp. 1937–1949.
- Evangelista, A.D., Fortes, N.R., Santiago, C.B., 2005. "Comparaison of some live organisms and artificial diet as feed for Asian catfish *Clarias macrocephalus* (Günther) larvae." *Journal of applied Ichthyology*, vol. 21, no. 5, pp. 437–443.
- FAO, 2016. *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous*. Rome, Italy, 224p.
- FAO, 2022a. "Aquaculture is key to meet increasing food demand, says FAO," 2021. <https://www.fao.org/news/story/en/item/1440548/icode/> [accessed Dec. 28, 2022].
- FAO, 2022b. *Résumé de La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022 : Vers une transformation bleue*. Rome. Italy, 32p.
- Gabriel, U., Akinrotimi, O., Bekibele, D., Onunkwo, D., Anyanwu, P., 2007. "Locally produced fish feed : potentials for aquaculture development in subsaharan Africa." *African Journal of Agricultural Research*, vol. 2, pp. 287–295.
- Gao, Y., Lee, J.-Y., 2012. "Compensatory responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feed-deprivation regimes." *Fisheries and aquatic sciences*, vol. 15, no. 4, pp. 305–311.
- Gilles, S., Dugué, R., Siembrouck, J., 2001. *Manuel de production d'alevins du silure africain *Heterobranchus longifilis**, Paris : IRD Editions, 135p.
- Harpaz, S., 2007. "Catfish nutrition-aspects to consider" in *Proceeding of a Workshop on the Development of a Genetic Improvement Program for African Catfish *Clarias gariepinus**, pp. 79–81.

- Hoffman, L., Prinsloo, J.F., Rukan, G., 1997. "Partial replacement of fish meal with either soybean meal, brewers yeast or tomato meal in the diets of African sharptooth catfish *Clarias gariepinus*." Water SA, vol. 23, pp. 181–186.
- Hogendoorn, H., 1981. "Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.) : IV. Effect of feeding regime in fingerling culture." Aquaculture, vol. 24, no. 1, pp. 123–131.
- Imorou Toko, I., Yabi, J., Assogba, M., Adam Sanni, M., Elègbè, H., 2011. "Evaluation des potentialités piscicoles et socioéconomiques des retenus d'eau pastorales dans la commune de Banikoara (Nord-est du Bénin)." Annales de l'Université de Parakou Série Sciences naturelles-Agronomie, pp. 92–119.
- INSAE, 2015. "Quatrième recensement général de la population et de l'habitat (RGPH4) : que retenir des effectifs de population en 2013 ?" Bénin, 33p.
- Jauncey, K., Ross, B., 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. Scotland : Institute of Aquaculture, University of Stirling, 111p.
- Kimou, N.B., Koumi, R. A., Koffi, M.K., Atsé, C.B., Ouattara, I.N., Kouamé, P.L., 2016. "Utilisation des sous-produits agroalimentaires dans l'alimentation des poissons d'élevage en Côte d'Ivoire." Cahiers Agricultures, vol. 25, no. 25006, pp. 1–9.
- Kuhlmann, M.L., Brandimarte, A.L., Shimizu, G.Y., Anaya, M., 2001. « Invertebrados bentônicos como indicadores de impactos antrópicos sobre ecossistemas aquáticos continentais », Indicadores ambientais : Conceitos e aplicações, São Paulo : EDUC/COMPED/INEP consulté le 21 nov. 2023 sur <https://repositorio.usp.br/item/001225552>.
- Lacroix, E., 2004. Pisciculture en Zone Tropicale. Hamburg. Allemagne : GFA Terra Systems, 225p.
- López van Oosterom, M.V., Ocón, C.S., Brancolini, F., Maroñas, M.E., Sendra, E.D., Rodrigues Capítulo, A., 2013. « Trophic relationships between macroinvertebrates and fish in a pampean lowland stream (Argentina) », Iheringia. Série Zoologia, vol. 103, p. 57-65.
- Mélard, C., 1999. Bases biologiques de l'aquaculture. Belgique : Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture, Université de Liège, 238p.
- Montchowui, E., Agadjihouede, H., N'tcha, E., Laleye, P., 2012. "Effets de milieux d'élevage sur la survie et la croissance des juvéniles de la carpe africaine, *Labeo parvus* Boulenger, 1902." Int. J. Biol. Chem. Sci, vol. 6, no. 5, pp. 2131–2138.
- Neill, W., Bryan, J., 1991. "Responses of fish to temperature and oxygen, and response integration through metabolic scope" in Aquaculture and water quality, advances in world aquaculture, vol. 3, Baton Rouge, Louisiana : The World Aquaculture Society, pp. 30–58.
- Rana, K.J., Siriwardena, S., Hasan, M.R., 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 63p.

Tacon, A.G., Hasan, M.R., Subasinghe, R.P., 2006. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development : trends and policy implications. vol. 99. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 114p.

Teugels, G.G., Ozouf-costz, C., Legendre, M., Parrent, M., 1992. "A karyological analysis of the artificial hybridization between *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) and *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840 (Pisces ; Clariidae)." Journal of fish biology, vol. 40, no. 1, pp. 81–86.

Van Weerd, J. H., 1995. "Nutrition and growth in *Clarias* species-a review." Aquatic Living Resources, vol. 8, no. 4, pp. 395–401.

Wolfram-Wais, A., Wolfram, G., Auer, B., Mikschi, E., Hain, A., 1999. "Feeding habits of two introduced fish species (*Lepomis gibbosus*, *Pseudorasbora parva*) in Neusiedler See (Austria), with special reference to chironomid larvae (Diptera : Chironomidae)." Hydrobiologia, vol. 408, pp. 123–129.

Utilisation de *Nauclea latifolia* et de *Morinda lucida* dans le contrôle de la coccidiose du poulet (*Gallus gallus*) au Bénin.

Delphin Roland Adéchola Godonou^{1*}, Hervé Brice Dakpogan¹, Basile Boni Saka Konmy¹, Christian Cocou Dansou¹, Ténéola Isabelle Sacramento¹ and Pascal Abiodoun Olounladé^{1,2}

¹Unité de recherche en Zootechnies et Systèmes d'Élevage du Laboratoire des Sciences Animales et Halieutiques, École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Université Nationale d'Agriculture, BP 43 Kétou, Bénin.

²Laboratoire d'Ethnopharmacologie et de Santé Animale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant, E-mail : godonouroland67@yahoo.com , Tél. : (00229) 67831166

RÉSUMÉ

Le contrôle de la coccidiose du poulet est basé sur l'utilisation des anticoccidiens et la vaccination. Mais le développement de résistance, les coûts élevés des médicaments et la demande en produits de volaille sans résidus de médicaments anticoccidiens ont entraîné un intérêt croissant pour les plantes médicinales comme un moyen alternatif de contrôle de la maladie. C'est dans ce cadre que cette étude a été menée pour évaluer l'activité anticoccidienne de deux plantes médicinales *Nauclea latifolia* et *Morinda lucida*, sur la coccidiose du poulet due à *Eimeria tenella* suivant un dispositif complètement randomisé. Ainsi, 100 poulets (*Gallus gallus*) de 22 jours ont été expérimentalement infectés à une dose de 40 000 oocystes sporulés et divisés en 4 groupes de traitements avec 5 répétitions/traitement. Deux groupes infectés, traités avec l'infusé des feuilles de *Nauclea latifolia* et la décoction des racines de *Morinda lucida*. Les deux autres étaient infectés et traités avec l'amprolium et le témoin négatif infecté, non traité. Les résultats ont montré que le gain de poids, l'indice de consommation et l'efficacité alimentaire évalués pendant 21 jours post-infection, étaient significativement plus élevés chez les poussins infectés et traités avec l'Amprolium et l'extrait des plantes médicinales que ceux des sujets infectés et non traités ($p < 0,05$). Les meilleures performances ont été enregistrées au niveau des sujets infectés et traités avec l'infusé du *Nauclea latifolia* ($p < 0,05$). L'OPG observés J14 -J21 dans les groupes traités avec l'amprolium et l'extrait des plantes étaient significativement plus faibles ($P < 0,05$) que ceux du J0-J7 post-infection. De l'analyse biochimique (créatinine, ALAT et ASAT), il ressort que les différents traitements appliqués avec les plantes n'ont pas d'effet négatif sur le foie et les reins des poulets. Cependant, des investigations supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les doses appropriées et l'étude qualité de la viande après traitement.

Mots-clés : plantes médicinales, coccidiose, OPG, poulet, Bénin.

Abstract

Control of chicken coccidiosis is based on the use of anticoccidial drugs and vaccination. But the development of resistance, high drug costs and demand for poultry products without anticoccidial drug residues have led to growing interest in medicinal plants as an alternative means of disease control. It is in this context that this study was carried out to evaluate the anticoccidial activity of two medicinal plants *Nauclea latifolia* and *Morinda lucida*, on chicken coccidiosis due to *Eimeria tenella* following a completely randomized design. Thus, 100 of 22-day-old chickens (*Gallus gallus*) were experimentally infected at a dose of 40,000 sporulated oocysts and divided into 4 treatment groups with 5 repetitions/treatment. Two infected groups, treated with the infusion of the leaves of *Nauclea latifolia* and the decoction of the roots of *Morinda lucida*. The other two were infected and treated with amprolium and the negative control

infected, untreated. The results showed that weight gain, feed efficiency and feed efficiency assessed for 21 days post-infection were significantly higher in infected chicks treated with Amprolium and medicinal plant extract than those of infected and untreated subjects ($p < 0.05$). The best performances were recorded in subjects infected and treated with infused *Nauclea latifolia* ($p < 0.05$). The OPG observed on D14-D21 in the groups treated with amprolium and plant extract were significantly lower ($P < 0.05$) than those on D0-D7 post-infection. From the biochemical analysis (creatinine, ALT and AST), it appears that the different treatments applied with plants do not have a negative effect on the liver and kidneys of chickens. However, further investigations are needed to determine appropriate doses and study meat quality after treatment.

Keywords: medicinal plants, coccidiosis, OPG, chicken, Benin.

INTRODUCTION

La coccidiose est une maladie parasitaire dévastatrice, mortelle et économiquement dommageable des oiseaux dans le monde. Des sept espèces de *Eimeria* connues pour infecter le poulet, *Eimeria brunetti*, *E. necatrix* et *E. tenella* sont associées à une coccidiose hémorragique et peuvent être hautement pathogènes (Dakpogan *et al.*, 2012). Les coccidies envahissent les entérocytes, se multiplient et provoquent diverses transformations pathologiques qui s'étendent de la destruction locale de la barrière muqueuse, des tissus sous-jacents, à des effets systémiques comme la perte de sang et la mort (Yun *et al.*, 2000). Les conséquences de ses lésions sont : la réduction du taux de ponte, un trouble intestinal sévère, la diarrhée sanguinolente, la déshydratation, l'anorexie et la baisse de la croissance chez les adultes et une forte mortalité chez les jeunes (Tewari et Maharana, 2011 ; Tarek *et al.*, 2016). Habituellement, des méthodes strictes d'hygiène et de biosécurité, la vaccination et des anticoccidiens synthétiques sont utilisés dans la ration des volailles pour prévenir et contrôler la coccidiose chez la volaille (Chand *et al.*, 2016; Kadykalo *et al.*, 2018). Mais, l'utilisation routinière des anticoccidiens a entraîné une résistance aux médicaments chez la volaille et l'apparition de nouvelles souches infestantes (Chapman, 2007 ; Abbas, 2008). De plus, les résidus de médicaments dans les produits et sous-produits de volaille peuvent poser un problème de santé publique (Mund *et al.*, 2017; Kadykalo *et al.*, 2018). En dépit du progrès de la chimiothérapie dans le cadre de la prévention et du traitement, la coccidiose demeure un problème majeur auquel les aviculteurs font face. Dans les pays en voie de développement et au Bénin en particulier, le pouvoir d'achat des aviculteurs ne permet pas toujours de bénéficier des bienfaits de ces progrès scientifiques du fait des coûts élevés des produits qui ne sont pas toujours à la portée du fermier moyen. Il urge d'explorer d'autres méthodes de lutte pour réduire le coût du contrôle de cette maladie et préserver la santé du consommateur. Ainsi, l'usage de la pharmacopée à travers l'utilisation des plantes médicinales (Dakpogan *et al.*, 2018) et additifs alimentaires phyto-géniques comme méthode alternative de contrôle de la coccidiose a connu un regain d'intérêt (Ngeh *et al.*, 2007). Il présente un large éventail d'avantages, tels que l'innocuité, l'absence de délai de grâce, l'origine naturelle, peu ou pas d'effets résiduels et la rentabilité (Abudabos *et al.*, 2017; Alhotan et Abudabos, 2019; Al-Quraishy *et al.*, 2020; Qasem *et al.*, 2020). L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet anticoccidien de l'extrait aqueux des feuilles de *Nauclea latifolia* et des racines de *Morinda lucida* chez des poulets (*Gallus gallus*) expérimentalement infectés à *Eimeria tenella*.

MATERIEL ET METHODES

Cadre et durée de l'étude

L'expérimentation a été conduite en République du Bénin sur une ferme Avicole située dans la commune de Kétou et a duré 43 jours. La Commune de Kétou située à l'extrémité Nord du département du Plateau entre les latitudes 7°10' et 7°41'17" Nord d'une part et les longitudes 2°24'24" et 2°47'40" d'autre part (IGN, 1963). Elle s'étend sur une superficie de 1 775 km² (INSAE, 2016), soit 1,55% du territoire national et 54,38% du département du Plateau. Le climat qui règne dans la ville est de type subéquatorial à régime pluviométrique bimodal à deux nuances : grande saison de pluie (Mars à Juillet); petite saison de pluie (Septembre et Octobre); grande saison sèche (Novembre à Février); petite saison sèche (Août) (Adjovi *et al.*, 2019). La moyenne pluviométrique annuelle est de l'ordre de 1.073mm en 65 jours. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 25°C et le maximum de 34,5°C. La Commune est limitée au Nord par la Commune de Savè, au Sud par la Commune de Pobè, à l'Ouest par les Communes de Ouinhi et de Zangnanado et à l'Est par la République fédérale du Nigéria (INSAE, 2016).

Les analyses de laboratoire ont été réalisées au Laboratoire des Sciences Animales et Halieutique (LaSAH) de l'Unité de Recherche en Zootechnie et Système d'Élevage (URZoSE) de l'école doctorale des Sciences Agronomique et de l'eau de l'Université Nationale d'Agriculture (UNA).

Matériel

Matériel végétal

Le matériel végétal (Figure 1) est représenté par les feuilles de *Sarcocephalus latifolius* et les racines de *Morinda lucida*. Les feuilles de *Sarcocephalus latifolius* ont été récoltées sur un domaine agricole dans la commune de Kétou et les racines de *Morinda lucida* acquis auprès d'une vendeuse de plantes médicinales à Sakété avec des informations sur le lieu et le moment de collecte. Toutes ces parties de plantes ont été identifiées et authentifiées à l'Herbier National de l'Université d'Abomey-Calavi.



Figure 1: Feuilles de *Nauclea latifolia* (a) et Racines de *Morinda lucida* (b)

Le matériel animal est constitué de 100 poussins coquelets de souche LOHMANN âgés d'un jour et pesant en moyenne 45 g en provenance du couvoir local. Ces poussins ont été élevés entièrement au sol sur litière du 1^{er} au 22^{ème} jour, puis transférés dans des cages expérimentales. Un programme de biosécurité a été établi et suivi pendant les vingt-deux (22) premiers jours. Il inclut, la préparation de la poussinière pour la réception des poussins, l'hygiène active du site d'élevage, l'utilisation des antistress avant et après chaque vaccination, les vaccinations contre la maladie du Newcastle, Bronchite infectieuse et la Bursite infectieuse.

Alimentation

Les sujets ont été nourris le premier jour avec du maïs finement concassé à volonté et du deuxième (2^{ème}) au vingt-deuxième (22^{ème}) jour avec l'aliment poussin miette commercial. La consommation journalière a été de 15g/sujet avec une augmentation de 5g/sujet chaque semaine. L'eau et l'aliment étaient distribués *ad libitum*.

Méthodes

Préparation des produits traitants

Les feuilles et racines ont été séchées à une température de laboratoire (16°C). Le séchage a été effectué à l'Unité de Recherche en Zootechnie et Système d'Élevage (URZoSE) du Laboratoire des Sciences Animales et Halieutique (LaSAH) de l'école doctorale des Sciences Agronomiques et de l'eau de l'Université Nationale d'Agriculture, pendant 14 jours. La poudre obtenue après broyage à l'aide d'une moulinette et tamisée à travers un tamis de 0,1 mm a été conservée dans un bocal hermétique jusqu'à utilisation. La préparation des produits traitants a consisté à mettre quotidiennement 100 g de la poudre des feuilles de *Sarcocephalus latifolius* dans 1 L d'eau de robinet et 100 g des racines de *Morinda lucida* dans 1 L d'eau de robinet. L'eau a été préalablement bouillir sur gaz avec une flamme douce, pendant 30 min à une température de 100°C pour l'infusion. Les solutions obtenues ont été refroidies dans un récipient hermétiquement fermé à température ambiante (30 °C) et filtrées à l'aide d'un tamis (passe-thé) et distribuées *ad libitum* aux animaux du premier au 5^{ème} jour post-inoculation, correspondant à la période d'insulte oxydante induite par le parasite coccidien (Koinarski *et al.*, 2005). L'anticoccidien conventionnel utilisé était l'Amprolium 20% utilisée à la dose de 0,6 g par litre d'eau suivant la prescription d'administration du médicament.

Inoculum et inoculation

Les oocystes d'*Eimeria tenella* isolés et sporulés ont été généreusement fournis par le service de parasitologie de Royal Veterinary College de l'Université de Londres. Ces derniers après réception, ont été conservés au réfrigérateur (4 °C) jusqu'à utilisation. Chacun des 100 poussins répartis en 04 traitements et 05 répétitions à raison de cinq (05) poussins par unité d'observation a reçu oralement une dose de 40.000 oocystes contenue dans 0,2 ml de solution. Les fientes excrétées par les poussins au niveau des cages expérimentales 24 h avant l'inoculation ont été examinées pour s'assurer de l'absence des oocystes coccidiens.

Dispositif expérimental et administration des traitements

Le test clinique a été conduit suivant un dispositif complètement randomisé avec 4 traitements et 05 répétitions par traitement. En effet les 100 poussins âgés de vingt-deux (22) jours d'un même poids vif corporel statistiquement similaire (159g \pm 4.87) ($P > 0,05$) et expérimentalement infestés à *Eimeria tenella* ont été répartis au hasard dans les différentes unités d'observation à raison de cinq (05) poussins par unité d'observation. Les traitements sont constitués du témoin négatif, infesté expérimentalement et recevant l'eau de robinet (lot1), du témoin positif (lot2) infesté expérimentalement et traité avec Amprolium 20% suivant la posologie (0,6 g/l d'eau), lot 3 infesté expérimentalement et traité avec l'extrait aqueux des feuilles de *Sarcocephalus latifolius* et enfin le lot 4 infesté expérimentalement et traité avec l'extrait des racines de *Morinda lucia*. Les différents extraits ainsi préparés, de

même que l'anticoccidien conventionnel ont été administrés dans l'eau de boisson *ad libitum* sur une période de cinq (5) jours post infestation.

Collecte des données

Les données comme le poids vif corporel, la consommation alimentaire, le nombre de fientes sanguinolentes au 6^{ème} jour post-inoculation, les sujets morts et les sujets malades ont été collectées. Les fientes ont été collectées journalièrement pour la coprologie suivant la méthode quantitative de numération des coccidies utilisant les cellules de McMaster (Soulsby, 1986) au laboratoire et la détermination de l'OPG. Enfin des échantillons de sang ont été prélevés pour l'évaluation de la créatinémie (effet sur les reins), l'alanine aminotransférase (effet sur le foie) et l'aspartate aminotransférase.

Paramètres estimés

Les différentes données collectées ont permis l'estimation des paramètres ci-après : les moyennes du gain de poids vif corporel, de l'indice de consommation, l'efficacité alimentaire, les indicateurs biochimiques, de la proportion de fiente sanguinolente et le nombre d'oocystes par gramme de fèces (OPG). Les taux de morbidité et de survie ont été également estimés.

Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée dans le logiciel SAS version 94. Les moyennes des gains moyens quotidiens (GMQ), de l'indice de consommation (IC), de l'efficacité alimentaire (EA) des proportions de fiente sanguinolente et de l'oocystes par gramme de fèces (OPG) ont été calculées et comparées en utilisant la procédure d'Analyse de Variance GLM (General Linear Model) avec le test de variance de F et celui de Turkey pour les comparaisons des moyennes deux à deux. Le Two-Way ANOVA des mesures répétées a permis d'examiner l'effet du temps sur l'OPG, l'IC et l'EA. La morbidité a été analysée avec la régression logistique. Enfin, le test de t à deux échantillons d'observations appariées a permis de calculer et de comparer les paramètres biochimiques des sujets expérimentaux avant et après les traitements.

Résultats

Paramètres zootechniques des poussins expérimentaux

Les poids vifs corporels des poussins répartis dans les différents groupes de traitement sont les mêmes avant l'infection expérimentale ($p > 0,05$). À la fin de l'expérimentation les poids vifs corporels des sujets traités avec l'Amprolium et l'extrait des plantes médicinales étaient significativement plus élevés que ceux des sujets infectés et non traités ($p < 0,05$) (Tableau I). La meilleure performance a été observée au niveau des poussins infectés et traités avec l'infusé du *Nauclea latifolia*. De même, les mêmes tendances ont été observées au niveau du gain moyen quotidien, de l'indice de consommation et de l'efficacité alimentaire ($p < 0,05$) avec les meilleures performances enregistrées au niveau des sujets infectés et traités avec l'Amprolium et l'infusé du *Nauclea latifolia*.

Le gain moyen quotidien, l'indice de consommation et l'efficacité alimentaire des poussins infectés et traités n'ont pas variés significativement ($p > 0,05$) durant les 3 semaines expérimentales à travers les différents groupes de traitement (effet intra-sujets). Par contre l'effet croisé du temps et ces paramètres zootechniques a

significativement varié ($p < 0,05$). Le gain moyen quotidien et l'indice de consommation des poussins infectés et traités avec de l'amprolium et l'efficacité alimentaire des poussins infectés et traités avec l'extrait de *Nauclea latifolia* n'ont pas variés durant les 3 semaines expérimentales ($p > 0,05$). Tant disque la variation de ces paramètres a été observée au niveau des poussins infectés et non traités ($p < 0,05$).

Tableau II : Gain de poids et efficacité alimentaire des poussins expérimentaux ($M \pm ES$)

| Traitement | Poids (g) | | GMQ (g) | IC | EA |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Initial | Final | | | |
| Témoin négatif | 161,26 ^a \pm 1,85 | 298,61 ^a \pm 5,44 | 6,53 ^a \pm 0,65 | 2,54 ^a \pm 0,32 | 0,39 ^a \pm 0,04 |
| Amprolium | 157,68 ^a \pm 4,87 | 365,95 ^b \pm 24,56 | 9,91 ^b \pm 1,37 | 1,75 ^b \pm 0,24 | 0,57 ^b \pm 0,07 |
| <i>Nauclea latifolia</i> | 156,96 ^a \pm 19,85 | 379,68 ^b \pm 42,38 | 10,59 ^b \pm 2,76 | 1,66 ^b \pm 0,37 | 0,62 ^b \pm 0,14 |
| <i>Morinda lucida</i> | 160,84 ^a \pm 12,03 | 363,69 ^b \pm 27,81 | 9,29 ^b \pm 2,15 | 1,93 ^b \pm 0,43 | 0,53 ^b \pm 0,11 |

M : Moyenne ; **ES :** Erreur Standard sur la moyenne ; **IC :** Indice de Consommation ; **EA :** Efficacité Alimentaire ; **GMQ :** Gain Moyen Quotidien.

(Les valeurs dans les colonnes qui ne partagent pas les mêmes lettres en exposant sont significativement différentes au seuil de significativité de 0,05).

Diarrhée sanguinolente et mortalité des poussins expérimentaux

Aucune fiente sanguinolente n'a été observée au niveau des sujets infectés et traités avec l'amprolium et l'extrait de plante de *Morinda lucida* avec une différence significative entre les cinq (5) groupes expérimentaux ($p < 0,05$). Le taux de survie est 100% dans tous les groupes, par contre tous les sujets ont présenté les signes de la maladie comme la diarrhée et les signes généraux (Tableau II).

Tableau III : Fientes sanguinolentes, mortalité et morbidité

| Traitement | Proportion de fientes sanguinolente ($M \pm ES$) | Taux de survie (%) | Morbidité (%) |
|---------------------------------|--|--------------------|---------------|
| Témoin négatif | 26,92 ^a \pm 17,32 | 100 | 84 |
| Amprolium | 0,00 ^b \pm 0,00 | 100 | 36 |
| <i>Nauclea latifolia</i> | 12,31 ^b \pm 12,14 | 100 | 60 |
| <i>Morinda lucida</i> | 0,00 ^b \pm 0,00 | 100 | 44 |

(Les valeurs dans les colonnes qui ne partagent pas les mêmes lettres en exposant sont significativement différentes au seuil de significativité de 0,05).

Excrétion d'oocystes de coccidies des poussins expérimentaux

Les nombres d'oocystes par gramme (OPG) de fèces observés à parti du J14 au J21 dans les groupes de sujets infectés et traités avec l'amprolium et l'extrait des plantes médicinales *Nauclea latifolia* et *Morinda lucida* étaient significativement plus faibles ($P < 0,05$) que ceux enregistrés du J0 au J7 post-infection comme le montre la figure 2. De plus, aucune variation significative n'a été observée au niveau de l'OPG du groupe Témoin négatif (infecté et non traité) tout au long de la période expérimentale.

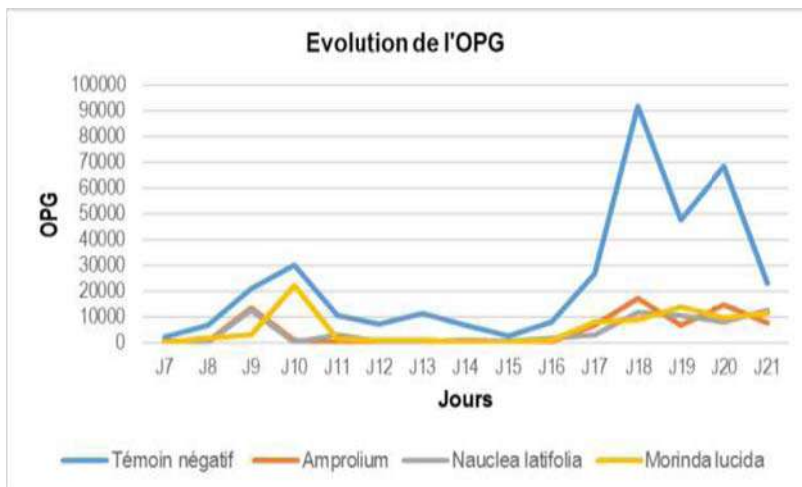


Figure 2: Excrétion d'oocystes des sujets expérimentaux

Paramètres biochimiques des sujets expérimentaux

Les paramètres biochimiques comme le taux sanguin de créatinine et Aspartate Amino-transférase (ASAT) ont été significativement affectés ($P < 0,05$) par les différents traitements anticoccidiens utilisés au cours de cette étude. Les valeurs observées avant les traitements anticoccidiens sont statistiquement différentes de celles enregistrées après les traitements. Le taux sanguin d'Alanine Aminotransférase n'a connu de variation qu'au niveau des poussins infectés et non traités. Les taux sanguins de créatinine ont été significativement élevés le jour 6 post-infection au niveau des sujets traités avec l'amprolium, l'infusé de *Nauclea latifolia* et du décocté de *Morinda lucida* ($p < 0,05$). Le taux d'alanine Amino-transférase (ALAT) a été significativement plus faible ($10,56^b \pm 2,12$) au jour 6 que celui du jour 0 ($13,4^a \pm 1,51$) au niveau des poussins infectés et non traités (Tableau III). Les taux Aspartate Amino-transférase (ASAT) ont été significativement élevés le jour 6 post-infection au niveau des sujets traités avec l'amprolium, l'infusé de *Nauclea latifolia* et du décocté de *Morinda lucida* ($p < 0,05$).

Tableau III : Paramètres biochimiques des sujets expérimentaux ($M \pm ES$)

| Traitement | Créatininémie (mg/l) | | ALAT (UI/l) | | ASAT (UI/l) | |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | J0 | J6 | J0 | J6 | J0 | J6 |
| Témoin négatif | $3,22^a \pm 1,65$ | $5,22^a \pm 3,24$ | $13,4^a \pm 1,51$ | $10,56^b \pm 2,12$ | $11,8^a \pm 3,27$ | $19^a \pm 5,87$ |
| Amprolium | $1,98^a \pm 0,50$ | $6,57^b \pm 3,53$ | $13,6^a \pm 4,97$ | $20,6^a \pm 9,31$ | $13,6^a \pm 6,38$ | $18,4^b \pm 2,96$ |
| <i>Nauclea latifolia</i> | $3,84^a \pm 3,75$ | $11,83^b \pm 6,49$ | $16,2^a \pm 2,38$ | $16^a \pm 3,67$ | $14^a \pm 4,69$ | $17,4^b \pm 5,54$ |
| <i>Morinda lucida</i> | $2^a \pm 0,38$ | $11,30^b \pm 7,26$ | $14,6^a \pm 4,39$ | $22,84^a \pm 5,79$ | $12,8^a \pm 4,54$ | $14,4^b \pm 4,15$ |

M : Moyenne ; **ATC** : Anticoccidien conventionnel ; **J** : Jour ; **mg/l** : Milligramme par litre ; **UI/l** : Unité Internationale par litre. (Les valeurs dans les colonnes qui ne partagent pas les mêmes lettres en exposant sont significativement différentes au seuil de significativité de 0,05).

Discussion

Étude expérimentale

La recherche d'alternative aux anticoccidiens de synthèse est un domaine d'étude important pour les chercheurs avicoles (Lan *et al.*, 2016; Alhotan et Abudabos, 2019; Al-Quraishy *et al.*, 2020). Ainsi, l'utilisation de *Nauclea latifolia* et *Morinda lucida* a été émise sur la base qu'il possède des propriétés antipaludiques (Tona *et al.*, 1999), et *Eimeria* appartient au même phylum Apicomplexa, que le parasite Plasmodium, l'agent pathogène responsable du paludisme (Tyler *et al.*, 2011). Les résultats zootechniques et parasitologiques ont été enregistrés au niveau des oiseaux infectés et traités avec les plantes médicinales et l'anticoccidien conventionnel comparés à ceux des sujets infectés et non traités. *Nauclea latifolia* est citée parmi les plantes médicinales antipaludiques utilisées dans l'État de Ogun au Nigéria selon Idowu *et al.* (2010). De même *Nauclea latifolia*, une des plantes rencontrées sur les étalages de plantes médicinales au Bénin est citée comme ayant des vertus contre le paludisme, l'ictère et provoquant l'avortement (Adomou *et al.*, 2012). Quant aux, *Morinda lucida* son effet anticoccidien pourrait être attribué à ses propriétés antioxydantes. Ogunlana *et al.* (2008) ont rapporté que les propriétés antioxydantes de *M. lucida* et les constituants antioxydants sont les composés phénoliques. Et Allen *et al.* (1998) affirment que les plantes à effet antioxydant possèdent des activités anticoccidiennes. Les résultats de cette étude ont montré que le meilleur gain de poids, la meilleure consommation alimentaire et le meilleur indice de consommation ont été enregistrés chez les poussins expérimentalement infectés avec les oocystes de *E. tenella* et traités avec l'extrait aqueux des feuilles de *Nauclea latifolia* encore appelé *Sarcocephalus latifolius* ($p < 0,05$). Ces résultats concordent avec ceux de Fall (2007) qui a rapporté que l'infusé des racines entières de *Nauclea latifolia* améliore les performances de croissance qui se traduisent par une augmentation du poids vif, une amélioration de l'indice de consommation IC, un développement musculaire et une croissance osseuse. De même, Ntivuguruzwa (2008), a rapporté que l'infusé de racines entières de *Nauclea latifolia* Sm. améliore les performances de croissance du poulet de chair avec un développement significatif des masses musculaires. Par ailleurs, l'efficacité de bien d'autres plantes a été vérifiée et approuvée par certains auteurs qui ont effectué des travaux sur l'excrétion et le développement des œufs de coccidies. Dakpogan *et al.* (2018), ont rapporté une réduction du taux d'excrétion des oocystes de 56 % chez des poussins infectés expérimentalement par *Eimeria tenella*, traités avec de l'extrait de *Carica papaya*. D'autres auteurs ont rapporté l'activité anticoccidienne de plusieurs plantes médicinales (Orengo *et al.*, 2012 ; Oyabgemi et Adejinmi, 2012 ; Yang *et al.*, 2015, Loredana *et al.*, 2015).

La connaissance du profil biochimique sanguin chez les animaux est capitale dans la gestion de la santé des animaux (Quintavalla *et al.*, 2001; Kudair et Al-Hussary, 2010). L'évaluation des paramètres biochimiques est un outil connu pour le diagnostic précoce de l'état sanitaire des animaux et permet la correction de troubles nutritionnels et métaboliques avant l'apparition de symptômes plus graves (Miranda *et al.*, 2008 ; Shen *et al.*, 2008). À la fin de l'expérimentation, le taux de créatinine a varié en moyenne entre 1,98 mg/l et 11,83 mg/l. Les valeurs moyennes obtenues dans la présente étude sont inférieures aux valeurs (9-18 mg/l) recommandées par

Hochleithner (2013). Par ricochet, les différents traitements n'ont donc pas affecté négativement les reins des sujets. Le taux moyen d'Alanine Amino-transférase (ALAT) dans le sang des sujets a varié en moyenne entre 10,56 UI/L et 22,84 UI/L. Ces valeurs moyennes obtenues dans la présente étude sont inférieures à cinquante UI/L (< 50 UI/L) recommandés par Campbell (2004). Ainsi, les différents traitements n'ont pas eu un effet négatif sur le foie des animaux. Ceci corrobore avec les propos de Hochleithner (2013), qui affirme que ; chez certaines espèces aviaires, les valeurs ALAT normales sont souvent inférieures au seuil de sensibilité de nombreux analyseurs. Quant au taux d'Aspartate Amino-transférase (ASAT), il a été observé une différence significativement élevée le jour 6 post-infection au niveau des sujets traités avec l'amprolium, l'infusé du *Nauclea latifolia* et du décocté de *Morinda lucida* ($p < 0,05$). Mais, l'activité enzymatique des ASAT observées est inférieure à la valeur usuelle (230 UI/L) recommandé par Hochleithner (2013) chez les poulets. Ce qui préserve le bon fonctionnement du foie et des reins chez les sujets expérimentaux.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis de mettre en évidence l'efficacité de l'extrait aqueux de deux plantes *Nauclea latifolia* encore appelé *Sarcocephalus latifolius* et *Morinda lucida* sur une infection anticoccidienne expérimentale due à *Eimeria tenella*. Il s'est avéré que l'extrait aqueux de *Nauclea latifolia* est doté d'une activité anticoccidienne intéressante, à travers la destruction des oocystes avec une moyenne d'excrétion de l'OPG plus faible que celui des sujets infectés et traités avec l'anticoccidien conventionnel. Les résultats sur le plan zootechnique ont montré une amélioration de l'indice de consommation et par conséquent des performances de croissance du poulet, avec les sujets traités à base de l'extrait aqueux de la feuille de *Nauclea latifolia*. L'activité anticoccidienne de *Morinda lucida* et surtout de *Nauclea latifolia* observée au cours de notre étude est révélatrice d'une immense potentialité de vertu anticoccidienne des plantes médicinales de la pharmacopée béninoise. Cependant, malgré ces résultats encourageants, il nous paraît utile que d'autres études sur ces plantes soient menées afin de déterminer la dose exacte pour une croissance optimale des poulets, les parties des plantes ayant le meilleur effet anticoccidien et d'étudier la qualité de la viande après traitement avec les plantes.

Références Bibliographiques

- Abbas R., Iqbal Z., Sindhu Z., Khan M., Arshad M., 2008. Identification of cross resistance and multiple in *Eimeria tenella* field isolates to commonly used anticoccidials in Pakistan. *Poult Res.*, 17: 361-368
- Abudabos M., Alyemni H., Swilam O., MAQ A., 2017. Effet anticoccidien comparatif de certains produits naturels contre *Eimeria spp.* infection sur les caractères de performance, les lésions intestinales et le nombre d'Oocystes chez le poulet de chair. *Pack. J. Zool.* 49:989-1995.
- Adjovi NRA, Agboton A-AG, Quenum F, Miassi YES, Dossa FK, Adedemi O. 2018. Variation climatique et production vivrière au Sud-Bénin: cas de la commune de Bohicon. *Afrique Science*, 15(2) : 32–43.
- Adomou A., Yedomonhan H., Djossa B., Legba I., Oumorou M., Akoegninou A., 2012. Étude Ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(2): 745-772.

- Alhotan R., et Abudabos A., 2019. Anticoccidien et antioxydant effets des polyphénols dérivés de plantes chez les poulets de chair exposés à la coccidiose induite. *Environ. Sci. Pollution. Rés.* 26 :14194-14199.
- Allen P., Danforth D., Angustine C., 1998. Dietary modulation of avian coccidiosis. In: *J.Parasitol.*, 28:1131-1140.
- Campbell T., 2004. Blood chemistry of lower vertebrates. In: 55th Annual meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP), and the 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology (ASVCP).
- Chand, N., H. Faheem, RU Khan, MS Qureshi, IA Alhidary et AM Abudabos., 2016. Effet anticoccidien du mananoligosaccharide contre la coccidiose induite expérimentalement chez le poulet de chair. *Environ. Sci. Pollution. Rés.* 23:14414–14421.
- Chapman D., 2007. Rotation programmes for coccidiosis control. *International Poultry Production* 15: 7-9.
- Dakpogan H., Mensah S., Attindehou S., Chrysostome C., Aboh A., Naciri M., Salifou S., Mensah G., 2018. Anticoccidial activity of *Carica papaya* and *Vernonia amygdalina* extract. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(5) : 2101-2108.
- Dakpogan H., Salifou S., Mensah G., Gbangboche B., Youssao I., Naciri M., Sakiti N., 2012. Problématique du contrôle et de la prévention de la coccidiose du poulet. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(6): 6088-6105.
- Fall M., 2007. Recherche de l'activité antiparasitaire de trois plantes de la pharmacopée traditionnelle sénégalaise: *Aphania senegalensis* (Juss.expoir) Radlk (Sapindaceae) *Cassia italica* (mill) Lam (Caesalpinacéae). *Nauclea latifoliam* (Rubiaceae). Thèse : Pharm: Dakar; 19.
- Hochleithner M., 2013. Chapter 11: Biochemistries. In: Avian medicine online, by Harrison's bird foods: 223-245.
- Idowu A., Soniran T., Ajana O., 2010. Ethnobotanical survey of antimalarial plants used in Ogun State, Southwest Nigeria. *Aworinde African Journal of Pharmacy and Pharmacology*.
- Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, 2016. Cahier des villages et quartiers de ville du département du plateau. Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4). 1-29.
- Kadykalo S., Roberts T., Thompson M., Wilson J., Lang M., Espeisse O., 2018. La valeur des anticoccidiens pour la production mondiale durable de volaille. *Int. J. Antimicrobe. Agents* 51: 304-310.
- Kudair M., Al-Hussary N., 2010. Effect of vaccination on some biochemical parameters in broiler chickens. *Iraqi journal of veterinary science*, 24(2) : 59-64.
- Lan L., Zuo B., Ding Y., Huang X., Chen, Du A., 2016. Évaluation anticoccidienne d'une médecine traditionnelle chinoise-Brucea javanica - chez les poulets de chair. *Poule. Sci.* 95:811-818.

- Loredana P., Adriana G., Alexandru F., Tăbăranb M., Oana D., Zsuzsa K., Cristian M., 2015. Effets de l'artémisinine chez des poulets de chair exposés à *Eimeria acervulina*, *E. maxima* et *E. tenella* dans des essais en batterie. *Vétérinaire. Parasitol.*, 214(3): 264-271.
- Miranda R., Mundim A., Costa A., Guimaraes R., Silva., 2008. Serum biochemistry of 4-day old ostriches (*Struthio camelus*). *Pesq Vet Braz*, 28(9).
- Mund M., Khan U., Tahir U., Mustafa B., Fayyaz A., 2017. Résidus de médicaments antimicrobiens dans les produits à base de volaille et implications sur la santé publique : un examen. *Int. J. Food Prop.* 20:1433-1446.
- Ngeh T., Wanyama J., Nuwanyakpa M., Django S., 2007. L'ethnomédecine vétérinaire. *Agrodok n° 44*.
- Ntivuguruzwa B., 2008. Effets de l'infusé des racines entières de *Nauclea latifolia* (Sm) sur les performances de croissance de poulet de chair These: Méd. Vét. : Dakar.
- Ogunlana E., Ogunlana O., Farombi E., 2008. *Morinda lucida*: Antioxidant and +/reducing activities of crude methanolic stem bark extract. *Adv. Natl Appl. Sci.* 2:49-54.
- Orengo J., Buendia A., Ruiz-Ibanez R., 2012. Evaluating the efficacy of *cinnamaldehyde* and *Echinacea purpurea* plant extract in broilers against *Eimeria acervulina*,” *Veterinary Parasitology*, vol. 185, no. 2-4, pp. 158-163.
- Oyagbemi T., Adejinmi J., 2012. Supplementation of broiler feed with leaves of *Vernonia amygdalina* and *Azadirachta indica* protected birds naturally infected with *Eimeria sp*, *African Journal of Biotechnology*, vol. 11, no. 33, 8407-8413.
- Qasem M., Dkhil A., Al-Shaebi M., Murshed M., Mares M., Al-Quraishy S., 2020. Les extraits de feuilles de *Rumex nervosus* améliorent la régulation des cellules caliciformes et la réponse inflammatoire lors de l'infection de poulets par *Eimeria tenella*. *Université J. King Saud. Sci.* 32:1818-1823.
- Quintavalla F., Bigliardi E., Bertoni P., 2001. Blood biochemical baseline values in the ostrich (*Struthio camelus*). *Universita degli studi di Parma. Annali della facolta di Med Vet*, XXI, 61- 71.
- Shen X., Zhiming Z., Bin J., Ya U, Yongzhi T., 2008. Blood cell morphology, some hematological and serum biochemistry values of common kestrel (*Falco tinnunculus*). *Journal of sustainable development*, 2.
- Soulsby E., 1986. *Helminths, Arthropods and Protozoa of domestic Animals (7thEd)*. Beiliere Tindal II: London.
- Tarek A., Bassant A., El-Sayed A., Laila H., 2016. Development of immunization trials against *Eimeria spp*. *Trials in Vaccinology* 5 : 38-47.
- Tewari A., Maharana B., 2011. Control of poultry coccidiosis : changing trends. *Journal of Parasitic Diseases*.

Tona, L., Ngimbi, P., Tsakala, M., Mesia, K., Cimmanga K., Apers S., De Bruyne T., 1999. Antimalarial Activity of 20 Crude Extracts from nine African Medicinal Plants used in Kinshasa Congo. *Journal of Ethnopharmacology*, 68: 193-203.

Tyler S., Treeck M. et Boothroyd C., 2011. Focus sur le meneur : le rôle de l'AMA1 dans l'invasion et la réplication des apicomplexes. *Tendances Parasitol*, 27 : 410-20.

Yang W., Tien J., Chung Y., 2015. Effect of *Bidens pilosa* on infection and drug resistance of *Eimeria* in chickens. *Research in Veterinary Science*, vol. 98, pp. 74-81 pp.

Effet de l'incorporation du Mil, du sorgho ou du maïs dans l'alimentation sur les performances zootechniques des pintadeaux au Niger**Nouri Brah^{1*}, Issa Chaibou², Ouseini Moussa Hassan² et Abdoul Rachidou Sodo Daka²**¹Centre Régional de la Recherche Agronomique (CERRA) de Maradi, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP: 420, Maradi, Niger²Département des Sciences et Techniques d'Elevage, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM) BP : 465, Maradi, Niger***Auteur correspondant** : Nouri Brah, brahnouri@yahoo.fr, (+227) 96126256 / 90999066**RESUME**

La pintade présente une plus grande valeur marchande par rapport au poulet. Cependant, sa productivité est très faible pour satisfaire les demandes des consommateurs. L'alimentation adéquate est un facteur important pour cette productivité. Ce travail vise à évaluer les performances zootechniques des pintadeaux en fonction de la céréale utilisée dans l'alimentation. Cent cinq pintadeaux de race locale âgés d'un jour, non sexés, de poids vif moyen de $25,5 \pm 0,83$ g, ont été répartis de façon aléatoire entre trois traitements alimentaires (Maïs, Mil et Sorgho) avec quatre répétitions par traitement. Les pintadeaux ont été élevés au sol sur litière dans un poulailler du CERRA de Maradi (Niger) pendant huit semaines d'expérimentation. Les paramètres suivis ont été la consommation alimentaire, le poids vif, le gain moyen quotidien et l'indice de consommation. Le logiciel R 4.2.1. a été utilisé pour l'analyse de variance et la comparaison des moyennes au seuil de 5%. Après les 8 semaines d'expérimentation, les résultats ont montré que la céréale utilisée dans l'alimentation n'a pas eu d'effet statistiquement significatif ($P = 0,26$) sur les CA des pintadeaux. Ceux du traitement mil ont eu de PV supérieur de 61,93 et 7.23 g par rapport à ceux des traitements maïs et sorgho respectivement mais cette différence n'a pas été statistiquement significative ($P = 0,09$). Le GMQ permis par le mil a été aussi supérieur aux GMQ permis par le maïs et le sorgho sans différence significative ($P = 0,09$). Les pintadeaux du traitement sorgho ont eu des IC élevés de 0,2 et 0,35 point respectivement par rapport aux IC des pintadeaux du traitement maïs et mil. La céréale à utiliser en alimentation des pintadeaux pour assurer une meilleure performance zootechnique serait par ordre de choix, le mil, le maïs puis le sorgho.

Mots clés : Céréales, performances zootechniques, pintadeaux, Niger**ABSTRACT**

Guinea fowl has a higher market value compared to chicken. However, its productivity is very low to satisfy consumer demands. Adequate nutrition is an important factor for this productivity. This work aims to evaluate the zootechnical performance of guinea fowl according to the cereal used in the diet. One hundred and five one-day-old local breed guinea fowls, unsexed, with an average live weight of 25.5 ± 0.83 g, were randomly distributed among three dietary treatments (maize, millet and sorghum) with four

replicates per treatment. The guinea fowls were raised on the ground on litter at CERRA Maradi (Niger) for eight weeks of experimentation. The parameters monitored were feed intake (FI), live weight (LW), average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR). R 4.2.1 software. was used for the analysis of variance and the comparison of the means at the 5% threshold. After the 8 weeks of experimentation, the results showed that the cereal used in the diet had no statistically significant effect ($P = 0.26$) on the FI of the keets. Those of the millet treatment had higher LW of 61.93 and 7.23 g compared to those of the maize and sorghum treatments respectively, but this difference was not statistically significant ($P = 0.09$). The ADG allowed by millet was also higher than the ADG allowed by maize and sorghum without significant difference ($P = 0.09$). The guinea fowls of the sorghum treatment had high FCR of 0.2 and 0.35 points respectively compared to the FCR of the guinea fowls of the maize and millet treatment. The cereal to be used in guinea fowl feed to ensure better zootechnical performance would be, in order of choice, millet, corn and then sorghum.

Key word: Cereals, keets, Niger, zootechnical performance.

INTRODUCTION

Le secteur de l'élevage pour lequel le Niger a un avantage comparatif indéniable dans la sous-région ouest-africaine (SDDEL, 2013) contribue à plus de 11% dans la constitution du PIB nationale et à plus de 25 % du budget des ménages (FAO, 2010). Cette forte contribution fait de ce sous-secteur une arme efficace dans l'inlassable lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire, en raison non seulement de son apport en produits animaux de haute valeur nutritive mais aussi et surtout par la création d'emplois et de revenus substantiels en milieu rural (SDDEL, 2013). Dans ce secteur, La filière avicole, dominée par l'aviculture traditionnelle (RGAC, 2008), occupe une place très importante dans l'économie des ménages, la sécurité alimentaire et nutritionnelle et la lutte contre la pauvreté. L'effectif du cheptel aviaire est passé de 16.978.445 sujets en 2010 à 19.502.605 en 2017 (DS/MAGEL, 2018), soit un taux de croissance annuel d'environ 2%.

La composante mélagriculture qui concerne l'élevage de la pintade, suscite un intérêt de plus en plus grandissant dans la plupart des pays en développement. Ses produits sont à l'usage de la reproduction, de l'autoconsommation, des dons, des sacrifices et surtout la commercialisation (Sanfo et al., 2007). La pintade présente une plus grande valeur marchande par rapport au poulet et occupe ainsi le second rang avec 26% du cheptel avicole Nigérien, soit 3 194 023 de sujets après la poule 57,5% soit 7 017 579 de sujets (RGAC, 2008).

Contrairement à ce que l'on observe en élevage de poulet, l'élevage de la pintade est connu par des difficultés liées au démarrage des pintadeaux (Boko et al., 2012). L'élevage des pintadeaux fait face à de nombreuses contraintes qui sont d'ordre alimentaire, zootechnique et sanitaire. La mortalité des pintadeaux se situe généralement autour de 70% et dans le pire des cas à 100% en élevage traditionnel

(Dahouda et al., 2009 ; Halbouche, 2010 ; Boko et al., 2012). En effet, l'alimentation est de loin le poste de dépense le plus important (70-80% des coûts de production) et est considérée comme le facteur majeur parmi les obstacles qui freinent son développement en Afrique (Lombo et al., 2018). Cependant, elle joue un rôle déterminant dans la réussite et la rentabilité économique des produits avicoles (Brah et al., 2015). C'est dans ce cadre que s'inscrit cette recherche intitulée afin de mieux influencer les performances zootechniques des pintadeaux.

MATERIELS ET METHODE

Oiseaux et bâtiment

Cent neuf (109) pintadeaux de race locale, non sexés, âgés d'un jour, ont constitué le matériel animal de l'étude. Ils ont été obtenus par incubation artificielle d'œufs collectés issus des pintades reproducteurs de la station du département de production animale du CERRA de Maradi. Ces pintadeaux ont été élevés en deux phases. Une phase démarrage de la 1^{er} à la 4^{ème} semaine et une phase croissance de la 5^{ème} à la 8^{ème} semaine. L'expérimentation a été conduite dans un bâtiment de 11,9 m² (3,50 m x 3,40 m). Le bâtiment a été subdivisé en 12 boxes (6 de chaque côté en laissant une allée) avec du grillage de petite maille. Chaque box a une dimension de 0,56 m² (0,58 m x 0,96 m) chacun. Dans chaque box, une ampoule de 60 Watt a été installée à 50 cm au-dessus du sol pour le chauffage des pintadeaux et maintenir la température du bâtiment entre 30 et 31°C.

Conduite sanitaire et alimentaire

Au début de l'expérimentation, les pintadeaux ont reçu du sucre à une concentration de 5g/l dans l'eau pendant deux jours, l'antistress (Amin Total) à 1g/l d'eau pendant cinq jours et l'antibiotique (Tetracolivit) à 0,5g/l d'eau pendant 5 jours. Par la suite et jusqu'à la fin de l'expérimentation un antistress a été administré un jour avant et le jour de la pesée. Le maïs, le mil, le sorgho sans tanin (IRAT 204), le son de blé, le concentré chair, le tourteau d'arachide, la poudre d'os et l'huile d'arachide ont été utilisés pour formuler les aliments expérimentaux. Ils ont été formulés en maintenant le même taux de céréale dans l'aliment et fournir au moins 2900 kcal d'énergie métabolisable par kg de matière sèche d'aliment pendant toute l'expérimentation et 22% et 20% de protéine brute dans l'aliment respectivement en phase démarrage et croissance (Tableau 1).

Tableau 1 : Composition centésimale et valeurs bromatologique des formules alimentaires utilisées

| Ingrédients (%) | Démarrage (1 – 4 semaines) | | | Croissance (5 – 8 semaines) | | |
|-----------------|----------------------------|---------------|------------------|-----------------------------|---------------|------------------|
| | Ration Maïs | Ration Mil | Ration Sorgho | Ration Maïs | Ration Mil | Ration Sorgho |
| Mil | 0 | 59 | 0 | 0 | 63 | 0 |

| | | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Maïs | 59 | 0 | 0 | 63 | 0 | 0 |
| Sorgho IRAT 204 | 0 | 0 | 59 | 0 | 0 | 63 |
| Son de blé | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| Concentré chair | 16 | 18 | 17 | 14 | 14,5 | 14,25 |
| Tourteau d'arachide | 19 | 17 | 17,5 | 14,5 | 14 | 14 |
| Poudre d'Os | 2 | 2 | 2 | 2,75 | 3 | 2,75 |
| Huile d'arachide | 1 | 1 | 1,5 | 0,75 | 0,5 | 1 |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Valeur nutritionnelle calculée | | | | | | |
| ME (Kcal/KgDM) | 2906,98 | 2931,79 | 2924,26 | 2902,59 | 2911,43 | 2905,71 |
| Protéines(%) | 22,34 | 22,21 | 22,43 | 20,14 | 20,17 | 20,46 |
| Cellulose brute(%) | 3,80 | 3,72 | 3,98 | 3,74 | 3,62 | 3,93 |
| Lysine (%) | 0,95 | 1,14 | 0,93 | 0,84 | 1,02 | 0,81 |
| Méthionine (%) | 0,39 | 0,90 | 0,38 | 0,36 | 0,89 | 0,34 |
| Calcium (%) | 1,13 | 1,20 | 1,17 | 1,29 | 1,39 | 1,31 |
| PNP(%) | 0,54 | 0,57 | 0,50 | 0,60 | 0,66 | 0,55 |

Dispositif expérimental et données collectées

Les pintadeaux ont été élevés au sol sur litière en coque d'arachide pendant les 8 semaines d'expérimentation. Ils ont été repartis de façon aléatoire dans les 12 boxes avec 8 à 9 pintadeaux par box. L'eau et l'aliment ont été distribués ad libitum. Les trois formules alimentaires (maïs, mil, sorgho) ont été répartis au hasard dans les boxes avec 4 répétitions. Les paramètres suivis ont été: (i) l'ingestion d'aliment, (ii) le poids vif, (iii) le gain moyen quotidien et (iv) l'indice de consommation.

L'évaluation de l'ingestion d'aliment a été faite par la différence entre les quantités distribuées et les quantités refusées. Dans chaque box, la consommation alimentaire moyenne par pintadeau exprimée en gramme (g) par jour (j) a été obtenue en divisant la quantité totale consommée par le nombre des pintadeaux de la journée.

Au début de l'expérimentation, le poids a été déterminé afin d'avoir le poids moyen des pintadeaux au démarrage. Chaque semaine, tous les pintadeaux par lot ont été pesés pour établir la courbe de tendance de croissance durant l'expérimentation. A la fin de la période de démarrage (4 semaines) et de l'expérimentation (8 semaines) tous les pintadeaux de chaque lot ont été pesés individuellement. Ainsi, le poids vif moyen en gramme (g) au début de l'expérimentation, à 4 semaines et à 8 semaines a été déterminé en faisant le rapport du poids total en g des sujets d'un même lot et l'effectif total du lot.

A l'aide des mesures de poids par période, le gain moyen quotidien (GMQ) du pintadeau entre deux pesées a été calculé en faisant le rapport du gain moyen pendant une période sur la durée en jours. Le GMQ exprime la vitesse de croissance des pintadeaux en grammes par jour (g/j) durant cette période

L'indice de consommation (IC) a été calculé en faisant le rapport entre la quantité moyenne d'aliment consommé par le pintadeau sur une période donnée et le gain de poids moyen de ce pintadeau correspondant à cette période.

L'IC en kilogramme (kg) d'aliment par kg de poids vif traduit la quantité d'aliment en kg nécessaire pour produire 1 kg de poids vif durant cette période.

Traitement et analyse statistique des données

Les données collectées ont été saisies sous l'Excel 2016. Le logiciel R était utilisé pour effectuer l'analyse de variance des performances zootechniques suivie de la comparaison des moyennes arithmétiques par le test de Student-Newman-Keuls (SNK) pour déceler les effets des traitements. Les moyennes ont été comparées au seuil de 5%.

RESULTATS ET DISCUSSION

Ingestion d'aliment

En phase démarrage comme en phase croissance, l'aliment à base de sorgho a été mieux consommé par les pintadeaux (Tableau 2). Celui à base du maïs a eu la plus faible quantité ingérée par les pintadeaux. Cependant la différence n'a pas été statistiquement significative ($P > 0,05$). En considérant toute la durée de l'expérimentation, les pintadeaux du traitement sorgho ont eu la plus grande ingestion d'aliment et ont dépassé les ingestions des pintadeaux des traitements maïs et mil respectivement de 19,04 et 5,69 g/j, mais sans différence statistiquement significative ($P = 0,26$). Le changement de la céréale dans les rations de cette étude n'a pas influencé significativement l'ingestion alimentaire des pintadeaux. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les concentrations énergétiques et de taux de protéine brute (PB) sont similaires. Des variations d'ingestion d'aliment des pintadeaux ont été rapportées avec des aliments variant dans leur composition surtout en énergie et en protéine brute. Une augmentation de la densité énergétique variant de 3050 à 3150 kcal/ kg d'aliment a baissé l'ingestion des pintadeaux de chair (Nahashon et al, 2005). Tjetjoo et al (2013) ont constaté que l'aliment témoin contenant 20% de PB au démarrage et 18% en croissance a été significativement moins consommé par les pintadeaux que les aliments à base de maïs, mil au sorgho qui ont 24% de PB en phase démarrage et 20% en phase croissance. La quantité d'aliment ingéré par pintadeau de cette étude a été supérieure aux quantités ingérées par les pintadeaux locaux rapportées par Ouattara et al (2016) avec des taux de PB variant de 17,5 à 20% et aux 16 g/j rapporté par Dei et al (2009) avec 21% de PB. en milieu rural. Cela pourrait être lié à la teneur en PB, car une augmentation d'ingestion des pintadeaux avec l'augmentation du taux de PB de 21 à 25% a été rapportée par Nahashon et al, 2005.

Tableau 2 : ingestion d'aliment (g/j) des pintadeaux en fonction de la céréale

| Paramètres | Maïs | Mil | Sorgho | P-value |
|------------|------------|------------|------------|---------|
| Démarrage | 9,73±1,14 | 10,94±0,5 | 10,37±0,84 | 0,25 |
| Croissance | 19,65±1,36 | 22,02±2,64 | 22,94±2,49 | 0,29 |
| Moyenne | 14,69±5,52 | 16,48±6,20 | 16,65±6,93 | 0,26 |

Poids vif des pintadeaux

Le tableau 3 présente l'évolution pondérale des pintadeaux alimentés avec les rations expérimentales. Le poids initial des pintadeaux a été similaire pour tous les trois rations alimentaires. En fin de la période de démarrage, les pintadeaux nourris de l'aliment à base du mil ont eu le poids vif le plus élevé et ont dépassé les pintadeaux des traitements maïs et sorgho respectivement de 25,80 et 7,65 g. Cette différence a été statistiquement significative ($P = 0,03$). En fin de l'expérimentation, les pintadeaux du traitement mil ont aussi eu le poids vif le plus élevé de 61,95 et 7,23 g comparativement aux pintadeaux des traitements maïs et sorgho respectivement. Cela pourrait être lié à la teneur en lysine et méthionine qui est théoriquement supérieure aux teneurs contenues dans les aliments à base de maïs et du sorgho. En effet, les pintadeaux ont un meilleur poids vif avec une teneur en lysine variant de 0,8 à 1,04 dans leur aliment (Portillo-Salgado et al, 2022). Une supplémentation de l'aliment en méthionine favorise une amélioration de la performance de croissance des volailles (Bunchasak, 2009). Ces résultats sont supérieurs à ceux de Houndonougbo, (2017) à l'âge de 4 semaines., mais inférieurs aux 458 à 468 g rapporté par Victoria et Bassey (2018) sur des pintadeaux améliorés de 8 semaines..

Tableau 3 : Evolution pondérale des pintadeaux en fonction de la céréale dans leur aliment

| Paramètres | Ration Maïs | Ration Mil | Ration Sorgho | P-value |
|---------------|--------------|---------------|----------------|---------|
| Poids initial | 25,74±101 | 25,03±1.13 | 25,74±0.38 | 0,46 |
| Démarrage | 109,95±6,22b | 135,75±12,57a | 128.10±14,42ab | 0,03 |
| Croissance | 274,88±16,26 | 336,83±47,49 | 329,60±44,05 | 0,09 |

a, b : les moyennes avec les mêmes lettres sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes ($P > 0,05$).

Gain Moyen Quotidien (GMQ)

Le Gain Moyen Quotidien (GMQ), pendant la période de démarrage, des pintadeaux I diffèrent significativement en fonction des rations alimentaires ($P = 0,02$) (Tableau 4). La ration à base du mil a induit le plus grand GMQ à cette phase. Durant la phase croissance, les pintadeaux ingérant les aliments à base du mil et de sorgho ont eu des GMQ similaires (Tableau 4) et ont les valeurs supérieures à celle les pintadeaux qui ont consommé l'aliment à base de maïs. En considérant toute la durée de l'expérimentation, les pintadeaux ingérant l'aliment à base du mil ont eu un GMQ moyen plus élevé et ce GMQ a été supérieur sans différence significative ($P = 0,09$) aux GMQ moyens des pintadeaux consommant les aliments à base du maïs et du sorgho respectivement de 1,12 et 0,14 g/j. Le niveau de

protéine brute dans les aliments a permis de satisfaire les besoins nutritionnels des pintadeaux et d'avoir des gains de poids similaire quel que soit la céréale utilisée dans l'alimentation des pintadeaux. En effet la réduction de la teneur en protéine de 21,48 à 19,11% a entraîné une diminution du gain de poids de 5,8% à la 4^{ème} semaine (Lombo et al., 2015), mais l'augmentation de la teneur en protéine de 24 à 25% avec un même niveau d'énergie n'a pas augmenté significativement le gain de poids des pintadeaux (Amoah et al, 2018). Ces résultats sont similaires aux 4,50 g chez les mâles et 5,51 g chez les femelles trouvés par (Sanfo et al., 2015) en milieu contrôlé au nord du Burkina Faso durant deux à quatre mois d'expérimentation. Mais inférieur à ceux rapportés par Halbouche et al. (2010).

Tableau 4 : Evolution du GMQ (g/j) des pintadeaux en fonction de la céréale dans leur aliment

| Paramètres | Maïs | Mil | Sorgho | P-value |
|------------|------------|------------|-------------|---------|
| Démarrage | 3,01±0,24b | 3,95±0,42a | 3,65±0,52ab | 0,02 |
| Croissance | 5,89±0,50 | 7,18±1,49 | 7,19±1,09 | 0,21 |
| Moyenne | 4,44±0,28 | 5,56±0,85 | 5,42±0,78 | 0,09 |

a, b, : les moyennes avec les mêmes lettres sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes (P > 0,05).

Indice de consommation

En phase démarrage, les pintadeaux locaux nourris avec le traitement mil ont eu le meilleur indice de consommation (IC) suivi de ceux du traitement sorgho. Ceux du traitement maïs ont eu le plus grand indice de consommation (Tableau 5). Durant la période croissance, c'était les pintadeaux du traitement maïs qui ont eu le meilleur IC et ceux du sorgho le plus grand IC. Mais cette différence n'a pas été statistiquement significative (P = 0,54). En moyenne, durant les 8 semaines d'expérimentation, l'aliment sorgho a induit le plus grand indice de consommation et a été supérieur aux IC induits par les aliments maïs et mil respectivement de 0,2 et 0,35 kg d'aliment / kg de poids vif. Cependant cette différence n'a pas été statistiquement significative au seuil de 5% (P = 0,58). Tjetjoo et al (2013) n'ont pas aussi constaté de différence entre les indices de consommation induit par les différentes céréales. Mais l'aliment témoins contenant moins de teneur de protéine brute a induit la plus faible indice de consommation que les aliments contenant les céréales. En effet, Seabo et al (2011) ont rapporté une augmentation de l'indice de consommation avec la diminution de la teneur en protéine brute de l'aliment. Les indices de consommation obtenus dans la présente étude sont similaires à ceux obtenus par Houndonougbo, (2017) en 13 semaines et Halbouche et al., (2010) à 7 semaines.

Tableau 5 : Evolution de l'IC des pintadeaux en fonction de la céréale dans leur aliment

| Paramètres | Maïs | Mil | Sorgho | P-value |
|------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Démarrage | 3,67±0,46 | 3,17±0,23 | 3,47±0,54 | 0,31 |
| Croissance | 3,40±0,91 | 3,60±0,81 | 3,98±0,34 | 0,54 |
| Moyenne | 3,53±0,46 | 3,38±0,48 | 3,73±0,40 | 058 |

CONCLUSION

Pendant les huit semaines d'expérimentation, la céréale utilisée dans l'alimentation n'a pas statistiquement les performances zootechniques des pintadeaux. Cependant, l'aliment à base du mil a plus influencé le poids vif, le gain moyen quotidien et a présenté le meilleur indice de consommation que les autres aliments. Le gain moyen quotidien des pintadeaux ingérant l'aliment à base de sorgho a été supérieur que celui des pintadeaux ingérant l'aliment à base de maïs, mais l'indice de consommation des pintadeaux consommant l'aliment à base du maïs a été meilleur que celui des pintadeaux élevés avec l'aliment à base du sorgho. Pour un choix de céréale dans l'alimentation des pintadeaux le mil serait le mieux indiqué et après le maïs et le sorgho.

REFERENCES

- Amoah O. K., Nyameasem K., J., Asiedu P., Adu-Aboagye A., G., Wallace P., Ahiagbe J., M., K., et Rhule A., W., S. 2018.** Protein and energy requirements for indigenous guinea keets (*Numida meleagris*) in southern Ghana Ghana J. Agric. Sci. 52, 105-111
- Boko K.C., Kpodekon T.M., Dahouda M., Marlier D., et Mainil J.G., 2012.** Contraintes techniques et sanitaires de la production traditionnelle de pintade en Afrique subsaharienne, *Ann. Méd. Vét.*, 156 : 25-36.
- Brah N., Houndonoubo M.F et Issa. S., 2015.** Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille: une synthèse bibliographique: *Int. J. Biol. Chem.I Sci.*, 9(6): 2924-2031.
- Bunchasak C. 2009.** Role of dietary methionine in poultry production.. Japan Poultry Science, 45, 169-179
- Dahouda M., 2009.** Contribution à l'étude de l'alimentation de la pintade locale au Bénin, et perspectives d'améliorations à l'aide de ressources non Conventionnelles, thèse en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences vétérinaires-orientation sante et productions animales, Université de Liège, faculté de médecine vétérinaire département des productions animales service de nutrition des animaux domestiques, 191p.
- Dei H.K., Alidu I., Otchere O. E., Donkoh A., Boa-Amponsem K et Adam I. 2009.** Improving the brooding management of local guinea fowl (*Numida meleagris*) *Family Poultry Vol. 18, No. 1&2, 3 – 8*
- FAO, 2010.** Revue du secteur de l'élevage au Niger, FAO, Rome Italie

- Halbouche M., Didi M., Bourezak N., et Lamari S., 2010.** Performance de Ponte, de Reproduction et de Croissance de la Pintade Locale (*Numida Meleagris*) en Algérie, *Eur. J. Sci. Res*, 47 (3): 320-333.
- Houndonougbo V.P., 2017.** Caractérisations phénotypiques des populations de pintades (*Numida meleagris*) locales élevées au Bénin, thèse en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique, Université de Liège Gembloux Agro-BioTech, 153p.
- Lombo Y., Tona K., Talaki E., et Bonfoh B., 2018.** Effet de l'alimentation sur la croissance des pintadeaux au nord du Togo, *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 12 (5): 2109-2118.
- SDDEL 2012-2035, 2013.** Stratégie de Développement Durable de l'élevage, Ministère de l'élevage, République du Niger, 77p
- Nahashon S.N., Adefope N., Amenyenu A. and Wright D., 2005.** Effect of varying metabolizable energy and crude protein concentrations in diets of Pearl Grey guinea fowl pullets: Growth performance, *Poultry. Sci.*, 85 :1847-1854.
- Ouattara S., Bougouma-Yaméogo, V.M.C., Nianogo A.J., et Savadogo B., 2017.** Influence de la substitution des graines de soja (*Glycine max*) par celles de niébé (*Vigna unguiculata*) et du taux de protéines du régime sur les performances des pintadeaux de race locale au Burkina Faso, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays. Trop.*, 69 (3) :117-123.
- Portillo-Salgado R., Bautista-Ortega J., Chay-Canul J. A., Sánchez-Casanova E. R., Segura-Correa C. J., Cigarroa-Vázquez A. F. 2022.** Factors Affecting Productive Performance Of Guinea Fowl: A REVIEW. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 25 (2022): #079. <http://doi.org/10.56369/tsaes.3861>
- RGAC., 2008.** Analyse des résultats des enquêtes sur les marchés à bétail et le cheptel aviaire, Recensement général de l'agriculture et du cheptel 2005-2007, 99p.
- Sanfo R., Boly H.H., Sawadogo L., Ogle B. 2007.** Poids de l'œuf de la pintade locale (*Numida meleagris*) dans la région centrale du Burkina Faso: rapports avec les variables de l'incubation artificielle et la production des pintadeaux. *Tropicultura*, 25(3), 184-188
- Seabo, D., Moreki, J.C., Bagwasi, N. et Nthoiwa, G.P. 2011.** Performance of guinea fowl (NUMIDA MELEAGRIS) fed varying protein levels. *Online J. Anim. Feed Res.*, 1(6): 255-258.
- Tjetjoo U., S, John Cassius Moreki C., J.,Nsoso J., S. and Madibela R., O.2013.** Growth Performance of Guinea Fowl Fed Diets Containing Yellow Maize, Millet and White Sorghum as Energy Sources and Raised under Intensive System, *Pak. J. of Nutr.* 12 (4): 306-312,
- Victoria N E. et Bassey O., A. 2018.** Growth performance and carcass characteristics of the black and pearl guinea fowl (*numida meleagris*) and their crosses *Global journal of pure and applied sciences.* 24: 11-16: <https://dx.doi.org/10.4314/gjpas.v24i1.2>

Etude comparative des techniques de conservation du poisson dans le débarcadère de Mballing au Sénégal

Serigne Modou SARR^{1*} et Elhadhji Gora SARR¹

¹Université Alioune Diop, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Sénégal

*Auteur correspondant : serignemodou.sarr@uadb.edu.sn

RESUME

Au Sénégal, la transformation artisanale du poisson s'impose comme seul moyen de conservation relativement simple pour limiter les pertes post capture et faire face aux surplus des débarquements invendus. Cependant, des préoccupations subsistent quant à la qualité hygiénique des produits finis. C'est dans ce contexte que nos travaux ont porté sur une étude comparative des techniques de conservation du poisson pour contribuer à l'amélioration de la qualité. Il s'agit d'une étude transversale quantitative et qualitative par questionnaire. Soixante (60) transformateurs de poissons frais ont été enquêtés sur le site. Les résultats obtenus montrent que l'essentiel des transformateurs sont des femmes avec 83,34% d'illettrées. Seulement 16,67% ont déclaré avoir reçu une formation en hygiène. Le braisage reste la technique de transformation la plus dominante et le plus rentable dans ce site avec 53,34% des cas. Cependant, le produit fini du braisage reste le plus sujet aux parasitages. Tous les transformateurs nettoient les poissons avant de les soumettre au braisage, au salages ou à la fermentation. bien que le sel soit utilisé dans tous les processus de transformation, néanmoins 46,67% des enquêtés mentionnent l'importance du dosage. Les techniques de transformations concernent les produits fermentés séchés, le poisson salé séché, les produits braisés séchés et les autres produits séchés. L'utilisation fréquente de pesticides notamment des insecticides, fongicides ou acaricides est notée pour prolonger la durée de conservation du poisson transformé. Les produits fermentés-séchés ont la plus longue durée de conservation. Les paniers fabriqués à partir du limbe de la feuille de rônier sont les plus utilisés pour le conditionnement, représentant 71,17%. Parmi les principales contraintes notées nous pouvons citer : le manque d'eau potable, les difficultés d'approvisionnement en poisson frais, le déficit d'équipements, ainsi que les problèmes liés à la fumée. Il est impératif de développer des procédés de transformation et de conservation durable du poisson sans utilisation de produits chimiques dangereux pour la santé humaine

Mots clés : transformation, conservation, poisson, pesticide, qualité

Abstract

In Senegal, artisanal fish processing is essential as the only relatively simple means of conservation to limit post-harvest losses and deal with surpluses from unsold landings. However, concerns remain about the hygienic quality of finished products. It is in this context that our work focused on a comparative study of fish preservation techniques to contribute to improving quality. This is a quantitative and qualitative cross-sectional study by questionnaire. Sixty (60) fresh fish processors were surveyed on the site. The results obtained show that the majority of processors are women with 83.34% illiterate. Only 16.67% reported having received hygiene training. Braising remains the most dominant and profitable processing technique in this site with 53.34% of cases. However, the finished braising product remains the most subject to parasites. All processors clean the fish before subjecting them to braising, salting or fermentation. although salt is used in all processing processes, nevertheless 46.67% of respondents mention the importance of the dosage. The processing techniques concern dried fermented products, dried salted fish, dried braised products and other dried products. The frequent use of pesticides, particularly insecticides, fungicides or acaricides, is noted to extend the shelf life of processed fish.

Fermented-dried products have the longest shelf life. Baskets made from the blade of the palm tree leaf are the most used for packaging, representing 71.17%. Among the main constraints noted we can cite: the lack of drinking water, the difficulties in supplying fresh fish, the lack of equipment, as well as the problems linked to smoke. It is imperative to develop sustainable fish processing and conservation processes without the use of chemicals dangerous to human health..

Keywords: processing, conservation, fish, pesticide, quality

Introduction

La production halieutique nationale a atteint 509 215,7 tonnes en 2016 (Dème et al, 2022). Bien que l'essentiel des captures provienne de la pêche artisanale maritime (94,7%), les contraintes socio-économiques causent d'énormes pertes post capture, estimées à hauteur de 25% alors que paradoxalement la ressource se raréfie de plus en plus. La transformation artisanale s'impose comme seul moyen de conservation relativement simple face aux surplus des débarquements invendus et aux déchets notamment des poissons non destinés à la consommation ou en début de détérioration. . Par ailleurs, la consommation du poisson frais est prédominante dans les grands centres urbains, contrairement aux zones rurales, où l'absence de piste de production pour le transport du produit et l'indisponibilité de la glace rendent très difficile l'approvisionnement régulier en produits halieutiques frais. Pour pallier à cela, le poisson est transformé par diverses techniques traditionnelles telles que le salage, la fermentation, le séchage et le braisage afin de prolonger sa conservation. C'est ainsi que les activités de transformation artisanale se sont développées près des lieux de débarquement de la pêche artisanale, initialement comme moyen de valorisation des surplus, puis évoluant en une véritable activité économique. Dans certains lieux ou à certains moments, cela a conduit à une concurrence entre les mareyeuses et les transformatrices pour l'achat du poisson. Malgré les efforts que déploient chaque année les femmes pour limiter les pertes post capture en procédant à la conservation du poisson frais par diverses techniques traditionnelles, il y a eu très peu d'intervention directe en vue d'une meilleure connaissance de l'activité de transformation artisanale du poisson. Cette dernière fait face à plusieurs contraintes, notamment des questions d'hygiène, d'innocuité et de conservation du produit fini. Les défis incluent le manque de moyens financiers pour acquérir un matériel de fumage adéquat, le faible niveau de formation des femmes en techniques de fumage et les difficultés d'approvisionnement en poisson frais durant les périodes de captures insuffisantes (Ndiaye et Ouadi-Diéi, 2009).

Ainsi, compte tenu de l'importance de cette filière, les préoccupations concernant la qualité du produit fini et le nombre important de pertes post capture estimées à hauteur de 25% motivent nos travaux de recherche qui se concentre sur une étude comparative des techniques de conservation du poisson dans le débarcadère de Mballing dans le Département de Mbour au Sénégal. L'objectif général de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la qualité du produit fini afin de mieux répondre aux attentes des consommateurs. les objectifs spécifiques comprennent la caractérisation socio-économique des transformateurs du site de Mballing ; la compréhension des différentes techniques de conservation du poisson utilisées dans ce site ; l'étude de l'utilisation des pesticides dans le processus de conservation du poisson, et l'identification des contraintes dans le processus de transformation ;

1. Matériels et méthode

1.1. Matériels

II.1. Présentation du site

Le village de Mballing est situé à la sortie sud de Mbour, sur la route de Joal, à 82 km au Sud-Est de Dakar. Elle est localisée en bordure de l'océan Atlantique, sur une côte sableuse. Il est limité au nord-ouest par le village de Warang et à l'ouest par le village de Sidibougou. le village de Mballing a une altitude de 2 mètres. Il est compris entre la latitude : 14° 22' 44,8" (14,3791°) nord et la longitude : 16° 56' 52,2" (16,9478°) ouest. La zone Mballing est l'un des plus grands sites de transformation des produits halieutiques du Sénégal (Figure 9).



Figure 10: La zone de Mballing (NIOM, 2018)

II.1.2. matériel biologique

Le poisson est constitué de 15 à 24% de protéines selon les espèces. Les protéines du poisson se caractérisent par leur teneur importante en acides aminés essentiels, notamment en lysine (Bodin, 1997). Selon Bodin (1997) la proportion de lipides dans le poisson varie fortement selon que le poisson considéré est maigre (1,5%) comme le merlan ou gras (8%) chez les poissons gras comme la sardine ou le maquereau. Le poisson est l'un des produits animaux les plus difficiles à conserver (Rouabhi, 2009). A l'état post mortem et suite à l'autolyse, les enzymes digestives détruisent la barrière intestinale et de ce fait permettent la dissémination des germes. Ces microorganismes sont de nature psychotropes, ce qui explique leur action même à basse température. Ce type d'altération peut aboutir à la formation d'un produit toxique : l'histamine, par décarboxylation de l'histidine (Bourgeois et Leveau, 1991).

II.2.1. Matériels de collecte

Le matériel d'étude comprend un guides d'entretien et un questionnaire pour la collecte d'informations. Ces outils ont permis de collecter des données qualitatives et quantitatives.

II.2. Méthodologie

II.2.3. Echantillonnage

Les informations suivantes ont été recueillies sur les femmes transformatrices: leurs caractéristiques (identification, niveau d'étude,...) les matériels de transformation, le statut de l'activité, l'organisation de l'approvisionnement, les principaux produits, les techniques de transformation, la commercialisation des produits finis, la marge que leur rapporte l'activité, l'utilisation des pesticides, le mode de nettoyage, d'emballage, la durée de conservation

Tableau 4: Nombre de transformateurs enquêtés par rapport à la technique de transformation utilisée

| Type de technique utilisée | Nombre | Pourcentage |
|----------------------------|--------|-------------|
| Braisage | 32 | 53,34% |
| Fermentation séchage | 18 | 30% |
| Salage séchage | 10 | 16,66% |
| Totale | 60 | 100% |

II.2.4. Traitement des données issues de l'enquête

Le traitement des données et les calculs de différents résultats ont été possible grâce à l'utilisation du logiciel XLSAT et du tableur EXCEL pour la réalisation des figures.

Résultats

L'essentiel des travailleurs du site de transformation de Mballing est de la gent féminine. En effet, 83,34% sont des femmes contre seulement 16,66% pour les hommes.

Ainsi les résultats montrent que les transformateurs ont pour la plupart fréquenté l'école coranique (45%). Puis (39,4%) sont analphabètes soit après cumul 84,4% n'ayant pas fréquenté l'école française. En effet, seul 9% des transformateurs ont atteint le niveau primaire, 4,60% le niveau secondaire et 3% le niveau supérieur c

Pour l'âge des transformateurs enquêtés varie entre 25 et 70 ans et la tranche d'âge la plus représentative est de 55-65 ans- avec un taux de 35%. Il faut noter que les femmes de plus de 65 ans occupent une place non négligeable (10 %) dans notre échantillon ce qui témoigne du dynamisme et de l'ancienneté dans l'activité de transformation à Mballing. Les plus jeunes de 25 à 35 ans (10 %) s'adonnent à cette activité parce que leur mère ou une parente proche (tante) sont des transformatrices.

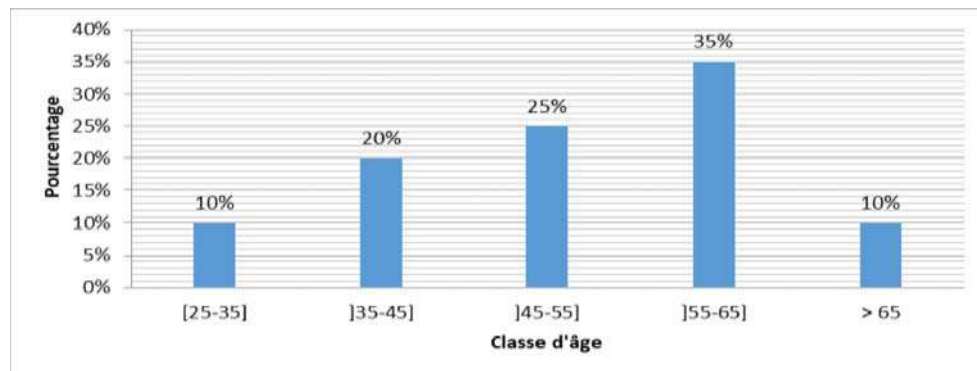


Figure 11: Age des transformateurs

Les acteurs de la transformation des produits halieutiques du site de Mballing appartiennent à différentes ethnies. L'ethnie la plus dominante reste le wolof avec 30% de l'effectif suivi de près par les lébous qui représentent 28,33% et les sérères pour 25%. Les toucouleurs et les mandingues sont minoritairement représentés avec respectivement 10% et 6,67%.

Les résultats ont montré un déficit important d'équipements à Mballing (Figure11). En effet, on constate que pour ceux qui s'activent dans le braisage seul 25% disposent d'un four traditionnel, tandis que pour la fermentation seule 30% ont une cuve de saumure. Par contre pratiquement toutes les personnes enquêtées disposent d'une claie de séchage avec un pourcentage significative de 83,33%.

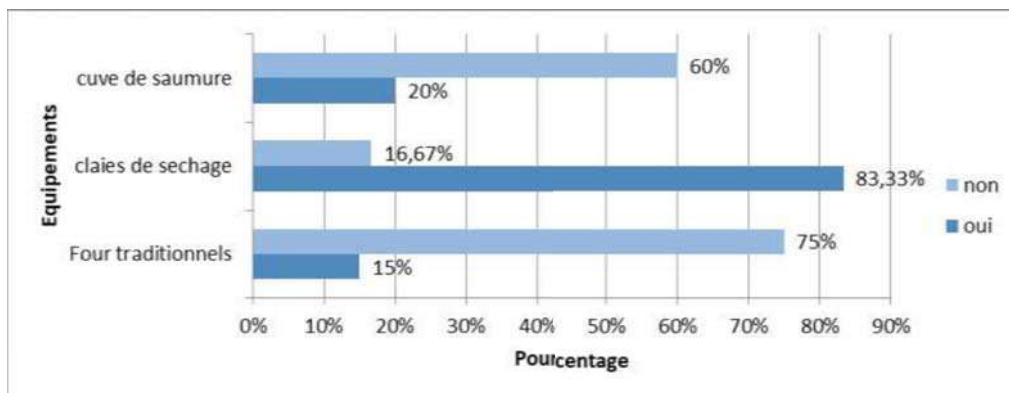


Figure 12: Biens en équipements des transformateurs

Cependant près de 35% des transformateurs ont un revenu compris entre 300 000 et 400 000 FCFA, seul 6,67% ont un revenu inférieur à 100 000 FCFA sans pour autant oublier la classe qui a des revenus non négligeables représentée à hauteur de 5% avec un montant de plus de 500 000 FCFA. En somme, plus de 95% des transformateurs ont un apport financier inférieur ou égal à 500 000 FCFA, ce qui est relativement faible.

Pour les procédés de transformation, les résultats ont montré que la technique de conservation la plus utilisée est le braisage à cause de la rentabilité du produit obtenu avec un taux de 53,34%. Puis s'en suivent la fermentation et le salage avec respectivement 30% et 16,66%. Par ailleurs, tous les transformateurs font le séchage.

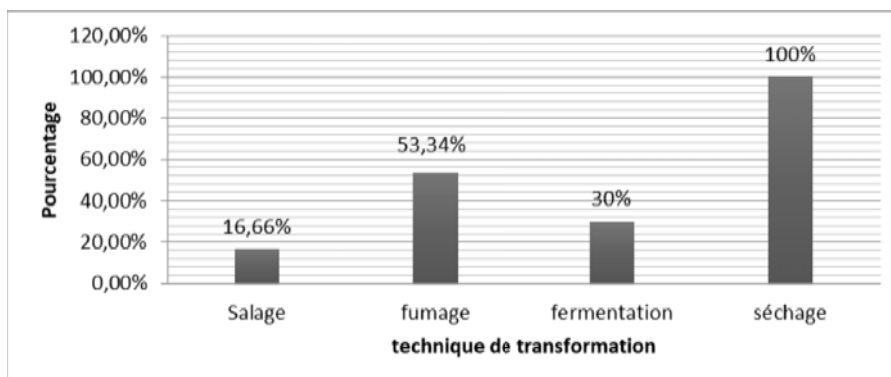


Figure 13: Technique de transformation utilisée

Ainsi l'inventaire des poissons transformés ont montré que dans le site de Mballing, 19 espèces ont été identifiées dont 3 spécifiques pour le braisage et 13 pour la fermentation et 3 pour le salage.

Tableau 5: Liste des espèces spécifiques au braisage

| Espèce Noms scientifiques | Familles | Noms locaux |
|------------------------------|-----------|---------------|
| <i>Sardinella aurita</i> | Clupéidés | Yaboy meureug |
| <i>Sardinella maderensis</i> | Clupéidés | Yaboy tass |
| <i>Ethmalosa fimbriata</i> | Clupéidés | Cobo |

Tableau 6: Liste des espèces fermentées séchées

| Espèce Noms scientifiques | Familles | Noms locaux |
|---------------------------------|---------------|-------------|
| <i>Cynoglossus senegalensis</i> | Cynoglossidae | Sole tapalé |
| <i>Pseudupeneus prayensis</i> | Mullidae | Ngor sikim |
| <i>Pomadasys jubelini</i> | Haemulidae | Sompatt |
| <i>Arius latisculatus</i> | Ariidae | Kong |
| <i>Galeoides decadactylus</i> | Polynemidae | Ceekem |
| <i>Caranx hippos</i> | Carangidae | Saka |
| <i>Argyrosomus regius</i> | Sciaenidae | Beere |
| <i>Sparus coeruleostictus</i> | Sparidae | Waragne |
| <i>Selar crumenophthalmus</i> | Carangidae | Djey |
| <i>Sphyaena dra</i> | Sphyaenidae | Seedeu |
| <i>Mugil cephalus</i> | Mugilidae | Gis |
| <i>Sciaena umbra</i> | Sciaenidés | Naw naw |
| <i>Lutjanus agennes</i> | Lutjanidae | Yaax |

Tableau 7: Liste des espèces salées séchées

| Espèce Noms scientifiques | Familles | Noms locaux |
|------------------------------|-----------------|-------------|
| <i>Epinephelus aeneus</i> | Seranidés | Thiof |
| <i>Carcharhinus limbatus</i> | Charcharhinidae | Gaindé |
| <i>Dasyatis pastinaca</i> | Dasyatidae | Raie |

III.1.3.3. Mode de nettoyage

Soixante (60) enquêtés 100 % déclarent nettoyer le poisson. Parmi eux 18 soit 30 % l'écaillaient, l'éviscéraient et le rinçaient avec de l'eau ; 50% le nettoyaient avec de l'eau salée et 20 % le lavaient à l'eau seulement.

III.1.3.4. Dosage du sel

La figure 15 montre que le sel entre dans toutes les techniques de transformation du poisson utilisées par les acteurs. Cependant, on constate sur les 60 personnes enquêtées, 28 (soit 46,67%) dosent le sel durant le processus de conservation dont 20 qui font le braisage. Les personnes qui ne font pas le dosage sont représentées à hauteur de 53,33%.

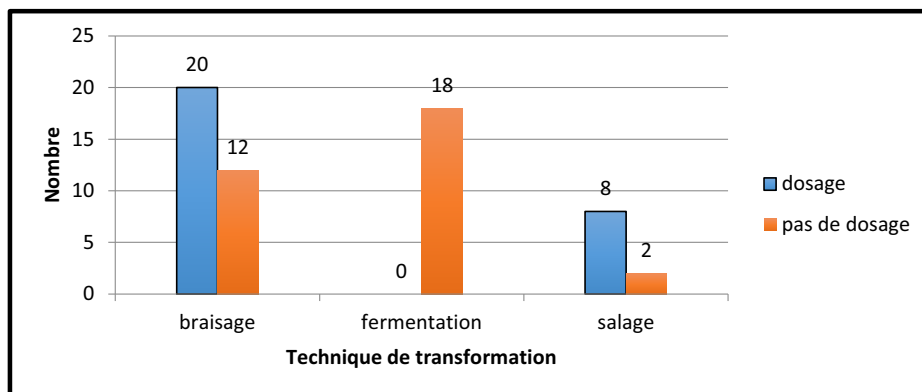


Figure 14: Dosage du sel dans le processus de transformation

Pour la qualité du produit, les réponses fournies, 60% pensent que le poisson braisé est la catégorie la plus attaquée par les parasites contre 25% qui se prononcent pour le poisson salé séché et 15% pour le poisson fermenté séché.

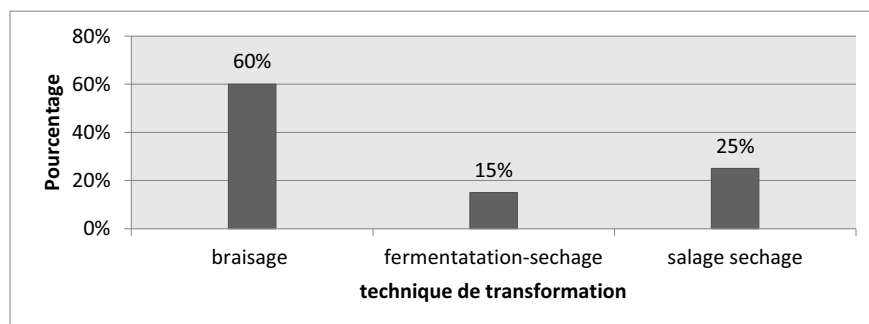


Figure 15: Infestation du produit

Pour leurs niveaux de connaissance des pesticide, les résultats obtenus indiquent que 48 des transformateurs enquêtés soit 78,25% méconnaissent les produits chimiques utilisés dans la conservation du poisson transformé. Même parmi les 5 transformateurs qui prétendent avoir une connaissance des produits chimiques, la nature exacte du produit chimique utilisé demeure inconnue pour eux. L'utilisation du terme générique « poudre » par ces enquêtés ne fournit pas d'informations précises sur le nom spécifique du produit en question.

Par contre les personnes enquêtées affirment qu'un bon emballage est nécessaire pour une bonne conservation de toute denrée. La figure 18 montre que 71,17% des enquêtés conservent le produit fini dans des paniers localement fabriqués et le reste utilise soit un carton ou un sac de riz vide.

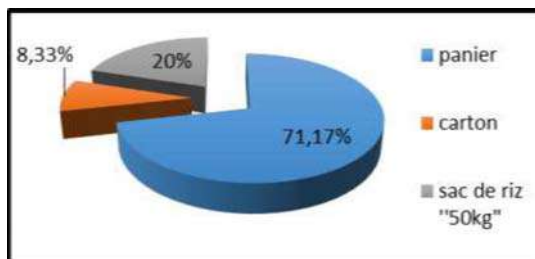


Figure 16: Mode d'emballage du produit fin

Les résultats de l'enquête ont montré que la filière rencontre des difficultés d'ordre social, économique, environnemental et de sécurité sanitaire.

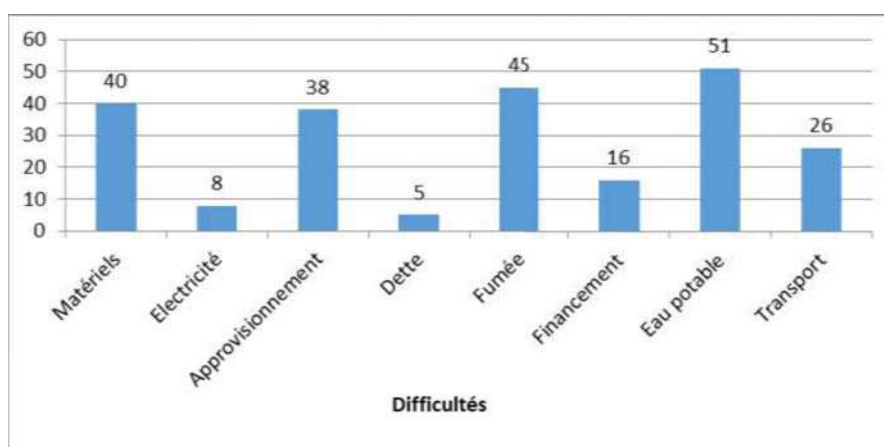


Figure 22: Identification des contraintes

Discussion

L'étude a montré que la transformation des produits halieutiques est essentiellement une activité féminine. Il s'agit, en effet, traditionnellement d'un métier que pratiquaient uniquement des femmes dans les zones côtières. Avec l'essor de la filière, il est fréquent de voir des hommes engagés initialement comme manœuvres sur les sites devenir de véritables acteurs concurrençant sérieusement les dames. Cette concurrence est affirmée par les enquêtes d'Adanle (2000), 50 % des hommes interrogés (un sur deux) reconnaissent que leur présence gêne les femmes mais pensent qu'à la longue, ne visant pas les mêmes marchés, ils pourront mieux cohabiter et spécifier leurs rôles respectifs. Selon Dème et al. (2003), leur reconversion est motivée par les gains importants générés par la filière ainsi que par les demandes croissantes du marché intérieur et sous régional.

Le niveau d'alphabétisation des transformateurs est de 6,1%, inférieur au taux d'alphabétisation calculé par l'UNICEF en 2013 qui est de 31%, comme le soutient (Djessouho, 2015). Selon Chabi (2014), 95% des transformatrices sont analphabètes et aucune d'entre elles n'a reçu une formation. Pour améliorer l'hygiène et de la qualité du produit fini, les sessions de renforcement de capacité doivent se tenir dans les langues locales.

En effet, l'âge moyen des transformateurs enquêtés dans le site de Mballing est égal à 49,03 ans.

Des résultats similaires ont été obtenus par Djinou (2001) en Côte d'Ivoire avec un âge moyen de 54 ans.

De même, selon Abdel Arahim (2011), la classe d'âge la plus représentative chez les transformateurs des produits halieutiques est comprise entre 40 et 65 ans.

La diversité ethnique dans le site de transformation de Mballing montre que l'activité n'est pas spécifique à une seule ethnie. Cela pourrait s'expliquer du fait que la plupart des travailleurs de ce site proviennent dans différents quartiers de la commune de Mbour, qui, d'après son historique de peuplement s'est essentiellement formé par des vagues migratoires successives venues de l'intérieur du pays. Au cours de longs et multiples brassages, se sont lentement constituées les composantes originelles de ce peuplement essentiellement composé de Mandingues, Sérères, Wolofs, Lébous. Par ailleurs, nos résultats sont similaires à ceux de Degnon (2013) au Bénin, qui rapporte la présence de différentes ethnies parmi les transformatrices. Il faut ajouter à cela la présence d'autres nationalités à savoir les Burkinabés, les Ghanéens, les Guinéens. Ce qui montre de façon explicite l'origine ethnique des transformateurs n'a aucune influence sur la technique de transformation du produit fini. Quel que soit l'appartenance ethnique, la même technologie est utilisée et les produits obtenus sont identiques.

L'analyse a révélé que la plupart des transformateurs exercent ce métier depuis des décennies ce qui montre que l'activité de transformation n'est pas récente à Mbour. Ainsi, toutes les personnes enquêtées ont une expérience suffisante pour être des interlocuteurs crédibles. Nos résultats confirment ceux de MAIZI (2003) qui affirme, en traitant ce sujet, que les transformatrices rencontrées ont en moyenne trente ans d'ancienneté dans l'activité et transmettent encore le métier à leur fille dès l'adolescence.

Dans le site de Mballing, la majeure partie des transformateurs ne dispose pas de fours de transformations et de cuves de saumure ou bacs. Selon eux, le coût d'acquisition de ce type de matériel est jugé très élevé. En effet, il faut déboursier au moins 160 000 FCFA pour s'en procurer. En outre, le manque d'espace pour entreposer ce matériel pose également problème. C'est pourquoi beaucoup d'entre eux font du braisage au sol et utilisent des bassines ou du fût pour fermenter les poissons. Ces affirmations viennent ainsi appuyer les résultats des enquêtes. Par ailleurs, certains grossistes ont investi dans la construction d'un ou deux fours qu'ils louent aux transformateurs en raison de 2 500 FCFA par mois pour améliorer les conditions de travail des transformatrices face aux exigences pénibles des méthodes traditionnelles de conservation.

La revue de l'apport financier des transformateurs met en évidence une rentabilité économique relativement faible. Selon les résultats obtenus, en cas de détérioration et/ou d'infestation graves du produit, celui-ci perd ainsi ses apports nutritionnels et devient souvent invendable. Les transformateurs se retrouvent ainsi obligés de vendre leur poisson à bas prix en raison de cette détérioration.

Le résultat de l'analyse montre une prédominance de la technique de braisage sur les autres méthodes de conservation. Comme l'explique Durand (1981) effectué à petite échelle, le braisage s'est considérablement développé grâce à la croissance de la production des sardinelles rondes et plates qui constituent les espèces les plus utilisées et les plus appréciées pour ce produit. Par ailleurs, nos résultats confirment ceux de GRET (2005), sur la petite côte où le produit transformé dominant est le poisson braisé.

Néanmoins, la production traditionnelle de poissons fumés a des impacts négatifs sur l'environnement, notamment par la libération d'une quantité importante de CO₂ responsable de la dégradation de l'environnement (pollution atmosphérique). Pour réduire ces impacts, il faudrait utiliser des fours améliorés qui simplifient le fumage et réduisent les effets nocifs sur la santé. D'après les résultats de Chabi et al (2014) sur la performance d'un dispositif amélioré au Bénin et de Kabré et al, (2003) au Burkina-Faso, les fours Chorkor améliorent le fumage et diminuent les risques sanitaires chez les transformatrices.

Les sardinelles et l'ethmalose sont les poissons braisés par les femmes transformatrices. La sardinelle ronde la sardinelle plate sont les espèces préférées par les transformateurs et les consommateurs.

La forte demande des consommateurs est à l'origine du nombre important d'espèces fermentées. En effet, chacun a une préférence de l'espèce fermentée dans ses habitudes culinaires.

Pour le salage et le séchage, les raies et le requin sont les espèces les plus utilisées en raison de la demande d'exportation vers certains pays comme le Ghana et le Burkina Faso.

D'après nos résultats, tous les transformateurs utilisent le sel dans leur activité. Cette utilisation n'est pas, cependant, soumise à un dosage par rapport à la quantité de poisson à conserver. Les acteurs préfèrent se fier à leur expérience du métier pour le dosage puisqu'il n'existe pas de normes réglementé sur l'utilisation du sel, plus la quantité utilisée est importante moins il y a des risques d'infestation selon SEYDI (1982).

Comme analysé dans la partie résultats, les produits finis sont victimes de contamination ou d'attaque d'insectes durant le processus de conservation quelle que soit la technique utilisée. En effet, après capture, le poisson est sujet à de nombreuses manipulations qui sont à l'origine de la contamination bactérienne (contamination par le personnel, le matériel et l'environnement).

Durant l'hivernage une prolifération d'insectes ou de moisissures est notée causant une insalubrité notoire du site malgré l'existence d'une réglementation sanitaire. Cependant, les produits braisés présentent le plus de risques du fait que durant le braisage au four, des sacs en plastique sont utilisés afin de couvrir les poissons pour une meilleure conservation de la fumée, entraînant ainsi des risques de toxicité.

De façon générale, les résultats obtenus montrent que les transformateurs n'ont aucune référence en matière d'utilisation des produits chimiques dans leur activité. En effet, chacun utilise ce qu'il trouve à sa portée. Ainsi, tous les produits pesticides accessibles et prétendument reconnus comme ayant des vertus pour la conservation des produits alimentaires pourraient être utilisés dans cette filière sans considération sur la dose ou la conformité de son usage.

En ce qui concerne l'emballage, les paniers fabriqués à partir du limbe de feuille de rônier dominant dans le site. Ces paniers fabriqués localement et hermétiquement fermé sous vide sont, en effet, particulièrement adaptés pour l'activité car ils permettent d'éviter les défauts de conditionnement provenant du transpercement de l'emballage par les parties saillantes du poisson sec. Ce type d'emballage est aussi apprécié en raison de son coût relativement faible, ses qualités techniques (protection contre les agents d'altération) et son aptitude à faciliter la manutention lors du transport, du stockage et au niveau de la distribution.

Cependant, dans l'optique de lutter contre les infestations et de prolonger la durée de conservation, des insecticides sont utilisés. Le plus courant dans ce site est le « kaata» dont le degré de toxicité n'est pas mentionné par le fabricant fait l'objet de dosages aléatoire.

Conclusion

Les résultats mettent aussi en évidence le braisage séchage comme étant la technique de transformation la plus utilisée dans le site. Toutefois, il faut signaler que cette technique entraîne des effets négatifs sur l'environnement en libérant une importante quantité de CO₂. Le séchage du poisson, tel que pratiqué par les femmes, expose le produit à la contamination par la poussière, les insectes, les rongeurs et les excréments d'oiseaux. Le poisson séché peut contenir beaucoup de bactéries. Le faible niveau d'instruction et de formation en hygiène des transformateurs influent directement sur la qualité du produit fini. En effet, la plupart des transformateurs utilisent des pesticides méconnus et dosent ces produits de manière aléatoire, ce qui constitue un réel danger pour le consommateur. Les principales contraintes rencontrées comprennent le manque de matériels de transformation, l'approvisionnement en poisson frais, l'absence d'eau potable sur le site, les difficultés liées au financement...

Références bibliographiques

- Abdel Rahim, A. (2011). Evaluation de la qualité microbiologique des poissons braises et de leurs assaisonnements vendus dans les rues de la ville d'Ouagadougou. Mémoire de DEA, Université d'Ouagadougou, Ouagadougou, 60p.
- ADANLE J., 2000. Etude des articulations entre consommation et production de keccax au Sénégal. Mémoire de stage dirigé par P. Moity-Maïzi (Cnearc) et F. Ndoye (Enda-Graf), présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des techniques agricoles en régions chaudes, Montpellier, France, Cnearc, 92 p.
- Bodin, R.A, 1997. Les possibilités d'amélioration des techniques de fumage du poisson et de sa commercialisation au niveau artisanal, 15-16p.
- Bourgeois, C.M. & Leveau, J.Y., 1991- Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Le contrôle microbiologique, Lavoisier, Apria, 23p.
- Chabi NW, et al. 2014 Performance d'un dispositif amélioré de fumage (four chorkor) sur la qualité du poisson fumé dans la commune d'Aplahoué (Sud Est du Bénin. International Journal of Innovation and Applied Studies.; 9(3):1383.
- Dème E.B., Amalatch Y., Jumpe R.T., Fall A.D., Bocoum W., Dème M., Failler P., Soumah M., Sidibeh M., Diédhiou I., Ahouansou M., Simon. M.A. and Touron-Gardic G. (2022). Migration of artisanal fishers targeting small pelagics in West Africa: current trends and development . Marine and Fishery Sciences (MAFIS), 36. DOI: [10.47193/mafis.3612023010104](https://doi.org/10.47193/mafis.3612023010104)
- Degnon RG. 2013 Evaluation de la qualité microbiologique du chinchard (*Trachurus trachurus*) au cours du processus de fumage traditionnel. Journal of Applied Biosciences.; 67:5210-5218p.
- DEME et al. 2003 - Recensement des femmes formatrices de la pêche artisanale sénégalaise. Doc. CRODT/PAPASUD, 170 p.

Djessouho DOC. 2015 Analyse socio-économique du fumage du poisson de la pêche artisanale maritime sur le littoral du Bénin, Mémoire, Rennes, Université de Rennes., 55p.

Djinou HPAB, 2001. Etude de la qualité microbiologique du poisson fumé artisanalement en Côte d'Ivoire et destiné à l'exportation. Thèse : Méd. Vét., Dakar, 34p.

Kabré, A.T., Diarra, D. et Traoré, A., (2003). Le fumage du poisson au Burkina Faso: comparaison des caractéristiques et de la rentabilité de trois types de fumoirs améliorés. Cahiers Agricultures, 12(6), 409-417p.

Ndiaye, O. et Ouadi-Diéi, Y., (2009). De la pirogue à l'étal-Equipements améliorés de manutention et de transformation pour la pêche artisanale, 65p.

Niom K., 2018. Contribution à l'analyse socio-économique de la pêche maritime artisanale dans la commune de Mbour-Sénégal. Mémoire de fin d'études, Institut supérieur de formation agricole et rurale, Université Alioune Diop, Sénégal, 60p.

Rouabhi, I.F, 2009. Effet du mode de conservation sur la qualité sensorielle et biochimique des poissons : la sardine commune (*Sardinna pilchardus*), le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) et le merlan bleu (*Micromesistius pouassou*), 13-14p

Dynamique et facteurs influençant la consommation alimentaire des femmes dans 9 aires culturelles au Bénin

Auteurs

Christiane G. Noua, Nutrition et Sciences et Technologies alimentaires, Laboratoire de Nutrition Humaine et Valorisation des Bio-Ingrédients alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Tri Postal Cotonou, République du Bénin, nouacaleb@gmail.com ;

Auteur Correspondant : nouacaleb@gmail.com

Cyrus Sossou, Nutrition et Sciences et Technologies alimentaires, Laboratoire de Nutrition Humaine et Valorisation des Bio-Ingrédients alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Tri Postal Cotonou, République du Bénin, cyrussossou@gmail.com

Nadia Fanou-Fogny, Nutrition et Sciences et Technologies alimentaires, Laboratoire de Nutrition Humaine et Valorisation des Bio-Ingrédients alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Tri Postal Cotonou, République du Bénin, nadia@fogny.bj

Résumé :

Introduction : L'histoire de l'alimentation des sociétés est jalonnée par des changements profonds et rapides résultant de la révolution de l'industrie alimentaire et de la présence des médias qui encouragent la consommation de plusieurs produits.

Objectif : L'objectif de cette étude est d'analyser la dynamique de la consommation alimentaire dans 9 aires culturelles au Bénin.

Méthodes : Une enquête a été réalisée auprès de 122 femmes ayant au moins 50 ans, soit une taille de 12 femmes en moyenne par aire culturelle. A partir de cette enquête, les informations recueillies concernent les recettes qu'elles consommaient durant la période de 1960-2020, les différents ingrédients entrant dans la préparation de ces recettes ainsi que les raisons qui pourraient expliquer la disparition de ces différentes recettes.

Résultats : Au total, 190 recettes ont été énumérées par les femmes et les principales raisons de disparition des recettes sont : la difficulté dans le traitement de la matière première et dans le processus de préparation (n=39), la disparition des matières premières, l'abandon des recettes par la jeunesse (n=18) et le changement dans les habitudes alimentaires (n=17). L'analyse de la consommation alimentaire sur les trois périodes (1960-1980, 1980-2000, 2000-2020) révèle respectivement une augmentation d'aliments riche en carbohydrates (65% à 78%), noix et graines (21% à 29%), légumes feuilles vertes riches en vitamine A (26,18% à 32,46%) et des fruits riches en vitamines A (0,55% à 2,57%) et une baisse des autres groupes : haricots et petits pois (21,16% à 19,4%), produits laitiers (2,46% à 1,4%), aliments de chair (26,04% à 21,09%) autres légumes (1,24% à 1,23%) et œufs (0%).

Conclusion : Cette étude a contribué à documenter l'évolution de la consommation alimentaire des femmes de 1960-2020 et les facteurs associés à l'abandon des recettes traditionnelles au Bénin

Mots clés : femmes, recettes, consommation alimentaire, raison d'abandon.

Abstract

Introduction: The history of the diet of societies is marked by profound and rapid changes resulting from the revolution in the food industry and the presence of the media which encourage the consumption of several products.

Objective: The objective of this study is to analyze the dynamics of food consumption in 9 cultural areas in Benin.

Methods: A survey was carried out among 122 women aged at least 50, ie an average height of 12 women per cultural area. From this survey, the informations collected are the recipes they consumed during the period 1960-2020, the different ingredients used in the preparation of these recipes as well as the reasons which could explain the disappearance of these recipes. different recipes.

Results: In total, 190 recipes were listed by the women and the main reasons for the disappearance of the recipes are: the difficulty in the treatment of the raw material and in the preparation process (n=39), the disappearance of the raw materials, abandonment of recipes by youth (n=18) and change in eating habits (n=17). The analysis of food consumption over the three periods (1960-1980, 1980-2000, 2000-2020) reveals respectively an increase in foods rich in carbohydrates (65% to 78%), nuts and seeds (21% to 29 %), green leafy vegetables rich in vitamin A (26.18% to 32.46%) and fruits rich in vitamin A (0.55% to 2.57%) and a drop in the other groups: beans and peas (21.16% to 19.4%), dairy products (2.46% to 1.4%), flesh foods (26.04% to 21.09%) other vegetables (1.24% to 1.23%) and eggs (0%).

Conclusion: This study has contributed to documenting the evolution of women's food consumption from 1960-2020 and the factors associated with the abandonment of traditional recipes in Benin.

Keywords: women, recipes, food consumption, reason for quitting.

Introduction

La dynamique de la consommation alimentaire reste un sujet d'intérêt mondial. En effet, dans certaines parties du monde, les aliments de base sont en train de changer ou ont déjà changé. C'est le cas du maïs, du manioc et de la pomme de terre, maintenant largement cultivés en Afrique, n'étant pas originaires de ce continent puisqu'aucun de ces aliments n'était consommé en Afrique il y a quelques siècles ([Allado, 2017](#)). Beaucoup d'Africains ont abandonné l'igname et le millet au profit du maïs et du manioc, de même que beaucoup d'Européens ont abandonné l'avoine, l'orge et le seigle pour le blé et la pomme de terre ([Allado, 2017](#)).

Aujourd'hui encore les habitudes alimentaires des personnes continuent de changer. La principale difficulté est d'orienter et de favoriser les changements désirables et de freiner ceux qui ne le sont pas. Il est souvent difficile de définir avec certitude les facteurs les plus déterminants des changements d'habitudes alimentaires des populations. Aussi, avec les progrès de la production alimentaire et la croissance du commerce international, le choix des consommateurs en matière d'aliments s'est élargi énormément. Cela a été renforcé par la croissance des supermarchés qui sont, en général, très réactifs aux exigences et aux attitudes de leurs clients. Cette grande diversité conduit à la rencontre entre la culture culinaire moderne et la cuisine traditionnelle ([Essomba, Edjenguèlè et al. 2010](#)) conduisant à la disparition des recettes traditionnelles. Des travaux de recherches menés sur la migration et les pratiques culinaires, ont montré que les modes de vie, sources de perte des repères dans le rythme alimentaire familial sont des facteurs qui fragilisent la construction des comportements alimentaires normaux, favorisant le développement de troubles du comportement alimentaire. Plusieurs études ont été menées

sur les facteurs expliquant les changements dans les habitudes alimentaires (Kiawi, Edwards et al. 2006) (Everett-Murphy, De Villiers et al. 2015) (van't Riet, den Hartog et al. 2001) (Charlton, Brewitt et al. 2004) (Boatema, Badasu et al. 2018). Cependant, les données sur l'évolution de la consommation alimentaire restent presque inexistantes.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du projet Sweet potato ayant pour but, d'améliorer la chaîne de valeur de la patate douce à chair orange biofortifiée pour une meilleure nutrition des femmes et des enfants au Bénin. Il s'agit ici d'apprécier la dynamique de la consommation alimentaire des femmes dans 9 aires culturelles au Bénin. Plus spécifiquement, l'étude a pour objectif de déterminer l'évolution de la consommation alimentaire de 1960-2020 dans 9 aires culturelles et d'analyser les facteurs associés à l'abandon des recettes traditionnelles au Bénin.

Méthodologie

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans dix départements du Bénin prenant en compte ainsi 9 aires culturelles majoritaires. Il s'agit des départements de l'Atlantique (Aizo), l'Alibori (Bariba), l'Atacora (Warma/Ditamari), le Borgou (Dendi/Germa), les Collines (Ifè/Yoruba/Nago/Idatcha), le Couffo (Adja), le Mono (Cotafon/Sahouè/Mina), l'Ouémé (Goun/Tori), le Plateau (Ifè/Yoruba/Nago/Idatcha) et Zou (Fon/Mahi).

Echantillonnage

La principale cible de l'étude est représentée par les femmes ayant au moins 50 ans. Au total, 122 femmes ont été enquêtées. Elles ont été identifiées grâce au Chef Village et au chef cellule d'ATDA. Une taille de 12 femmes en moyenne a été considérée par aire culturelle. La taille de l'échantillon a été définie par commodité sur la base de la notion de représentativité du nombre de femme à enquêter par aire culturelle. La méthode de boule de neige a été utilisée pour la sélection des femmes.

Collecte des données

Toutes les informations nécessaires pour atteindre l'objectif de notre étude ont été collectées en une seule enquête par des discussions ouvertes. Elles comprennent : les caractéristiques sociodémographiques des femmes, les recettes traditionnelles en voie de disparition, la consommation alimentaire de 1960-2020 et les raisons d'abandon des recettes traditionnelles. Elles ont été collectées grâce à des entretiens basés sur des discussions ouvertes utilisant un questionnaire modulaire qui a été digitalisé sur smartphone avec l'application kobocollect. Afin de faciliter la collecte et l'analyse des données, le questionnaire a été structuré telle que suit :

La consommation alimentaire de 1960-2020

La période de 1960-2020 a été subdivisée trois sous-périodes : la période de l'enfance (1960-1980), celle de la jeunesse (1980-2000) et la période actuelle (2000-2020). Ainsi, l'évolution de la consommation des différents groupes d'aliments a été observée sur les différentes sous-périodes.

Facteurs associés à l'abandon des recettes traditionnelles

En ce qui concerne les informations relatives aux différentes raisons qui pourraient expliquer l'abandon des recettes traditionnelles, elles ont été citées par les femmes et ont été recodées. Les différentes raisons ont été énumérées dans le tableau ci-dessous

Tableau 1 : Raisons qui expliquent la disparition des recettes codées

| Raisons de disparition des recettes | Codes |
|---|-------|
| Apparition de nouvelles recettes | ANR |
| Changement des habitudes alimentaires | CHA |
| Cherté de la matière première | CMP |
| Contraintes technologique | CT |
| Disparition des matières premières et ingrédients | DMP |
| Destiné qu'à la vente | DV |
| Changement dans la méthode de préparation | CMPRE |
| Abandon de la recette par la jeunesse | ARJ |
| Quantité insuffisante pour nourrir un grand nombre de personnes | QINGP |
| Goût + odeur repoussante (Repas primitif, Goût + odeur repoussante) | GOR |
| Par manque de moyen | MM |
| Les gens n'aiment plus consommer | GNPC |
| Absence de viande sauvage, interdiction de chasser | AVS |
| Superstition (l'huile rouge n'est pas bonne pour la santé) | S |
| Commercialisation des matières premières | CMP |
| Pas très connu | PTC |
| Contraintes culturelles | CC |
| Intolérance de certains à des ingrédients | ICI |

Analyse des données

Les données ont été analysées avec le logiciel R version 3.5.0, avec un seuil de significativité de 5%. Les statistiques descriptives ont été utilisées pour décrire les caractéristiques sociodémographiques des femmes, les recettes traditionnelles en voie de disparition ainsi que celles en rapport à l'évolution de la consommation alimentaire de 1960-2020. Une analyse de correspondance multiple (ACM) a été réalisée afin de comprendre la répartition des facteurs expliquant la disparition des recettes traditionnelles suivant les ethnies et l'influence de l'activité principale des femmes sur le choix des raisons d'abandon des recettes.

Résultats et discussion

Caractéristiques socio démographiques des participantes

Les résultats montrent que les groupes ethniques les plus représentés sont les Ifè/Yoruba/Nago/Idatcha (19%) et les Bariba (12%) (figure1) et les participantes ont pour la majorité comme activité principale : le commerce (34%) et l'Agriculture (24%) (Figure 2).

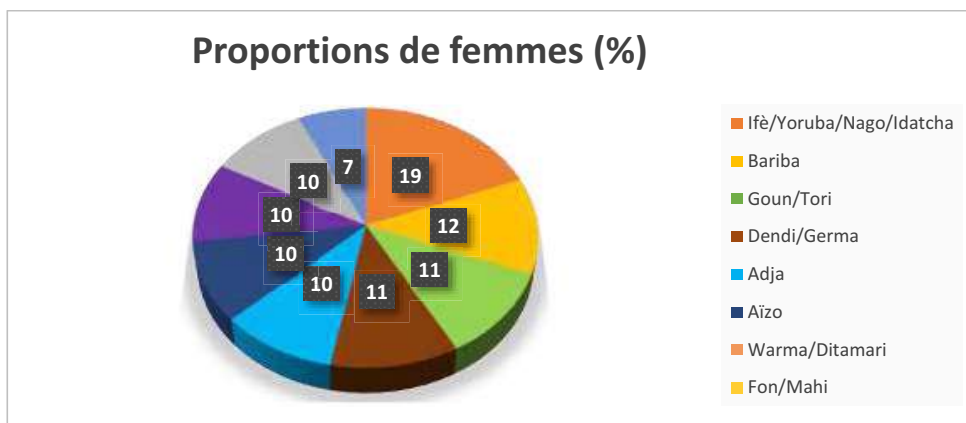


Figure 1 : Répartition des participantes suivant les aires culturelles. Bénin, 2020. Sweet potato project

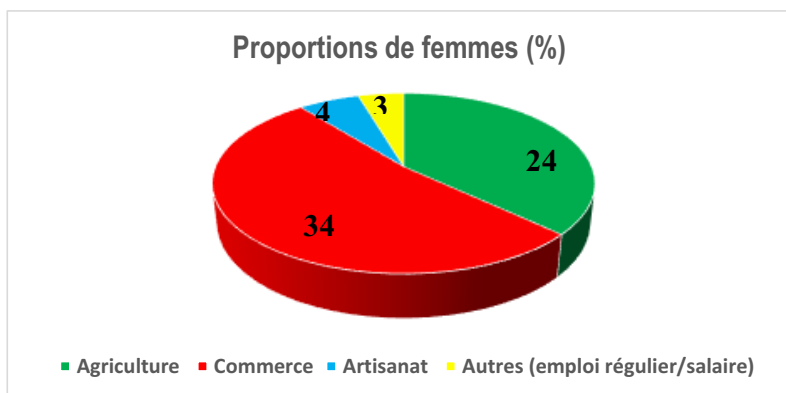


Figure 2 : Répartition des participantes suivant leur activité principale. Bénin, 2020. Sweet potato project

Recettes répertoriées et évolution de la consommation alimentaire de 1960-2020

Au total, 190 recettes ont été recensées dans 9 aires culturelles soient 30 recettes chez l'ethnie Bariba, 18 chez celle Warma/Ditamari, 20 chez celle Aizo, 16 chez celle Dendi/Germa, 42 chez celle Ifè/Yoruba/Nago/Idatcha, 20 chez celle Adja, 4 chez celle Cotafon/ Sahouè /Mina, 18 chez celle Goun/Tori et 22 chez celle fon/mahi.

Les figures 3, 4 et 5 présentent la consommation alimentaire des participantes respectivement de 1960-1980, 1980-2000, 2000-2020. On note que de 1960-1980, le groupe alimentaire le plus consommé est celui des Carbohydrates (65,67%), suivi des Légumes feuilles vertes riches en vitamine A (26,18%), les Aliments de chair (26,04%), Haricots et petits pois (23,16%), Noix et graines (21,16%). Les Produits

laitiers (0,48%), Fruits riches en vitamine A (0,55%), Autres fruits (0,13%), Autres légumes (1,24%) sont consommés en très faible proportion (figure3). De 1980-2000, le groupe alimentaire des carbohydrates reste le plus consommé, suivi cette fois ci des Haricots et petits pois (30,63%), les Légumes feuilles vertes riches en vitamine A (27,04%), les Aliments de chair (20,75%) et les Noix et graines (17,29%). Les produits laitiers (2,46%), les fruits riches en vitamine A (0,66%), autres fruits (1,40%), autres légumes (0,52%) sont moins consommés au cours de cette période (Figure 4). Pour ce qui concerne la période de 2000-2020, le principal groupe alimentaire reste celui des carbohydrates (78,23%). On note ensuite, les légumes feuilles vertes riches en vitamine A (32,46%), les Noix et graines (20,14%), Haricots et petits pois (23,78%). Les autres groupes comme Produits laitiers (1,12%), Fruits riches en vitamine A (2,57%), Autres fruits (0,19%), Autres légumes (1,23%) sont consommés en faible proportion durant cette période. Ainsi, l'alimentation des femmes de 1960-2020 est essentiellement basé sur les aliments riches en carbohydrates (65%) (figure3). Le groupe alimentaire le plus consommé dans les 9 aires culturelles est celui des Carbohydrates. Nos résultats sont semblables à ceux d'une étude sur la consommation alimentaire des ménages urbains réalisée dans les principales villes du Bénin qui montre que les carbohydrates sont des produits alimentaires de base identifiés en milieu urbain (Evariste, Dona et al. 2001). Le régime alimentaire dominant dans chaque ville dépend de la zone agroécologique considérée. Ainsi peut importe la zone, les carbohydrates sont les plus consommés. (Evariste, Dona et al. 2001). Il en est de même pour une étude réalisée sur trois périodes dans des ménages au Burkina, la consommation alimentaire des ménages peu importe la période étaient très riches en carbohydrates (Lourme Ruiz et al 2016). L'évolution de la consommation sur les trois périodes (1960-1980, 1980-2000, 2000-2020) révèle respectivement une évolution dans la consommation des aliments de base riche en carbohydrates (65,67%, 76,4%, 78,23%), les noix et graines (21,16%, 17,29%, 29,14%), les légumes feuilles vertes riches en vitamine A (26,18%, 27,04%, 32,46%), les fruits riches en vitamines A (0,55%, 0,66%, 2,57%) par les femmes. Une évolution de la consommation de ces groupes qui peut être dû à la mise en œuvre de projets et programmes au cours des dernières années faisant la promotion de la diversification alimentaire et l'éducation nutritionnelle au sein des ménages. Ces différents projets ont la plupart pour but de faire faire progresser la production et l'utilisation durables des fruits, des légumes indigènes dans la région d'Afrique de l'ouest. Cependant les groupes alimentaires comme Haricots et petit poids (23,16 %, 30,63% ; 23,78%), produits laitiers (0,48%, 2,46%, 1,12%), et autres fruits (0,13%, 1,4%, 0,19%) ont connu une augmentation de leur consommation uniquement au cours de la période de 1980-2000. Les aliments de chair (26,04%, 20,75%, 21,09%) et autres légumes (1,24%, 0,52%, 1,23%) quant à eux ont connu respectivement une diminution de leur consommation au cours de la période de 1960-2020. L'Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire réalisé au Bénin en 2017 a révélé que la consommation d'aliments riches en protéines animales (viandes, poissons,

œufs, produits laitiers) ou protéines végétales (légumineuses) est extrêmement peu fréquente voire nulle pour les groupes à consommation alimentaire pauvre (INSAE et WFP, 2017). Or, ces protéines jouent de nombreux rôles essentiels dans le développement et le fonctionnement de l'organisme (INSAE et WFP, 2017). En effet, environ 18 % des ménages ont une consommation alimentaire limitée. Ces ménages consomment des légumineuses, des aliments d'origine animale et du sucre de temps en temps.

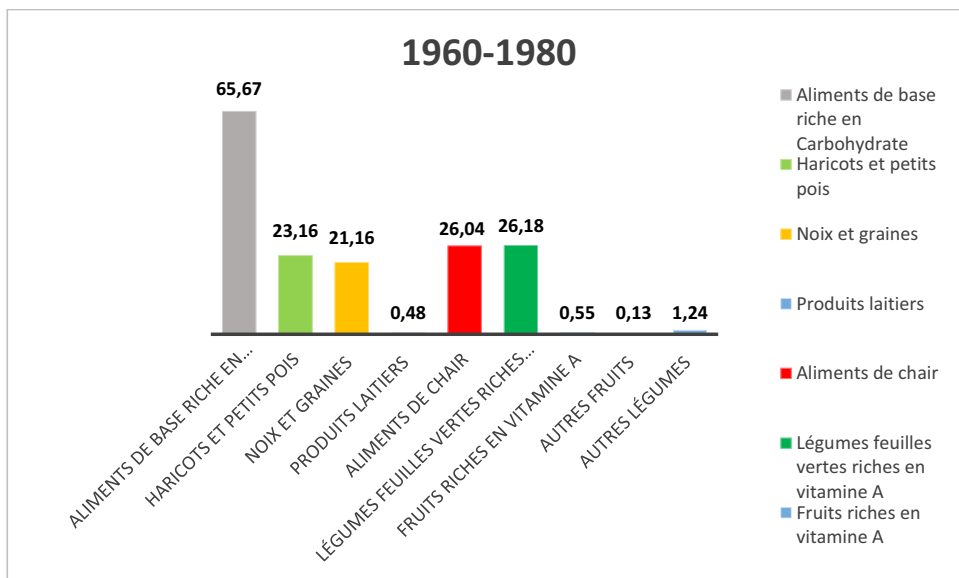


Figure 3 : Consommation Alimentaire de 1960-1980

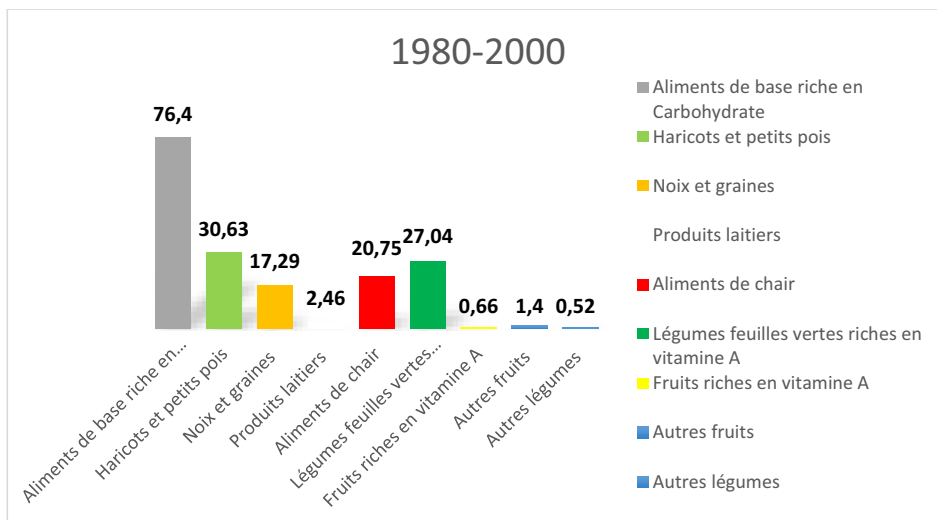


Figure 4 : Consommation Alimentaire de 1980-2000

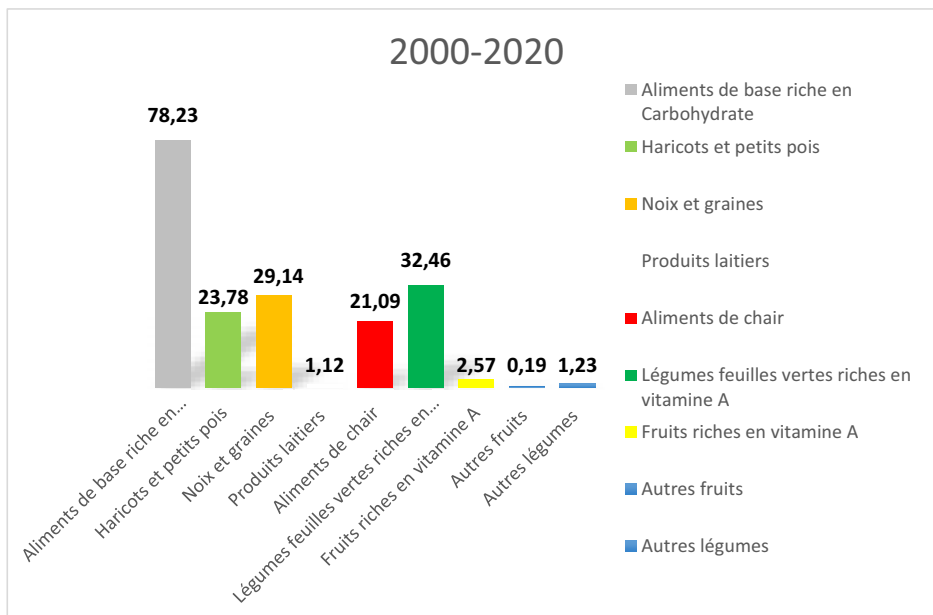


Figure 5 : Evolution de la consommation alimentaire de 1960-2020

Raisons Expliquant la disparition des recettes traditionnelles de 1960-2020

Plusieurs raisons expliquant la disparition des recettes traditionnelles ont été énumérées par les femmes dans les différentes aires culturelles (tableau 2). La principale raison citée est la difficulté de traitement de la matière première et du processus de préparation (n=39). D'autres raisons comme la disparition des matières premières, des ingrédients (n=24) et la cherté des matières premières, des ingrédients cherté (n=13), l'abandon des recettes par la jeunesse (n=18), le changement dans les habitudes alimentaires (n=17) et l'apparition de nouvelles recettes (n=12) ont été données. Les résultats obtenus sont conformes à ceux de plusieurs études réalisées au Cameroun, au Kenya et en Afrique du sud ayant montré que le coût élevé des aliments, la longue durée de préparation expliquent l'attitude négative envers la consommation de certains aliments (Kiawi, Edwards et al. 2006) (Everett-Murphy, De Villiers et al. 2015) (van't Riet, den Hartog et al. 2001) (Van Zyl, Steyn et al. 2010) (Charlton, Brewitt et al. 2004). En outre, les comportements alimentaires ont été discutés comme étant aussi influencés par les compétences de préparation des aliments (Kiawi, Edwards et al. 2006) (Everett-Murphy, De Villiers et al. 2015) (van't Riet, den Hartog et al. 2001) (Charlton, Brewitt et al. 2004) (Boatemaa, Badasu et al. 2018). Ainsi, la capacité d'improviser avec les ressources disponibles pour préparer des repas sains et savoureux informe sur les décisions alimentaires (Boatemaa, Badasu et al. 2018) (Everett-Murphy, De Villiers et al. 2015). En milieu urbain, les populations consomment ce qu'ils peuvent acheter sans forcément tenir compte de ce que la culture produit (Essomba, et al. 2010). On ne mange donc plus ce qu'on veut mais ce qui peut être préparé facilement afin de gagner du temps. La cuisine de rue propose des produits "prêts à être

consommé” adaptés au niveau du goût, du prix et du gain de temps aux exigences de la ville. On voit donc les marchands sillonner les rues et vendre ces nourritures issues de la cuisine ambulante (Essomba, et al. 2010). De manière générale, l’urbanisation a entraîné la modification des habitudes alimentaires (confection des mets). En résumé, si la cuisine locale résiste au vent de la modernité, dans le souci de s’adapter aux nouvelles contraintes, aux nouveaux goûts, aux nouvelles saveurs, elle est obligée de changer, d’innover (Essomba, et al. 2010). Un changement qui pourrait toujours conserver les valeurs culturelles et permettre d’améliorer la qualité sanitaire et nutritionnelle des recettes afin de répondre aux exigences et besoins des consommateurs. Cela pourrait passer par la formulation de nouvelles recettes prenant en compte la disponibilité des matières premières, un temps de préparation plus réduit et plus de facilité dans le processus de préparation. La manière de concevoir les raisons qui justifient la disparition des recettes traditionnelles varie au sein des groupes culturels (figures 6). Selon elles, les raisons de la disparition des recettes traditionnelles sont principalement liées à des facteurs **socio-économiques et culturels**. Ces facteurs peuvent conduire à une perte de transmission des connaissances culinaires et une perte de la valeur accordée aux recettes traditionnelles. Les Adja, les Bariba, les cotafon/sahouè/mina, les goun/Tori, les Ifè/yoruba/Nago/Idatcha ont la même manière de concevoir les différentes raisons d’abandon des recettes d’une part et les Fon/Mahi, Dendi/Germa d’autre part ont aussi la même manière de concevoir les raisons qui justifient la disparition des recettes. Cela pourrait s’expliquer par le fait que les **Adja, Mina, Kotafon ainsi que Idatcha, Yoruba** sont tous présents dans le sud du pays, et ils partagent de nombreuses similitudes culturelles. Ils coopèrent dans de nombreux domaines, notamment l’économie, l’éducation et la culture. Aussi, Ils se fournissent en produits agricoles, en artisanat et en bétail. Pour lutter contre la disparition des recettes traditionnelles, il est important de prendre en compte les facteurs socio-économiques et culturels qui y contribuent. Des actions visant à favoriser la transmission des connaissances culinaires traditionnelles, à renforcer les liens entre les générations et à promouvoir les cultures locales peuvent être mises en place.

Tableau 2: Raisons expliquant la disparition des recettes traditionnelles suivant l’effectif des participantes.

| Raisons expliquant la disparition des Recettes traditionnelles | Effectifs (N=122) |
|--|-------------------|
| Apparition de nouvelles recettes | 12 |
| Changement des habitudes alimentaires | 17 |
| Cherté de la matière première | 13 |
| Contraintes technologique/ (difficulté dans le traitement de la matière première) /Difficulté de préparation | 39 |
| Disparition des matières premières et ingrédients | 24 |
| Destiné qu’à la vente | 2 |
| Changement dans la méthode de préparation | 1 |

| Raisons expliquant la disparition des Recettes traditionnelles | Effectifs (N=122) |
|---|-------------------|
| Abandon de la recette par la jeunesse | 18 |
| Quantité insuffisante pour nourrir un grand nombre de personnes | 4 |
| Goût + odeur repoussante (Repas primitif, Goût + odeur repoussante) | 3 |
| Par manque de moyen | 2 |
| Les gens n'aiment plus consommer | 8 |
| Absence de viande sauvage, interdiction de chasser | 2 |
| Superstition (l'huile rouge n'est pas bonne pour la santé) | 3 |
| Commercialisation des matières premières | 3 |
| Pas très connu | 2 |
| Contraintes culturelles | 1 |
| Intolérance de certains à des ingrédients | 1 |

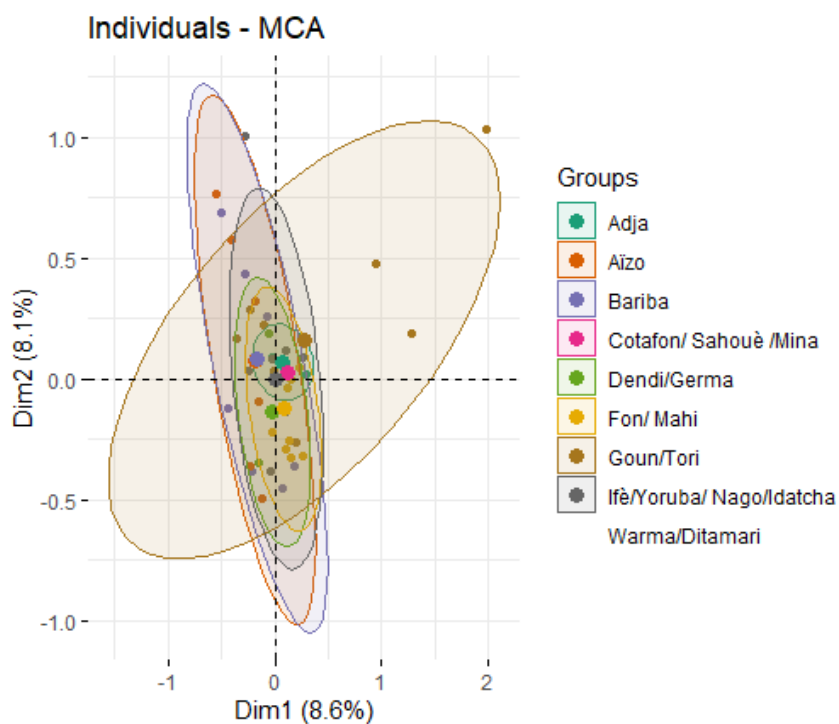


Figure 6 : Analyse de correspondance multiple des facteurs expliquant la non consommation de certaines recettes traditionnelles au niveau de chaque groupe ethnique

Conclusion et limites

La présente étude a contribué à documenter l'évolution de la consommation alimentaire des ménages de 1960-2020 et les facteurs associés à l'abandon des recettes traditionnelles. Les principales raisons expliquant recettes traditionnelles sont plus liées à la difficulté de reproduction des recettes et à

l'apparition de nouvelles recettes. Les abandons observés laissent place à une dynamique de la consommation alimentaire. L'appréciation de cette évolution sur trois périodes (1960-1980, 1980-2000, 2000-2020) révèle une augmentation progressive de la consommation des aliments de base riche en carbohydrates, les noix et graines, les légumes feuilles vertes riches en vitamine A, les fruits riches en vitamines A par les femmes. Certaines données peuvent avoir connu des biais à cause de la tranche d'âge des participantes. Aussi, il n'existe pas assez de littérature ayant abordé la même thématique afin de mieux discuter les résultats obtenus. Une recherche future pourrait s'intéresser aux raisons qui sous-tendent la faible consommation des groupes alimentaire haricots et petit poids, produits laitiers et autres fruits afin mettre en place des politiques alimentaires fortes et garantir un environnement alimentaire sain pour réduire les carences en micronutriment.

Références Bibliographiques

Allado, K. G. X. (2017). Supplémentation alimentaire et développement cognitif de l'enfant de 2 ans au Togo, Normandie Université.

Boatema, S., D. M. Badasu et A. de-Graft Aikins (2018). "Food beliefs and practices in urban poor communities in Accra: implications for health interventions." *BMC Public Health* **18**(1): 1-12.

Charlton, KE, Brewitt, P. et Bourne, LT (2004). Sources et crédibilité des informations nutritionnelles chez les femmes sud-africaines noires urbaines, avec un accent sur les messages liés à l'obésité. *Santé publique Nutrition* , 7 (6), 801-811.

Essomba, J.-M., M. Edjenguèlè, P. Pasquet and A. Hubert (2010). "Migrations et pratiques culinaires. Avenir de la cuisine endogène et santé des populations en milieu urbain au Cameroun." *Hommes & migrations. Revue française de référence sur les dynamiques migratoires*(1283): 136-149.

Evariste, M. C., A. E. A. Dona, F. A. Joseph and N. C. Mathurin (2001). "Consommation alimentaire des ménages urbains au Bénin, Alimentation, savoir-faire et innovations agroalimentaires en Afrique de l'Ouest (ALISA)." *CIRAD* **11**: 15-20.

Everett-Murphy, K., De Villiers, A., Ketterer, E., & Steyn, K. (2015). Utilisation de la recherche formative pour développer une ressource d'éducation nutritionnelle visant à aider les ménages à faible revenu en Afrique du Sud à adopter une alimentation plus saine. *Recherche en éducation sanitaire* , 30 (6), 882-896.

INSAE and WFP (2014). Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire (AGVSA), République du Benin Cotonou.

INSAE, & WFP. (2014). Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire (AGVSA).

- Kiawi, E., R. Edwards, J. Shu, N. Unwin, R. Kamadjeu and J. C. Mbanya (2006). "Knowledge, attitudes, and behavior relating to diabetes and its main risk factors among urban residents in Cameroon: a qualitative survey." *Ethnicity & disease* **16**(2): 503-509.
- Lourme Ruiz, A., Dury, S., & Martin-Prével, Y. (2016). *Consomme-t-on ce que l'on sème ? Relations entre diversité de la production, revenu agricole et diversité alimentaire au Burkina Faso.*
- Phillips, E. A., D. L. Comeau, P. T. Pisa, A. D. Stein and S. A. Norris (2016). "Perceptions of diet, physical activity, and obesity-related health among black daughter-mother pairs in Soweto, South Africa: a qualitative study." *BMC Public Health* **16**(1): 1-10.
- Van Zyl, M., N. Steyn and M. Marais (2010). "Characteristics and factors influencing fast food intake of young adult consumers in Johannesburg, South Africa." *South African Journal of Clinical Nutrition* **23**(3): 124-130.
- van't Riet, H., A. P. den Hartog, A. M. Mwangi, R. K. Mwadime, D. W. Foeken and W. A. van Staveren (2001). "The role of street foods in the dietary pattern of two low-income groups in Nairobi." *European Journal of Clinical Nutrition* **55**(7): 562-570.

Efficacité technique des producteurs de coton utilisant la culture attelée au Bénin

KPENAVOUN CHOGOUE Sylvain, Laboratoire d'Agroéconomie et d'Agrobusiness, Université d'Abomey-Calavi, kpenavoun@yahoo.fr, auteur correspondant ;

BABADANKPODJI Pascaline, Laboratoire d'Agroéconomie et d'Agrobusiness, Université d'Abomey-Calavi, pasbabad@yahoo.fr ;

HOUGNI Alexis, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, hougni_alexis@yahoo.fr ;

AMOUSSOUGA Dieu-Donné, Laboratoire d'Agroéconomie et d'Agrobusiness, Université d'Abomey-Calavi, amoussdonn@yahoo.fr ;

TOSSOU Bignon William, Laboratoire d'Agroéconomie et d'Agrobusiness, Université d'Abomey-Calavi, williamtossou53@gmail.com.

Résumé

La culture attelée avec les bœufs est encore largement répandue dans les zones cotonnières malgré d'innombrables efforts consentis dans le développement de la tracteurisation. Il est donc important de comprendre la persistance de cette technologie dans les systèmes de production agricoles au Bénin. La présente étude a examiné l'efficacité technique de la production cotonnière avec utilisation de la culture attelée dans deux zones agroécologiques du Bénin. Les données ont été collectées sur un échantillon aléatoire stratifié de 261 producteurs de coton dont 148 utilisateurs de traction animale. L'approche d'estimation en une seule étape de la frontière stochastique de production de type Cobb-Douglas et du modèle qui détermine les facteurs d'inefficacité technique a été appliquée. En plus de contribuer au maintien de la structure des sols, les résultats indiquent que l'utilisation de la culture attelée, toutes choses étant égales par ailleurs, améliore sensiblement l'efficacité technique de la production cotonnière. D'où l'importance de continuer par soutenir l'utilisation de cette technologie dans le système de production agricole au Bénin.

Mots clés : bœufs, approche stochastique en une étape, facteurs d'inefficacité

One-step estimation of technical efficiency of cotton producers using animal traction in Benin**Abstract**

Much effort has often been made in the development of tractorization, in order to improve the agricultural productivity in Benin. These attempts have had limited success and showed unsustainability. However, the animal traction, despite its limited use, remains and still has chances in cotton zones. This study examined in a comparative approach, the technical efficiency of cotton producers using animal traction, in two agroecological zones of Benin. Data were collected from a stratified random sample of 261 cotton producers, including 148 animal traction users. A one stage stochastic frontier production which incorporates a model for the technical inefficiency effects was applied. Results indicated that use of animal traction, all else being equal, increases significantly technical efficiency and profitability of cotton production

Keywords: cotton / technical efficiency / draught animals / one-step stochastic approach / Benin

Introduction

En dépit de son importance économique et sociale, la situation de l'agriculture demeure peu performante en Afrique Sub-Saharienne. L'évolution de la productivité agricole est stagnante et très faible en comparaison aux autres régions en voie de développement (Asie, Amérique latine, etc.) selon le Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique (Nepad, 2017). La force de travail notamment n'est que peu valorisée. Le Système Régional d'Analyse Stratégique et de Gestion des Connaissances (ReSAKSS) note que la productivité du travail en Afrique de l'Ouest n'a augmenté en moyenne que de 0,9 % par an au cours des 30 dernières années, contre 2,5 % en Asie (Benin *et al.*, 2011).

Les avis convergent largement sur ce que la productivité des exploitations agricoles reste basse, entre autres, du fait de l'indisponibilité d'intrants adéquats, des systèmes de culture mis en place, mais aussi d'un très faible niveau de mécanisation (Balse *et al.*, 2015; MAEP, 2011; OCDE/FAO, 2016; Side et Havard, 2015). L'historique révolution verte en Asie et la croissance agricole soutenue en Amérique latine, découlent d'une amélioration notable de la productivité du travail du fait de la mécanisation. L'accès à des sources d'énergie appropriées (animale par exemple) facilite la réalisation d'opérations exigeantes en énergie (les travaux du sol, etc.), améliore les performances d'opérations demandant de la technicité telles que le semis, les sarclages, etc., améliore le timing des opérations dans l'ensemble et libère l'énergie humaine à des tâches plus productives (Side et Havard, 2015).

La traction animale ou culture attelée, introduite au Bénin dans les années 1935 et 1955, est une pratique ancienne d'amélioration de la productivité, écologique, basée sur l'énergie renouvelable (Azontonde, 1989). La traction animale favorise l'intégration agriculture et élevage, améliore la productivité du travail et des autres facteurs de production ainsi que la gestion de la fertilité des sols (Le Thiec, 1996; Lhoste *et al.*, 2010). Le labour à la culture attelée crée dans le sol les conditions nécessaires à une bonne utilisation des eaux de pluie (Azontonde, 1989). Du Centre jusqu'au Nord du Bénin, la culture du coton occupe une place importante dans les exploitations agricoles (Dugué et Floquet, 2000) et le développement de cette filière a été accompagné par l'introduction de la traction bovine et son adoption par plusieurs exploitants agricoles. Les agriculteurs sont formés de façon continue afin de mieux s'approprier cette technologie qui réduit la pénibilité du travail, augmente le niveau de vie de l'exploitant, suscite une motivation plus forte des jeunes travailleurs et contribuent alors à maintenir une dynamique de développement au niveau des villages (Le Thiec, 1996). Mais la culture attelée retient peu l'attention ces dernières années, comparée à d'autres formes de mécanisation de l'agriculture. Beaucoup d'efforts sont consentis dans le développement de la tractorisation, avec cependant des résultats mitigés et des constats d'inadaptation, selon l'état des

lieux de la Stratégie Nationale de Mécanisation Agricole (MAEP ;2022). C'est pourquoi, beaucoup d'exploitations agricoles continuent de faire recours à la culture attelée. Il s'avère donc opportun d'évaluer le niveau d'efficacité technique de ces exploitants utilisant encore la traction animale afin d'identifier les contraintes et pistes d'amélioration de productivité.

C'est tout l'intérêt de cette étude qui vise une analyse comparative de l'efficacité technique des exploitations cotonnières, selon qu'elles utilisent ou non la traction animale dans leurs systèmes de production agricole. Cette étude offre l'opportunité d'examiner deux zones différentes du bassin cotonnier béninois : la commune de Banikoara où la culture attelée est assez répandue, contrairement à la commune de Savalou.

Les premiers travaux ayant trait à l'efficacité sont dus à Koopmans (1951), Debreu (1951), puis Farrell (1957) qui distingua les concepts d'efficacité technique et d'efficacité-prix ou allocative (Amara et Romain, 2000). Avant cette période, la possibilité que les entreprises puissent exploiter leurs ressources de manière inefficace était implicitement écartée des études empiriques, le producteur étant supposé rationnel et « maximisateur » de profit. Ce qui n'est souvent pas le cas dans la réalité. Il est aussi reconnu que la plupart des agriculteurs issus des pays à revenu faible et des pays en développement opèrent en deçà de leur capacité de production potentielle (Keane *et al.*, 2009).

Matériel et méthodes

Modèle d'estimation de l'efficacité technique

La méthode paramétrique stochastique est utilisée dans cette étude pour la mesure des niveaux d'efficacité technique des producteurs de coton étudiés. En effet, dans le cas du secteur agricole, les méthodes paramétriques sont les plus appropriées car elles peuvent prendre en compte les faiblesses des méthodes non paramétriques (Coelli *et al.*, 2005; Kpenavoun Chogou *et al.*, 2017).

Par ailleurs, l'identification et l'analyse des sources d'inefficacité ou d'efficacité ont été réalisées dans cette étude pour fournir plus d'éléments pour la prise de décision. La littérature sur l'analyse des déterminants de l'efficacité présente clairement l'approche en deux étapes comme la plus répandue. Suite à la première étape d'estimation de la frontière stochastique de production, elle consiste à spécifier un modèle de régression (Tobit censuré généralement) du terme d'inefficacité u_i , sur des variables explicatives socio-économiques, environnementales et institutionnelles susceptibles.

Cependant, il est reconnu depuis longtemps que la procédure en deux étapes est biaisée parce que le modèle estimé lors de la première étape est mal spécifié (Battese et Coelli, 1995). Plusieurs auteurs ont ainsi démontré que cette approche conduit à d'importants biais dans les résultats (Amara et Romain, 2000; Battese et Coelli, 1995; Wang et Schmidt, 2002). En effet, l'hypothèse faite dans la

première étape à savoir que le terme d'inefficacité était indépendamment et identiquement distribué n'est pas compatible avec la quête d'une relation éventuelle avec d'autres variables socio-économiques qui s'opère dans la seconde étape. Caudill *et al.* (1995) ont par exemple apporté l'évidence de biais au niveau de l'estimation des paramètres technologiques avec la méthode en deux étapes.

L'approche de recherche utilisée dans cette étude se fonde alors sur une seule étape d'estimation de la frontière de production et des effets d'inefficacité technique. Elle s'inspire de Battese et Coelli (1995) qui, à la suite de Huang et Liu (1994) ont proposé un modèle d'expression de l'inefficacité technique en une seule étape. Le modèle d'estimation, pour une exploitation agricole i , est formulé comme suit : $Y_i =$

$$f(X_i; \beta) e^{(v_i - u_i)} \quad (3)$$

$$\text{Avec} \quad u_i = \delta z_i + w_i \quad (4)$$

Y_i désignant la production de l'exploitation i ; X_i les quantités des inputs ayant servi à produire Y_i ; β le vecteur des paramètres associés à X_i (à estimer) et f la technologie de production de l'exploitation agricole. Le terme d'erreur est scindé en deux parties v_i et u_i .

Le vecteur z_i regroupe l'ensemble des variables qui sont supposées déterminer l'inefficacité technique ; δ est le vecteur de paramètres inconnus à estimer ; w_i est un terme aléatoire suivant $N(0, \sigma^2)$.

Ainsi, la formule de l'efficacité technique ET_i de l'exploitation i sera : $ET_i = e^{-u_i} = e^{-(\delta z_i + w_i)}$

(5)

Données utilisées et estimation empirique du modèle

Les données exploitées dans le cadre de cette étude ont été collectées en 2017 sur un échantillon aléatoire stratifié auto-pondéré de 261 producteurs de coton (dont 31 productrices) dans deux communes situées dans des zones agroécologiques différentes : il s'agit des communes de Savalou et de Banikoara. Les registres actualisés des coopératives villageoises de producteurs de coton disponibles aux Secteurs Communaux de Développement Agricole, ont servi à la constitution de la base de sondage pour l'échantillonnage dans ces deux communes. Les informations ont été collectées au moyen d'entretiens individuels structurés avec un questionnaire (disponible sur demande). Elles concernent essentiellement les caractéristiques socio-économiques des exploitations, l'utilisation de la culture attelée et ses caractéristiques, les facteurs de production, la production de coton et ses caractéristiques, la perception des exploitants de leur niveau d'efficacité.

Le modèle adapté pour estimer les niveaux d'efficacité technique des producteurs de coton étudiés, est la fonction de production frontière stochastique de type Cobb-Douglas. Les paramètres de ladite fonction de production et ceux de la fonction d'inefficacité ont été estimés en une seule étape, par la

méthode du maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood). Pour le producteur i de l'échantillon, la forme linéarisée du modèle se présente comme suit :

$$\ln(\text{PRODUCTION}_i) = \beta_0 \ln(A) + \beta_1 \ln(\text{SUPERFICIE}_i) + \beta_2 \ln(\text{SEMENCE}_i) + \beta_3 \ln(\text{HERBICIDE}_i) + \beta_4 \ln(\text{ENGRAIS}_i) + \beta_5 \ln(\text{INSECTICIDE}_i) + \beta_6 \ln(\text{TRAVAIL}_i) + \beta_7 \ln(\text{CAPITAL}_i) + \beta_8 \ln(\text{ELEVE}_i) + \beta_9 \ln(\text{MOYEN}_i) + v_i + u_i \quad (6)$$

Avec

$$u_i = \delta_1 \text{EXPERIENCE}_i + \delta_2 \text{AGE}_i + \delta_3 \text{ATTELEE}_i + \delta_4 \text{SEXE}_i + \delta_5 \text{CREDIT}_i + \delta_6 \text{VULGARISATION}_i \quad (7)$$

Le tableau 1 présente la définition de chaque variable de ce modèle.

Tableau 8 : Présentation des variables du modèle

| Variables | Description | Type de variable | Signe attendu |
|---|---|--------------------------|---------------|
| Variables de la fonction de production | | | |
| PRODUCTION | Production totale de coton (Kg) | Quantitative continue | + |
| SUPERFICIE | Superficie totale de coton (Ha) | Quantitative continue | + |
| SEMENCE | Quantité totale de semences utilisée (Kg) | Quantitative continue | + |
| HERBICIDE | Valeur totale d'herbicides utilisée (FCFA) | Quantitative continue | + |
| ENGRAIS | Quantité totale d'engrais (NPK et Urée) utilisée (Kg) | Quantitative continue | + |
| INSECTICIDE | Valeur totale d'insecticides utilisée (FCFA) | Quantitative continue | + |
| TRAVAIL | Quantité totale de travail utilisée (Homme-jour) | Quantitative continue | + |
| CAPITAL | Valeur totale (en FCFA) du petit outillage, y comprises les charges d'utilisation de l'équipement de culture attelée (valeur locative pour les cas de prêt et location ; coûts d'entretien pour les cas de propriété) | Quantitative continue | + |
| ELEVE* | Niveau de fertilité élevé pour la majorité des parcelles coton de l'exploitation (1 si niveau Élevé, 0 si non) | Qualitative dichotomique | + |
| MOYEN* | Niveau de fertilité moyen pour la majorité des parcelles coton de l'exploitation (1 si niveau Moyen, 0 si non) | Qualitative dichotomique | + |
| Variables explicatives de l'inefficacité | | | |
| EXPERIENCE | Nombre d'année d'expérience de l'exploitant dans l'allocation des ressources productives du coton | Quantitative discontinue | - |
| AGE | Âge (en années révolues) du chef d'exploitation agricole | Quantitative discontinue | + |
| ATTELEE | Utilisation de la culture attelée (1 si oui, 0 si non) | Qualitative dichotomique | - |
| SEXE | Sexe du chef d'exploitation (1 si masculin, 0 si féminin) | Qualitative dichotomique | ± |
| CREDIT | Accès au crédit pendant la campagne agricole 2016-2017 (variable binaire) | Qualitative dichotomique | - |
| VULGARISATION | Fréquence du contact avec les agents de vulgarisation pendant la campagne 2016-2017 | Quantitative discontinue | - |

* : sont des modalités de la variable « Niveau de fertilité » décomposées en variable pour l'analyse. La modalité "Faible" est prise comme référence.

Le niveau de fertilité des parcelles est un élément déterminant du rendement, donc de la production agricole. Deux exploitants identiques (mêmes technologies et même aptitudes) auront probablement deux niveaux d'efficacité différents si l'on ne tient compte du niveau de fertilité de leurs parcelles, qui en réalité caractérise leur dotation en terre. Dans cette même logique, Sherlund *et al.* (2002) abordant les mesures d'efficacité des petits producteurs agricoles, avait déjà mis en évidence le biais d'omission de variables, associé à toute estimation de frontière de production qui ignorent les paramètres de l'environnement de production tels que le niveau de fertilité des parcelles. C'est pourquoi la variable niveau de fertilité des parcelles de coton de l'exploitation a été introduit dans le modèle.

Une fonction de production doit remplir certaines conditions de régularité afin de conduire à des paramètres caractéristiques compatibles avec la théorie économique. Il s'agit notamment de la positivité des productivités marginales des facteurs, des rendements décroissants, de la convexité des isoquants et des élasticités propres des facteurs négatives. La forme fonctionnelle de la fonction de production étant du type Cobb-Douglas, les coefficients β des facteurs de production sont donc censés avoir un signe positif et compris entre 0 et 1.

Trois hypothèses ont été testées pour valider le modèle : les erreurs techniques sont absentes, Les erreurs techniques ne sont pas stochastiques et la relation qui lie les erreurs techniques et les facteurs explicatifs n'est pas linéaire.

Pour vérifier l'adéquation d'une forme fonctionnelle aux observations, Coelli *et al.* (2005) propose le test du ratio de vraisemblance (Likelihood Ratio en anglais) défini par :
$$LR = -2\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)] \quad (8)$$
 $L(H_0)$ et $L(H_1)$ représentent respectivement les valeurs des ratios de vraisemblance sous l'hypothèse nulle (H_0 = absence d'inefficacité technique) et l'hypothèse alternative (H_1). Ce test suit une distribution χ^2 . Pour la forme Cobb-Douglas, ce test a permis de rejeter ($LR \chi^2(10) = 95,55$ et $Prob > \chi^2 = 0,0000$) l'hypothèse nulle H_0 . Cette forme fonctionnelle confirme donc l'existence d'inefficacité technique et correspond bien aux observations collectées.

Résultats et discussion

Paramètres de la frontière stochastique de production

Trois hypothèses ont été testées pour vérifier la validité du modèle.

Hypothèse 1 : les erreurs techniques sont absentes

Un test de ratio de vraisemblance (likelihood-ratio test) a été effectué pour tester si les erreurs techniques sont absentes ou non. La valeur de λ calculée est comparée à la valeur critique de la table 1 de Kodde et Palm (1986). La statistique λ obtenue est : 46,06. Cette valeur est supérieure à celle lue dans la table 1 de Kodde et Palm (1986) au seuil de 1 % (8,273). Cela permet de rejeter l'hypothèse nulle qui stipule que les erreurs techniques sont absentes.

Hypothèse 2 : les erreurs techniques ne sont pas stochastiques

L'hypothèse nulle qui stipule que les erreurs techniques ne sont pas stochastiques est rejetée au seuil de 1 % (Prob $\leq z = 0,000$). Le paramètre γ (gamma) permet de mesurer la contribution de l'erreur due à l'inefficacité technique dans la variabilité totale de l'output. La valeur estimée de ce paramètre est de 97 %. Cette valeur indique que 97 % de la variabilité totale de la production de coton proviennent des erreurs de gestion des ressources disponibles.

Hypothèse 3 : la relation qui lie les erreurs techniques et les facteurs explicatifs n'est pas linéaire.

L'hypothèse nulle qui stipule que les erreurs techniques et les facteurs explicatifs ne sont pas liées par une relation linéaire est rejetée au seuil de 1 % (Prob $> \chi^2 = 0,0000$). Ici aussi, un test de ratio de vraisemblance (likelihood-ratio test) a été effectué.

Le modèle étant validé, le tableau 2 présente l'ensemble des résultats de l'estimation simultanée de la frontière stochastique de production et des paramètres du modèle d'inefficacité, la méthode en une étape étant utilisée.

Tableau 9 : Paramètres estimés de la frontière stochastique et du modèle d'inefficacité

| Production | Coef. | Erreur Standard | z | P>z |
|--|-----------|-----------------|--------|-------|
| Frontière stochastique de production | | | | |
| SUPERFICIE | 0,279* | 0,147 | 1,900 | 0,058 |
| SEMENCE | 0,026 | 0,127 | 0,200 | 0,840 |
| HERBICIDE | 0,048 | 0,112 | 0,430 | 0,668 |
| ENGRAIS | 0,165** | 0,078 | 2,110 | 0,035 |
| INSECTICIDE | 0,042 | 0,030 | 1,380 | 0,168 |
| TRAVAIL | 0,420*** | 0,092 | 4,550 | 0,000 |
| CAPITAL | 0,073** | 0,037 | 2,000 | 0,045 |
| ELEVE | 0,084 | 0,058 | 1,450 | 0,148 |
| MOYEN | 0,070* | 0,041 | 1,700 | 0,089 |
| _cons | 2,757** | 1,152 | 2,390 | 0,017 |
| Effets d'inefficacité | | | | |
| EXPERIENCE | -0,088*** | 0,029 | -3,030 | 0,002 |
| AGE | 0,086*** | 0,021 | 4,050 | 0,000 |
| ATTELEE | -1,203*** | 0,418 | -2,880 | 0,004 |
| SEXE | 0,520 | 0,798 | 0,650 | 0,514 |
| CREDIT | -1,214* | 0,679 | -1,790 | 0,074 |
| VULGARISATION | -0,546*** | 0,167 | -3,280 | 0,001 |
| E(sigma_u) | 1,443 | | | |
| sigma_v | 0,259 | 0,014 | 18,500 | 0,000 |
| Wald chi2(9) | | 2139,25 | | |
| Prob > chi2 | | 0,0000 | | |
| $\gamma(\text{Gamma}) = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2}$ | | 0,9688 | | |
| Log likelihood | | -38,0521 | | |
| Nombre d'observations | | 261 | | |

*** significatif au seuil de 1 % ; ** significatif au seuil de 5 % ; * significatif au seuil de 10 %

Le modèle est globalement significatif au seuil de 1 %. Tous les coefficients estimés pour la frontière stochastique de production sont positifs et compris entre 0 et 1, conformément à la théorie. Ceci confirme aussi l'adéquation de la forme fonctionnelle Cobb-Douglas, avec les données de l'étude. Les variables influençant le plus la production de coton-graine dans la zone d'étude sont : le nombre total d'homme-jour utilisé, la quantité d'engrais utilisée et le capital (qui sont significatives au seuil de 5 %) et la superficie emblavée et le niveau de fertilité des parcelles (significatives au seuil de 10 %). En ce qui concerne les facteurs d'inefficacité, les variables

indiquant : la fréquence de contact avec les agents de vulgarisation pendant la campagne agricole, l'expérience du chef de l'exploitation agricole dans la production de coton, l'âge du chef d'exploitation et l'utilisation de la culture attelée sont significatives au seuil de 5 % et l'accès au crédit durant la campagne agricole est significative au seuil de 10 %.

Avec ces résultats, *ceteris paribus*, on constate que, dans les mêmes conditions d'accès aux ressources, les femmes seront autant techniquement efficaces que les hommes. Les exploitations agricoles qui sont les plus en contact avec les agents de vulgarisation sont plus efficaces que les autres. L'utilisation de la culture attelée influence positivement l'efficacité technique de ces derniers. Aussi, les chefs d'exploitation agricole avec le plus d'expérience sont plus efficace techniquement. On note que l'accès au crédit améliore l'efficacité technique des exploitations agricoles. Le signe positif pour l'âge des chefs d'exploitations agricoles réalisé indique qu'il a une influence négative sur l'efficacité technique des exploitations agricoles étudiées. Ceci peut s'expliquer par le fait que les producteurs âgés peuvent avoir des réserves vis-à-vis du changement et de leur réticence à adopter les innovations technologiques (Balcombe et al., 2005 ; Hadley, 2006).

Analyse des indices d'efficacité technique

Le tableau 3 présente le niveau d'efficacité technique et de production en fonction de l'utilisation ou non de la culture attelée. Dans l'ensemble, les exploitations de la zone d'étude ont une efficacité technique moyenne de 89,3 %, avec des scores variant de 12,2 % à 98,8 %. Ce niveau de gestion de ressources dépasse la moyenne de 66,41% observée dans quatre régions de Côte d'Ivoire par Kouakou (2014) et les 71,16% observés par Midingoyi (2008) pour l'ensemble des départements de l'Atacora et de l'Alibori.

Tableau 10 : Niveau d'efficacité technique et de production en fonction de l'utilisation ou non de la culture attelée

| Variables | Utilisation culture attelée | | Ensemble (n=261) | Prob > F |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|------------------|----------|
| | Oui (n=148) | Non (n=113) | | |
| Score moyen d'efficacité technique | 0,928 | 0,846 | 0,893 | 0,000*** |
| Score minimum d'efficacité technique | 0,651 | 0,122 | 0,122 | |
| Score maximum d'efficacité technique | 0,988 | 0,972 | 0,988 | |
| Production moyenne obtenue (kg) | 8 399,0 | 4 245,8 | 6 600,9 | - |
| Superficie (ha) | 5,9 | 3,1 | 4,7 | 0,000*** |
| Rendement (kg/ha) | 1 427,9 | 1 367,1 | 1 410,4 | 0,309 |

*** : différence significative au seuil de 1%

On note que les exploitations qui utilisent la culture attelée sont, en moyenne, plus efficaces (efficacité moyenne de 92,8 %) que celles qui n'utilisent pas la culture attelée (efficacité moyennes de 84,6 %). Cette différence d'efficacité est statistiquement significative au seuil de 1 %. Les scores varient de 65,1 % à 98,8 % pour les premiers, mais varient de 12,2 % à 97,2 % pour la deuxième catégorie (n'utilisant pas la culture attelée). Considérant l'importance du respect de la date semis dans le rendement du coton, la meilleure possibilité qu'offre l'utilisation de la culture attelée d'installer le coton à temps, constitue sans doute une explication à ces observations. Cette meilleure performance technique observée pour l'utilisation de la culture attelée a été également démontrée au Kenya par Guthiga *et al.* (2007).

Bien qu'un grand nombre d'exploitations soit proche de la frontière de production, il existe encore de potentiels gains de productivité si les erreurs de gestions actuelles sont corrigées. A partir des scores d'efficacité technique (e^{-u_i}), on peut mesurer l'inefficacité technique (u_i).

On sait que : $Efficacite_i = e^{-u_i}$, alors $u_i = -\ln(Efficacite_i)$.

En effet, $u_i * 100$ est le pourcentage par lequel la production réelle peut être augmentée en utilisant les mêmes intrants si l'exploitation est totalement efficace. En d'autres termes, $u_i * 100$ est le pourcentage de la production qui est perdue en raison de l'inefficacité technique de l'exploitation i .

A partir de ce calcul, on constate qu'en moyenne, les exploitations étudiées peuvent accroître leur production de 13,0 % (passant de 6 600,9 kg à 7 459,1 kg) en utilisant les mêmes ressources de production si elles deviennent toutes efficaces. Les exploitations utilisant la culture attelée peuvent, en moyenne, augmenter leur production de 07,6 % (passant de 8 399,0 kg à 9 037,3 kg) avec les mêmes ressources et celles n'utilisant pas la culture attelée peuvent augmenter leur production de 20,1 % (passant de 4 245,8 kg à 5 099,2 kg) avec les mêmes ressources.

Analyse comparative des groupes d'exploitations agricoles

Les exploitations agricoles étudiées ont été regroupées en terciles. Le groupe 1 est constitué du tercile inférieur, le groupe 2 du tercile du milieu et le groupe 3 du tercile supérieur. Les résultats de l'analyse des groupes d'exploitations agricoles sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 11 : Comparaison des groupes de producteurs

| Variables | Groupes | | | Prob > F |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|----------|
| | Groupe 1 (n=87) | Groupe 2 (n=87) | Groupe 3 (n=87) | |
| Score d'efficacité technique | 0,784 | 0,930 | 0,964 | 0,000*** |
| Superficie emblavée (ha) | 3,4 | 5,0 | 5,6 | 0,015** |
| Rendement (kg/ha) | 998,0 | 1 451,7 | 1 622,0 | 0,000*** |
| Semis à bonne date (% d'exploitations) | 27,6 | 42,5 | 58,9 | 0,003*** |
| Utilisation culture attelée (% d'exploitations) | 35,6 | 69,0 | 65,5 | 0,000*** |
| Fréquence contact avec les agents de vulgarisation pendant la campagne agricole 2016-2017 | 0,6 | 1,5 | 2,6 | 0,000*** |
| Coût unitaire de production (FCFA/kg) | 310 | 220 | 205 | 0,000*** |
| Revenu agricole (FCFA/ha) | 116 893,5 | 224 025,5 | 258 609,1 | 0,000*** |
| Actif total | 06 | 07 | 06 | 0,459 |
| Expérience (années) | 12 | 13 | 11 | 0,312 |
| Accès au crédit pendant la campagne agricole 2016-2017 (% d'exploitations) | 62,1 | 52,9 | 87,4 | 0,000*** |
| Taille du ménage | 10 | 11 | 10 | 0,322 |

*** significatif au seuil de 1 % ; ** significatif au seuil de 5 % ; * significatif au seuil de 10 %

On constate que les exploitations du groupe 3 ont obtenu, en moyenne, un rendement 1,6 fois plus élevé que celui des exploitations agricoles du groupe 1 et 1,1 fois plus élevé que celui des exploitations agricoles du groupe 2. Les exploitations agricoles du groupe 2 obtiennent en moyenne, un rendement 1,4 fois plus élevé que celui des exploitations du groupe 1. Cette différence entre les différents groupes est significative au seuil de 1 %.

On note également que les exploitations des groupe 2 et 3 sont, en moyenne, plus en contact avec les agents de vulgarisation durant la campagne agricole 2016-2017. En effet, les exploitations du groupe 2 et 3 sont

respectivement 2,5 et 4,3 fois plus en contact avec les agents de vulgarisation que celles du groupe 1. Cette différence entre les différents groupes est significative au seuil de 1 %. Le coût unitaire de production du coton-graine diffère significativement au seuil de 1 % d'un groupe à l'autre. Les exploitations du groupe 1 dépensent en moyenne, 1,6 fois plus que les exploitations du groupe 2 et 1,7 fois plus que les exploitations du groupe 3 pour produire 1kg de coton-graine.

En ce qui concerne le revenu agricole, on note une différence significative entre les différents groupes. Les exploitations agricoles du groupe 3 gagnent, en moyenne, environ 2,2 fois plus que celles du groupe 1 et 1,2 fois plus que celles du groupe 2. Les exploitations du groupe 2 gagnent, en moyenne, 1,9 fois plus que celles du groupe 1. Le revenu agricole (RA) est indicateur qui sert à rémunérer la main d'œuvre familiale. Il s'obtient par déduction des charges réelles, de la valeur de production brute.

Conclusion

La présente étude a examiné, dans une approche comparative, l'efficacité technique de l'utilisation de la culture attelée, pour la production cotonnière dans deux zones agroécologiques du bassin cotonnier du Bénin. L'approche d'estimation en une seule étape de la frontière stochastique de production et du modèle déterminant les facteurs d'inefficacité technique, a été utilisée. Les scores d'efficacité vont de 12,2 % à 98,9 % dans l'ensemble, mais varient significativement selon les catégories d'exploitations étudiées. Celles utilisant la culture attelée sont techniquement plus efficaces avec 92,8 % en moyenne, alors que les exploitations n'utilisant pas la culture attelée ont un niveau moyen de 84,6 %.

En somme, les résultats indiquent que l'utilisation de la culture attelée, toutes choses étant égales par ailleurs, améliore sensiblement l'efficacité technique de la production cotonnière. Cette observation conforte l'idée selon laquelle cette technologie facilite un usage plus efficient de l'ensemble des facteurs de production agricole. Elle augmente aussi la propension de l'agriculteur à adopter des pratiques agroécologiques telles que l'utilisation du fumier, la valorisation des résidus agricoles contrairement au brûlis, la facilité de respecter l'itinéraire technique, etc. Elle constitue donc un élément important à considérer dans la diffusion de telles pratiques. Toutefois, diverses contraintes dont le manque de capital et de savoir-faire, méritent d'être levées pour faciliter la diffusion de la traction animale comme principale source d'énergie dans l'agriculture béninoise.

Références Bibliographiques

- Amara, N., & Romain, R. (2000). *Mesure de l'efficacité technique : revue de la littérature* : Centre de recherche en économie agroalimentaire, Université Laval.
- Azontonde, H. A. (1989). Effets de la culture attelée sur l'érosion et la conservation des sols au Nord Bénin. In *Soltrop 89 : actes du premier séminaire franco-africain de pédologie tropicale, Lomé, 6-12 février 1989* (pp. 457-472). Paris: ORSTOM.
- Balcombe, K., Davidova, S., & Latruffe, L. (2005). Productivity change in polish agriculture: an application of a bootstrap procedure to malmquist indices. 2005 International Congress, August 23-27, 2005,

- Copenhagen, Denmark 24572, European Association of Agricultural Economists.
<https://10.22004/ag.econ.24572>
- Balse, M., Ferrier, C., Girard, P., Havard, M., Herbel, D., Larue, F., 2015. Une expérience originale de mécanisation partagée en Afrique. Les Coopératives d'utilisation de matériel agricole au Bénin. Champs d'acteurs 03, FARM, Cuma France, Cuma Aquitaine, Cuma Bénin, FAO.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325-332. doi:<https://10.1007/BF01205442>
- Benin, S., Nin Pratt, A., Wood, S. and Guo, Z. 2011. *Trends and Spatial Patterns in Agricultural Productivity in Africa, 1961–2010*. ReSAKSS Annual Trends and Outlook Report 2011. International Food Policy Research Institute (IFPRI). doi:<http://dx.doi.org/10.2499/9780896298019>
- Caudill, S. B., Ford, J. M., & Gropper, D. M. (1995). Frontier Estimation and Firm-Specific Inefficiency Measures in the Presence of Heteroscedasticity. *Journal of Business & Economic Statistics*, 13(1), 105-111. doi:<https://10.2307/1392525>
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* : Springer.
- Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3), 273-292. doi:10.2307/1906814
- Dugué, P., & Floquet, A. (2000). *Projet d'amélioration et de diversification des systèmes d'exploitation (PADSE), départements du Zou, des Collines, du Borgou et de l'Alibori: mission d'appui pour la programmation du volet " recherche-développement", rapport final, juin 2000*. Montpellier: CIRAD-TERA,135p.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281. doi:<https://doi.org/10.2307/2343100>
- Guthiga, P. M., Karugia, J. T., & Nyikal, R. A. (2007). Does use of draft animal power increase economic efficiency of smallholder farms in Kenya? *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(4), 290-296. doi:<https://10.1017/S174217050700186X>
- Hadley, D. (2006). Patterns in Technical Efficiency and Technical Change at the Farm-level in England and Wales, 1982–2002. *Journal of Agricultural Economics*, 57(1), 81-100. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2006.00033.x>
- Huang, C. J., & Liu, J.-T. (1994). Estimation of a Non-Neutral Stochastic Frontier Production Function. *Journal of Productivity Analysis*, 5(2), 171-180.
- Keane, J., Page, S., Kergna, A., & Kennan, J. (2009). *Climate Change and Developing Country Agriculture: An Overview of Expected Impacts, Adaptation and Mitigation Challenges, and Funding Requirements*. Retrieved from <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ags:ictdcl:320103>
- Koopmans, T. C. (1951). *Analysis of production as an efficient combination of activities* : Wiley.
- Kouakou, K. (2014). Diagnostic de la performance de la production cotonnière en Côte d'Ivoire. *Revue d'économie théorique et appliquée*, 4(1), 75-96.
- Kpenavoun Chogou, S., Gandonou, E., & Fiogbe, N. (2017). Mesure de l'efficacité technique des petits producteurs d'ananas au Bénin. *Cah. Agric.*, 26(2), 25004.

- Le Thiec, G. (Ed.) (1996). *Agriculture africaine et traction animale* : CIRAD-CTA, Wageningen, The Netherlands.
- Lhoste, P., Vall, É., & Havard, M. (2010). *La traction animale*.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche . (2011). *Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA) du Bénin*.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche. (2022). *Stratégie Nationale de Mécanisation Agricole (SNMA) au Bénin 2022-2026*.
- Midingoyi, G. S.-K. (2008). *Analyse des déterminants de l'efficacité de la production cotonnière au Bénin: cas des départements de l'Alibori et de l'Atacora*. (Mémoire de Master complémentaire en économie et sociologie rurales.), Académie Universitaire de Wallonie-Europe, Gembloux.
- Nepad. (2017). *Agriculture in Africa: transformation and outlook*. Agence de planification et de coordination du NEPAD, Afrique du Sud.
- OCDE/FAO (2016), « L'agriculture en Afrique subsaharienne : Perspectives et enjeux de la décennie à venir », dans Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025, Éditions OCDE, Paris. doi: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-5-fr
- Sherlund, S. M., Barrett, C. B., & Adesina, A. A. (2002). Smallholder technical efficiency controlling for environmental production conditions. *Journal of Development Economics*, 69(1), 85-101. doi:[https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(02\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(02)00054-8)
- Side C.S., Havard M., 2015. Développer durablement la mécanisation pour améliorer la productivité de l'agriculture familiale en Afrique Subsaharienne. *Int. J. Adv. Stud. Res. Africa*. 6(1&2) : 34-43.
- Wang, H.-j., & Schmidt, P. (2002). One-Step and Two-Step Estimation of the Effects of Exogenous Variables on Technical Efficiency Levels. *Journal of Productivity Analysis*, 18(2), 129-144. doi:<https://10.1023/A:1016565719882>

In vivo tests of *Calotropis Procera* powder on coccidiosis in poultry: the case of Goliath chickens

Sessiwede Ingrid Nadine ANAGONOU¹, Dourossimi Adam ADENILE¹, Vital GBAGUIDI¹, Svetlana Aleksandrovna Shemyakova^{2*}, Auracio OBINTI¹

¹ Laboratory of Ethnopharmacology and Animal Health, School of Sciences and Techniques of Animal Production, University of Abomey-Calavi, 01 BP: 526 Cotonou, Benin.

²Laboratory of Parasitology and Invasive Diseases of Animals, Faculty of Veterinary Medicine, State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology K.I. Skryabine, Moscow

Corresponding author: *anagonounad@hotmail.com

Abstract

The Goliath chicken was created to solve the problems associated with the low-growth performance of local chickens of the Republic of Benin. Unfortunately, its breeding is facing health problems. Some studies have reported the presence of coccidiosis in Goliath chicken farms, especially at the start-up stage. The main aim of this study was to evaluate the effect of *Calotropis procera* powder on coccidiosis control in Goliath chickens.

For that purpose, three doses were tested: d1 = 0.5g/kg of *Calotropis procera* powder, d2 = 0.9g/kg, and d3 = 1.3g/kg, on 240 chickens between 6 and 8 weeks old and having an average weight of 1400±22.2 g. The chickens were infested with strains of *Eimeria spp* collected from local farms at rates from 1,000 to 4,000 eggs per gram of droppings. Each dose was tested on three lots of 20 birds infested: lot 1 = 1000 to 2000 OPG, lot 2 = 2000 to 3000 OPG, and lot 3 = 3000 to 4000 OPG. The positive control lots did not receive the *Calotropis procera* powder: d0. The powder was administered ad libitum in drinking water.

The 0.5 g/kg dose showed that the infested subjects were not cured by day 3 (D3) with a mortality rate of 80% in lot 3. The 0.9 g/kg dose induced a significant reduction in the parasite load at D3 in all lots, with a mortality rate of 12% in lot 3. The mortality rate was also high (75%) in the lots that received the 1.3 g/kg dose and in the control lots (88%). These results could be explained by the animals' refusal to drink the water with 1.3 g/kg of *Calotropis procera* powder. The best therapeutic effects were therefore obtained with dose d2 = 0.9 g/kg.

With the reserve of determining the toxic dose of *Calotropis procera*, this plant has therapeutic virtues and constitutes an alternative solution for the control of coccidiosis in poultry farming.

Keywords: Poultry, Coccidiosis, Pulverulent, *Calotropis procera*, Republic of Benin

I. Introduction

Livestock farming is one of the keystones of food security in Africa. Poultry farming fits perfectly into this scheme, especially broiler farming. According to the FAO, world poultry meat production increased by 50% between 1985 and 1995. Most of this growth was in developing and newly industrialized countries (Jez C. et al., 2010). New improvements are constantly being made: the crossbreeding of local chickens with imported breeds in Benin has given rise to the Goliath chicken. Thanks to these genetic advances, productivity is set to increase considerably. The effectiveness of selection is explained by certain

characteristics specific to the species: the short cycle, high prolificacy, and the autonomy of offspring in relation to their parents. But with intensive chicken farming, coccidiosis has become a growing concern for breeders, as much for the mortality and morbidity it induces as for the economic losses it causes.

Avian coccidiosis is a digestive protozoan disease caused by obligate intracellular coccidia called *Eimeria*. *Eimeria* species are monoxenic and develop specifically in the enterocytes of the intestinal epithelium, resulting in digestive disorders (hemorrhagic diarrhea, most often fatal), or reduced production, and have an economic rather than medical impact (Hamel S. A. et al., 2012). Known for a long time, it is difficult to eliminate by simple sanitary measures. Coccidiosis therefore remains a topical disease in Goliath chicken farming. Whatever the intensity of the disease, it has a fundamental economic impact on both the farm and the industry. Coccidiosis is an infection with major economic repercussions: it causes either mortality or a subclinical form, with a drop in yield and quality. It is estimated that coccidiosis accounts for 17% of losses in factory farming (Siham C., 2022). The annual worldwide cost of this disease is 800 million dollars (Blake D.P. et al, 2020). Coccidia of the *Eimeria* genus are highly specific: chicken coccidiosis therefore affects only this species (Euzéby J., 1973).

Medical prophylaxis plans for this disease are mainly based on three means of combating coccidiosis: the use of coccidiostatic additives in feed, systematic anticoccidial treatments during rearing and, more recently, vaccination (Witcombe D.M., Smith N.C., 2014).

Calotropis procera is a multi-use plant that supplies a vast array of valuable ecosystem services. It is used extensively in traditional medicinal systems in North Africa, Middle East Asia, South Asia and South-East Asia (Al Sulaibi M.A.M. et al., 2020). It has also been used since antiquity as fiber, fuel, fodder, and timber (Batool S. et al., 2020).

The main aim of our study is to evaluate the effect of *Calotropis procera* powder on coccidiosis control in Goliath chickens.

II. Materials et methods

1. Methodology

The study was conducted in three stages:

- a first step which is the in vivo infestation phase of chickens with coccidia oocysts;
- a second step consisted of extracting of the *Calotropis procera* powder under laboratory conditions;
- at the third step *Calotropis procera* powder was administered to experimentally infested chickens at the Laboratory of Ethnopharmacology and Animal Health (LESA) of the Faculty of Agricultural Sciences (FSA) of the University of Abomey-Calavi (UAC).

2. Experimental set-up

The plant material was essentially *Calotropis procera* latex. First, we harvested the latex from the stem and fruits of the plant. For this purpose, we:

- provided ourselves with three (03) test tubes and a slope;
- wore gloves to avoid direct contact with the product, given its toxicity. Once a sufficient quantity of latex had been collected, the tubes were hermetically sealed and placed in a cooler. This precaution was taken to avoid coagulation of the latex. The cooler was then transported to the laboratory and the latex was stored in the refrigerator for 48 hours at a temperature of 4°C.

To get the latex extract we diluted 14 c of crude latex in 140 cL of distilled water in a volumetric flask. This proportion was chosen to take into account the usual dilution method (50 mL for 500 mL of solvent (distilled water)).

Once the dilution was made, the mixture was shaken to allow homogenization of the product.

The product was then filtered using a composite device (cotton, Erlenmeyer, and sintered glass). The obtained filtrate was put in the water bath conditions of the Rotavapor for 1 hour at a temperature of 80°C.

The new obtained filtrate was introduced into an oven for seven days at a temperature of 60°C. After this time the dry extract was collected and weighed.

The extraction of the *Calotropis procera* latex extract was carried out over eight days.

2.1. Chicken infestation protocol

In order to be sure that the purchased animals were apparently healthy, their droppings were subjected to a coprological analysis.

At the start of the experiment, a total of 300 chickens were considered. However, after coprological analysis prior to the formation of the lots, 60 chickens were excluded, as their parasite rate was lower 1,000 or higher 4,000 eggs. Finally, 240 chickens aged 6 to 8 weeks and with an average weight of 1400 ± 22.2 g were retained. The chickens were infested with *Eimeria spp* strains collected from local farms at a rate of 1000 to 4000 eggs per gram of droppings. For an accurate analysis and interpretation of the results, we selected 3 lots of 80 chickens each out of the 240 maintained chickens based on the results of the coprological analysis. Each batch was subdivided into 4 sub-batches of 20 chickens according to the dose of powder received (d0, d1, d2, and d3). Then the doses of *Calotropis procera* powder received by the chickens were: d0 = placebo; d1 = 0.5 g/kg; d2 = 0.9 g/kg; d3 = 1.3 g/kg. The dose d0 corresponded to no product treatment dose.

The per os administration of the latex extract lasted three days. It started on day 14 after the infestation of the chickens

2.2. Data collection

The experiment itself was conducted over 4 weeks. During the experiment, feed distribution and collection of feed refusals (leftover and wasted feed) were done daily.

Weighing the animals before and at the end of the infestation (D14) allowed to evaluate the weight variation during the infestation and the amount of latex extract dose to be administered during the treatment.

Droppings collection and coprology were performed three times a week. Thus, the coprological analysis method used was the quantitative method based on the Mini-Flotac technique developed by Cringoli et al (2010). This method is based on the use of the Fill-Flotac (collector allowing the homogenisation of the droppings in the flotation liquid and the filtration of the homogenate) and the Mini-Flotac (reading disc comprising 2 chambers of 1 ml), the upper part of which rotates for microscopic observation, leaving only a very thin film to be observed, which offered an easy reading.

The procedure was as follows:

- 18 ml of a saturated saline solution (1200) 1:10 dilution ratio was added to the Fill-Flotac;
- the conical manifold of the Fill-Flotac was filled with a 2 g sample of fresh poop and homogenised;
- using the filling holes, the two flotation chambers were filled with the fecal suspension until a small meniscus was formed. In order to avoid air bubbles, the chambers were filled with the Mini-Flotac device held at an angle;
- after 10 minutes, the spanner was used to rotate the disc;
- the Mini-Flotac was placed on the microscope slide with the adapter for egg counting.

The results of this coprological analysis are expressed as Eggs Per Gram of droppings (OPG) where an OPG of 5 is equivalent to one egg contained in the Mini-Flotac cell when counting in both chambers and 10 when counting in one chamber.

3. Statistical analysis of the data

Descriptive statistical analyses in terms of mean and standard deviation were used to calculate the weight variation and Eggs per Gram of feces (EPF) data. R software was used to calculate and compare the results obtained from ANOVA1.

Excel 2010 was used to design the graphs and tables.

III. Results

The various results from the extraction process of the *C. procera* latex extract are presented in the table 1.

Table 1 : Extraction results

| | Tests | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|---------------|
| Plants | 1 | 2 | 3 | Productivity% |
| <i>C. procera</i> | 138 g | 130 g | 128 g | 31,42 |

In fact, on the 42 cL of extracted latex, a mass of 396 g was obtained with a yield of 31.42% of the extracts. The highest mass of extracted *C. procerata* latex powder was obtained in the first test (138 g) and the other two tests yielded 130 g and 128 g respectively.

We analyzed the parasitic loads on day 0 (day of powder administration) in the lots (figure 1).

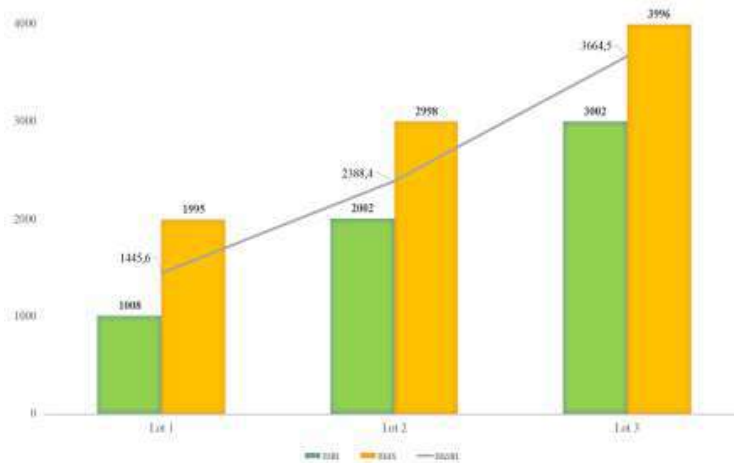


Figure 1: parasitic loads on day 0 in the lots

The average parasitic load in lot 3 was 1.53 and 2.53 higher than in the lots 2 and 1, respectively.

We also analyzed the parasitic loads in the lots on day 3 lots (figure 2).

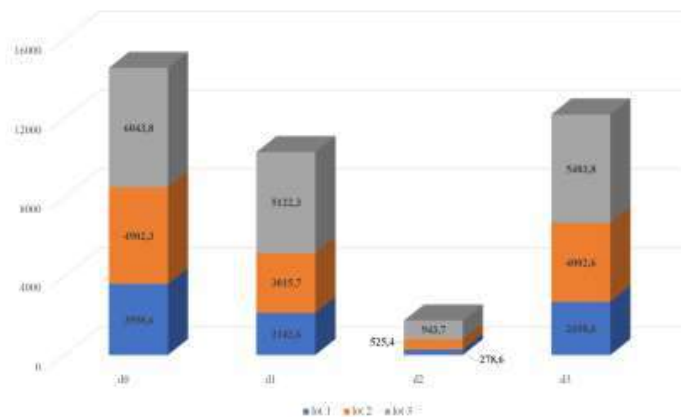


Figure 2: average parasitic loads on day 3 in the lots

Parasitic load increased considerably in all control lots. Doses d1 and d3 were not effective, leading to an increase in parasitic load in the lots, which were lower than in the control lots. Only dose d2 proved significant efficacy, although with a 12% mortality rate in lot 3.

The total death rates on day 3 after using the *Calotropis procera* powder doses are presented on the figure 3 and in table 2.

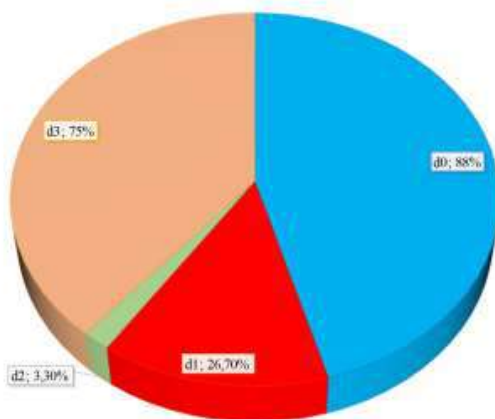


Figure 3: total death rates on day 3 by *Calotropis procera* powder dose

In total 88% of control chickens died on D3: all of lot 3, and lesser in the lot 1 – 70%. The 0.5 g/kg dose showed that infested subjects were not cured at D3 (they still showed clinical signs) with an 80% mortality rate in lot 3 with no mortality recorded in the lots 1 and 2. The 0.9 g/kg dose induced a significant reduction in parasitic load at D3 in all lots, with an overall mortality of 3.3% (dead chickens were recorded only in lot 3). The results for d3 could be explained by the animals' refusal to drink water containing 1.3 g/kg *Calotropis procera* powder. This refusal merits further investigation in the future.

Table 2: death rates on day 3 by *Calotropis procera* powder dose and by lot

| Lots | Chickens death's rates | | | | | | | |
|------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | d0 | | d1 | | d2 | | d3 | |
| | abs | % | abs | % | abs | % | abs | % |
| 1 | 14 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 55 |
| 2 | 19 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 80 |
| 3 | 20 | 100 | 16* | 80* | 2* | 10* | 18 | 90 |

NB: * significant differences were obtained

IV. Discussion

The quantitative colposcopic examination carried out on the 300 chickens gave an infestation rate of 80% for coccidial oocysts. These results differ from those of Adjahoutonon K., (2007) who obtained 72.73% as the infestation rate for coccidial oocysts in aulacodes as well as those of Souromou L.W., (2023) with 67% infestation rate. This diagnosis revealed a predominance of coccidia in chickens. Coccidia infestation seems to start when hygiene rules are not followed in poultry houses; in this case, the infestation rate increases as pointed out by Dougnon T.V. (2017). This relatively higher prevalence of coccidiosis could be ascribed to the confinement and deep litter-based rearing system compared to caged birds, according to Lunden G. et al. (2020). The result corroborates previous reports, indicating that coccidiosis is most common to birds under intensive management, especially those reared on deep litter due to relatively higher oocysts accumulation in the deep litter (Methusela S.K. et al., 2002; Taylor J. et al., 2022). Climatic conditions also play a role in the high prevalence of the disease. Thus, the ambient temperatures favor the sporulation of oocysts: excessive humidity, lack of ventilation, overcrowding of premises, and not very good quality of food (Dicko A. et al., 2022). Coccidiosis is widespread and is recorded in several animal species. The results of the work conducted by Soro E.S. et al. 2009 who found *Eimeria* sp. oocysts in the droppings of guinea fowls in the Northern of Côte d'Ivoire confirm this hypothesis.

The results of our study showed that the parasite load increased considerably in all control lots at the start of the experiment. But after the use of *calotropis procera*, parasite loads in all lots, except the control lot, began to decrease. This proves the anticoccidial effect of this plant. Many previous studies have already demonstrated its antibacterial efficacy (Ahmad M.H. et al., 2021; Bankolé A.A. et al., 2022). In addition, a recent study confirmed the efficacy of *Calotropis procera* powder in controlling coccidiosis in rabbits (Adenile D.A. et al., 2023).

Doses d1 and d3 were ineffective, leading to an increase in parasite load in the lots, but to a lesser extent than in the control lots. Only dose d2 proved significantly effective, albeit with a 12% mortality rate in lot3.

88% of control chickens died on D3, including all of lot 3. The 0.5 g/kg dose showed that infested subjects were not cured at D3 (they still showed clinical signs) with an 80% mortality rate in lot 3 with no mortality recorded in lots 1 and 2. The 0.9 g/kg dose induced a significant reduction in parasite load at D3 in all lots, with an overall mortality of 3.3% (only dead chickens were recorded in lot 3). The results for d3 could be explained by the animals' refusal to drink water containing 1.3 g/kg *Calotropis procera* powder.

The effectiveness of treatments recorded with *Calotropis procera* is variable but effective because we used the variable dosage. As the best therapeutic effects were obtained with *Calotropis procera* powder at a dose of 0.9g/kg, we can therefore opt for this remedy as an effective and less costly alternative for the breeder in the fight against coccidiosis in Goliath chickens. These data of the present study allow to envisage future investigations for in-depth studies that could lead to bioactive molecules with anticoccidic properties.

V. Conclusion

The purpose of this study was to prove the efficacy of *Calotropis procera* on coccidiosis of Goliath chickens. The results obtained confirmed the anticoccidic properties of this plant in the goliath chickens. The dose of 0,9g/kg has proven the best results. This study allows to consider further studies on *calotropis procera* in order to develop a bioactive molecule with anticoccidic properties. The use and dissemination of alternative control methods, such as *Calotropis procera* powder, can reinforce prophylaxis plans and, above all, overcome the phenomenon of resistance to anticoccidial drugs.

VI. References

- 1) Jez C., Beaumont C., Magdelaine P. La filière avicole française à l'horizon 2025. Une prospective INRA-ITAVI //INRAE Productions Animales. – 2010. – T. 23. – №. 5. – C. 379-390.
- 2) Hamel S.A., Ghennane O. Etude bibliographie de certaines maladies parasitaires chez les volailles : дис. – université ibn khaldoun-tiaret, 2012.
- 3) Siham C. Étude des parasitoses les plus rencontrées chez les bovins, les ovins Et les caprins à l'abattoir de Tiaret (état des lieux) : diss. – Institut des sciences vétérinaires, 2022.
- 4) Blake D.P. et al. Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens //Veterinary Research. – 2020. – T. 51. – C. 1-14.
- 5) Euzeby J. Immunology of coccidiosis in the chicken //G Allava. – 1973.
- 6) Witcombe D.M., Smith N.C. Strategies for anti-coccidial prophylaxis //Parasitology. – 2014. – T. 141. – №. 11. – C. 1379-1389.
- 7) Al Sulaibi M.A.M., Thiemann C., Thiemann T. Chemical constituents and uses of *Calotropis procera* and *Calotropis gigantea*—a review (Part I—the plants as material and energy resources) //Open Chemistry Journal. – 2020. – T. 7. – №. 1.
- 8) Batool S. et al. Immunomodulatory Effects of *Calotropis procera* on Human T-lymphocytes In Vitro //Pakistan Journal of Zoology. – 2023. – T. 55. – №. 5.
- 9) Cringoli G. et al. The Mini-FLOTAC technique for the diagnosis of helminth and protozoan infections in humans and animals //Nature protocols. – 2017. – T. 12. – №. 9. – C. 1723-1732.
- 10) Adjahoutonon K., Mensah G.A., Akakpo A.J. Evaluation de l'état sanitaire des élevages d'aulacodes installés dans le Sud-est du Bénin //Bul Rec Agr Bén. – 2007. – T. 57. – C. 14-26.
- 11) Soromou L.W. et al. A Trial of Antiparasitic Activity of *Carica Papaya* Seeds Extract on Gastrointestinal Parasites in Aulacodes (*Thryonomys Swinderianus*) //International Journal of Pharmaceutical and Bio Medical Science. – 2023. – T. 3. – №. 05. – C. 185-190.
- 12) Doughton T.V. et al. Pathogenicity, epidemiology and virulence factors of *Salmonella* species: A review //Notulae Scientia Biologicae. – 2017. – T. 9. – №. 4. – C. 460-466.
- 13) Lundén G. Play Behavior and its Importance for Welfare in Chickens and Other Farm Animals. – 2020.

- 14) Methusela S.K. et al. Studies on poultry coccidiosis in different production systems in Debre Zeit and surrounding areas, Ethiopia //Bull. Anim. Health Prod. Afr. – 2002. – T. 50. – C. 41-52.
- 15) Taylor J. et al. Quantifying the effect of coccidiosis on broiler performance and infection outcomes in the presence and absence of control methods //Poultry science. – 2022. – T. 101. – №. 4. – C. 101746.
- 16) Dicko A. et al. In Vivo Anthelmintic Activity of Whole Plant Powder of *Striga Hermonthica* (Deli.) Benth //International Journal Of Medical Science And Clinical Research Studies. – 2022. – T. 2. – №. 01. – C. 01-07.
- 17) Soro O.S. et al. Assessing *Emerica* spp and other parasites in the digestive track of guinea fowls (*Numida meleagris*) farmed in northern Côte d'Ivoire //GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. – 2019. – T. 6. – №. 2. – C. 090-097.
- 18) Ahmad M.H. et al. Nigerian Medicinal Plants with Potential Antibacterial Property: A Review //J Phytopharmacol. – 2021. – T. 10. – №. 1. – C. 26-34.
- 19) Bankole A.A., Thiemann T. Chemistry, Biological Activities, and Uses of *Calotropis Latex* //Gums, Resins and Latexes of Plant Origin: Chemistry, Biological Activities and Uses. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – C. 769-799.
- 20) Adenile D.A., Anagonou S.I.N., Adehan S., Gbaguidi A.V.A.M. *Anticoccidial effects of Calotropis procera powder on coccidiosis of rabbits in stationary rearing*. Conference de l'académie vétérinaire de Moscou, 2023

Effets de deux huiles essentielles de plantes aromatiques pour le contrôle de *Magnaporthe oryzae* B.C. Couch et sur les paramètres de rendement du riz au Burkina Faso**Effects of two essential oils of aromatic plants against *Magnaporthe oryzae* B.C. Couch and on rice yield parameters in Burkina Faso**

Souleymane OUATTARA^{1*}, Inoussa SANANE⁴, Abalo Itolou KASSANKOGNO³, Sylvain ZOUGRANA³, Adama SIRIMA¹, Abdoulaye SÉRÉMÉ² et Kadidia KOÏTA¹

¹ Université Joseph KI-ZERBO, Ecole doctorale Sciences et Technologie, Laboratoire Biosciences, Equipe Phytopathologie et Mycologie tropicale, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

² Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

³ Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

⁴ Université de Ouahigouya, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies, 01 BP 346 Ouahigouya 01, Burkina Faso

*Correspondance, courriel: s.ouattara34@yahoo.com

RESUME

Le riz est l'une des céréales les plus produites au Burkina Faso. Sa production qui connaît une hausse importante ces dernières années, est confrontée à plusieurs contraintes parmi lesquelles les maladies fongiques dont la pyriculariose causée par *M. oryzae* qui est la principale affection fongique de toutes les régions rizicoles du pays. De nombreuses méthodes de lutttes sont prospectées parmi lesquelles celle utilisant les produits chimiques de synthèse a connu un succès avec l'augmentation des rendements mais celle-ci reste coûteuse et son utilisation a des répercussions désastreuses sur l'environnement et la santé humaine.

Ce travail a pour objectif d'évaluer l'effet des huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Lippia multiflora* ainsi que leur combinaison à des doses respectives de 1,5 µl/ml, 0,6 µl/ml, et 0,3 µl/ml pour le contrôle en milieu semi-contrôlées de *Magnaporthe oryzae* et sur les paramètres de rendement du riz. Les plants de riz ont été inoculés à 10⁵ conidies par millilitre de *Magnaporthe oryzae* au 14^{ème} jour après repiquage en pot. Les huiles essentielles ont été appliquées suivant les méthodes préventive et curative. Un fongicide de synthèse, le mancozeb et un témoin absolu ont été utilisés. Le mancozeb a été utilisé à la dose recommandée de 6,7g/l. Les paramètres évalués ont été la sévérité, l'incidence paniculaire, le taux d'inhibition de la sévérité et de l'incidence paniculaire, le pourcentage de talles productives, la hauteur des plantes et le rendement grain par pot. Les résultats montrent que l'huile essentielle de *Lippia multiflora* à la dose de 0,6 µl/ml a réduit significativement le degré de sévérité et a amélioré la hauteur des plantes respectivement à 16,33% et à 101 cm en méthode préventive. La combinaison des deux huiles à la dose de 0,3 µl/ml a réduit l'incidence paniculaire et a amélioré le pourcentage de talles productives et le rendement grain par pot respectives à 7%, 96,33% et 61,28g en application préventive. Le fongicide chimique a présenté de meilleurs résultats dans l'inhibition de la maladie. Au regard de leur efficacité, l'huile essentielle de *Lippia multiflora* ainsi que sa combinaison avec celle de *Cymbopogon schoenanthus* peuvent être utilisées dans la lutte contre la pyriculariose du riz dans les rizières.

Mots clés : *Oryza sativa* L., *Magnaporthe oryzae*, Huiles essentielles, Burkina Faso

Abstract

Rice is one of the most widely produced cereals in Burkina Faso. Its production, which has risen sharply in recent years, faces a number of constraints, including fungal diseases such as blast caused by *M. oryzae*, which is the main fungal disease in all the country's rice-growing regions. Numerous control methods are being explored, including the use of synthetic chemicals, which has been successful in increasing yields, but remains costly and has disastrous repercussions on the environment and human health.

The aim of this study is to evaluate the effect of *Cymbopogon schoenanthus* and *Lippia multiflora* essential oils and their combination at doses of 1.5 µl/ml, 0.6 µl/ml and 0.3 µl/ml respectively in controlling *Magnaporthe oryzae* in semi-controlled environments and on the rice yield parameters. Rice plants were inoculated with 10⁵ conidia/ml of *Magnaporthe oryzae* on the 14th day after transplanting. Essential oils were applied using the preventive and curative methods. A synthetic fungicide, mancozeb and an absolute control were used. Mancozeb was used at the recommended dose of 6.7g/ml. The parameters assessed were the severity, the panicular incidence, the rate of productive tillers, the plant height and the grain yield per pot. The results show that the essential oil of *Lippia multiflora* at the dose of 0.6 µl/ml significantly reduced the degree of severity and improved plant height to 16.33% and 101 cm respectively in the preventive method. The combination of the two oils at the dose of 0.3 µl/ml reduced panicular incidence and improved the rate of productive tillers and grain yield per pot in the preventive method to 7%, 96.33% and 61.28g respectively. The chemical fungicide showed better results in inhibiting the disease. Considering their efficacy, *Lippia multiflora* essential oil and its combination with *Cymbopogon schoenanthus* essential oil can be used to fight against rice blast in rice fields.

Key words : *Oryza sativa* L., *Magnaporthe oryzae*, essential oils, Burkina Faso.

1. INTRODUCTION

La culture du riz occupe une place importante dans la production céréalière au Burkina Faso. Sa production est confrontée à plusieurs contraintes parmi lesquelles les maladies fongiques dont la pyriculariose causée par *M. oryzae* qui est la principale affection fongique de toutes les régions rizicoles au Burkina Faso [1]. Elle est susceptible de causer d'énormes dégâts et pertes de rendement pouvant atteindre 100% [2, 3, 4, 5]. Des études ont montré que de meilleures conditions climatiques et édaphiques sont très favorables à l'apparition et à l'évolution de *M. oryzae* [6]. Aussi, l'effet de l'âge de la plante sur la réceptivité des feuilles du riz à la maladie diffère selon le stade de croissance de la plante, les espèces fongiques et les variétés testées [7, 8]. De nombreuses méthodes de lutttes sont prospectées parmi lesquelles celle utilisant les produits chimiques de synthèse a connu un succès avec l'augmentation des rendements mais celle-ci reste coûteuse et son utilisation a des répercussions désastreuses sur l'environnement et la santé humaine [9]. D'où la nécessité de recourir à des bio-pesticides comme moyen alternatif pour le contrôle de cette maladie [10, 11, 12]. Des études ont montré que des huiles essentielles de plantes aromatiques telles que *Citrus sp*, *L. multiflora*, *C. schoenanthus*, *Ocimum sp* et *Thymus sp* possèdent des propriétés insecticides, bactéricides ou fongicides [13, 14, 15]. Certains travaux ont montré que l'huile essentielle de *C. schoenanthus* et de *L. multiflora* ont présenté une forte activité antifongique en stoppant la croissance mycélienne de l'isolat d'*Alternaria sp* pour des doses allant de 5% à 100% [16]. Egalement, d'autres auteurs ont montré que l'huile

essentielle de *L. multiflora* avait une forte activité antifongique en inhibant totalement la croissance mycélienne de *P. oryzae*, de *F. moniliforme* et de *B. oryzae* respectivement à 600 ppm, à 100 ppm et à 400 ppm [17]. Cependant, l'utilisation des huiles essentielles de plantes aromatiques en milieu semi-contrôlé reste peu évoquée. C'est la raison pour laquelle cette étude a été réalisée avec pour objectif d'évaluer l'effet des huiles essentielles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* ainsi que leur combinaison contre *M. oryzae* et sur les paramètres de rendements du riz.

2. MATERIEL ET METHODES

2-1. Présentation du site d'expérimentation

L'étude a été réalisée du 1^{er} Mars au 30 Septembre 2022, à la station de recherche de l'INERA sise à Farako-Bâ, à une dizaine de km au Sud-Ouest de Bobo-Dioulasso. Elle se trouve à une altitude de 405 m avec une latitude Nord de 11° 06' et de longitude Ouest 4° 20' [18]. Le cumul pluviométrique recueilli à la station de Mars à septembre 2022 était de 1260,4 mm en 59 jours pluvieux. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux à texture sablo-limoneuse, légèrement acide, pauvre en azote et phosphore assimilable [19].

2-2. Matériel végétal et fongique :

Le matériel végétal utilisé est la variété TS2, reconnue sensible à la pyriculariose foliaire et paniculaire. La souche BF201 de *M. oryzae* utilisée est une souche provenant du Burkina Faso isolée à partir des feuilles de riz collectées sur le site de Farako-Bâ et caractérisées. Le choix de cette souche se justifie par son niveau de virulence élevé [20].

2-3. Huiles essentielles

Les huiles essentielles de *C. schoenanthus* (*Lm*) et de *L. multiflora* (*Cs*) utilisées pour les tests, ont été extraites à partir des rameaux feuillés. Leur extraction a été faite par distillation au Laboratoire du Département Substances Naturelles de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies de Ouagadougou sis à Kossodo. La distillation à la vapeur humide à l'aide d'un alambic a été utilisée pour l'extraction des huiles essentielles. Ces huiles ont été utilisées en pure individuellement (100%) puis combinées (50% *Lm* + 50% *Cs*).

2-4. Dosage des huiles essentielles

Les huiles essentielles de *C. schoenanthus* et de *L. multiflora* ainsi que leur combinaison (*Lm* + *Cs*) reconnues très efficace à des doses minimales d'inhibition respectives de 0,6 µl/ml, 1,5 µl/ml et 0,3 µl/ml dans l'évaluation antifongique *in vitro* de la croissance mycélienne en méthode de contact direct, ont été utilisées aux mêmes doses pour la conduite des tests sous serre. L'éthanol a été utilisé comme émulsifiant pour la dilution des huiles essentielles [16, 21].

2-5. Dispositif expérimental et conduite de l'essai.

L'essai, conduit sous serre comportait trois (03) traitements (*Lm*, *Cs* et *Lm + Cs*) avec trois répétitions chacun. Un fongicide chimique, le mancozeb et un témoin absolu ont été utilisés.

La conduite de l'essai a été faite selon la méthode décrite par [22]. Les graines de riz ont été désinfectées par trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium à 15% pendant 2 minutes, rincées 3 fois à l'eau distillée stérile puis séchées pendant 24 h dans des boîtes de Petri contenant du papier buvard. Les graines ont été ensuite mises en pré-germination en ajoutant de l'eau distillée. L'incubation des graines a été faite à l'obscurité à une température de 28°C pendant 4 jours. Après, les graines pré-germées ont été transférées dans des pots à fond percé de 5 petits trous contenant du terreau stérilisé. Le NPK 14-23-14 a été apporté comme fumure de fond au semis à raison de 300 kg/ha. L'urée a été apportée comme fumure de couverture au 25^{ème} Jour après semis (JAS) à raison de 100Kg/ha.

2-6. Préparation de l'inoculum et inoculation des plants de riz.

Pour l'inoculation des plantes, du mycélium issu de culture pure a été prélevé et étalé sur du papier buvard dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA (Potato Dextrose Agar). Après sporulation, la surface du milieu de culture a été raclée à l'aide d'un pinceau stérile après ajout de 15 ml d'eau distillée stérile. La suspension sporale obtenue a été agitée pendant 60 secondes à l'aide d'un agitateur puis filtrée à l'aide d'un tamis à mailles fines afin de séparer les spores des débris mycéliens. Après comptage des spores sur une Cellule de Malassez. Le filtrat obtenu a été ajusté avec de l'eau distillée stérile contenant 0,1 % de gélatine et 0,05% de Tween20 de façon à avoir une concentration finale de 10⁵ spores/ml. L'inoculation a été réalisée 14^{ème} jour après repiquage par pulvérisation de la suspension conidienne sur les feuilles des plantes de riz. Ensuite les plantes ont été incubées pendant 24 heures dans une chambre noire humidifiée avec de l'eau de robinet à l'aide d'un brumisateur.

2-7. Méthodes d'application des huiles essentielles aux plantes

Deux méthodes d'application ont été utilisées à savoir la méthode préventive et la méthode curative. La méthode préventive a consisté à faire une pulvérisation des huiles 24 heures avant l'inoculation des plantes de riz. La méthode curative a consisté à faire une application des huiles essentielles 24 heures après l'inoculation des plantes de riz.

2-8. Les paramètres évalués

Pour évaluer l'effet des huiles essentielles, des observations visuelles périodiques ont été faites sur les feuilles au 7^{ème}, 14^{ème}, 21^{ème} et 28^{ème} jour après inoculation et sur les panicules au 10^{ème}, 20^{ème} et 30^{ème}

jour après épiaison à l'aide de l'échelle de IRRI [23]. La sévérité, l'incidence paniculaire ainsi que leurs pourcentages d'inhibition ont été évalués.

- La sévérité (S) a été exprimée en pourcentage de surface foliaire malade. Le niveau de résistance à la pyriculariose foliaire et paniculaire ont été évalués en utilisant l'échelle de notation de IRRI [23].

- L'incidence paniculaire (IP) a été évaluée en comptant le nombre de panicules infectées sur le nombre total de panicules selon la formule suivante : $IP = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i + \dots + x_{i+1}}{X} \right) \times 100$. Avec n : le nombre de répétitions, x_i : le nombre de panicules malades et X : le nombre total de panicules.

- Le taux d'inhibition (TI) a été calculé suivant la formule : $TI_{(\%) } = \left(1 - \frac{T}{T_0} \right) \times 100$. Avec T₀ : la valeur moyenne enregistrée par le témoin, T : la valeur moyenne enregistrée par le traitement contenant l'huile essentielle ou le fongicide.

- La hauteur des plantes a été évaluée au 60^{ième} jour après repiquage à l'aide d'une règle graduée.

- Le pourcentage de talles productives a consisté à faire le rapport entre le nombre de talles portant une panicule et le nombre total de talles.

- Le rendement grains par pot a été évalué à la récolte. Les panicules ont été récoltées à maturité, séchées puis égrainées. Les graines ont été pesées au taux d'humidité de 14%. Le rendement moyen a été déterminé [24].

2-9. Analyse des données

Les données collectées ont été saisies sur le tableur Microsoft Excel 2013 puis analysées avec le logiciel XLSTAT.2016. L'analyse statistique de la variance et la comparaison des moyennes ont été faites au moyen d'ANOVA en utilisant le test de Fisher au seuil de 5% de probabilité.

3. RESULTATS

3-1. Effets des huiles essentielles pour le contrôle de *Magnaporthe oryzae*.

3-1-1. Effets des huiles essentielles pour le contrôle de la pyriculariose foliaire.

Le tableau 1 présente l'effet des huiles essentielles et leur combinaison pour le contrôle de la pyriculariose foliaire en méthodes préventive et curative. Quelle que soit la période d'incubation, les huiles essentielles ainsi que leur combinaison permettent de contrôler significativement ($p < 0,001$) la pyriculariose foliaire par rapport au témoin T₀. Cet effet reste le même en traitement curatif ou préventif.

Parmi les deux huiles essentielles et leur combinaison, les résultats montrent au 28^{ième} jour après inoculation (JAI) que les pourcentages de surfaces foliaires malades les plus faibles ont été enregistrés par l'huile essentielle de *L. multiflora* en application préventive (16,33%) et par la combinaison des deux huiles

essentielles en application curative (19,57%). En application préventive et curative, l'huile essentielle de *C. schoenanthus* a enregistré au 28^{ème} JAI les pourcentages de surfaces foliaires malades les plus élevés avec respectives 25,66%, et 27,77%. Le fongicide chimique et le témoin absolu ont enregistré respectivement 9,33% et 49% de surface foliaire malade.

Tableau 12: Effets des huiles essentielles pour le contrôle de la pyriculariose foliaire

| Méthodes | Périodes (JAI) | Cs | Lm | Lm/Cs | Fongicide | T0 | Pr > F | Signification |
|------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Préventive | 7 | 0,90 ^b | 0,90 ^b | 0,90 ^b | 0,67 ^c | 1,00 ^a | 0,0001 | THS |
| | 14 | 1,70 ^b | 1,00 ^c | 1,70 ^b | 0,88 ^d | 5,00 ^a | 0,0001 | THS |
| | 21 | 24,87 ^b | 14,00 ^d | 18,86 ^c | 7,78 ^e | 44,75 ^a | 0,0001 | THS |
| | 28 | 25,66 ^b | 16,33 ^c | 19,57 ^{bc} | 9,33 ^d | 49,00 ^a | 0,0001 | THS |
| Curative | 7 | 0,90 ^b | 0,90 ^b | 1,00 ^a | 0,67 ^c | 1,00 ^a | 0,0001 | THS |
| | 14 | 5,00 ^b | 4,00 ^c | 4,00 ^c | 0,88 ^d | 5,00 ^a | 0,0001 | THS |
| | 21 | 25,00 ^b | 16,00 ^c | 17,00 ^c | 7,78 ^d | 44,75 ^a | 0,0001 | THS |
| | 28 | 27,77 ^{bc} | 21,12 ^{cd} | 19,33 ^d | 9,33 ^e | 49,00 ^a | 0,0001 | THS |

JAI = Jour Après Inoculation, Cs = *Cymbopogon schoenanthus*, Lm = *Lippia multiflora*, Lm/Cs = combinaison de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Lippia multiflora*. Les valeurs de la même colonne affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%

3-1-2. Taux d'inhibition de la pyriculariose foliaire par les huiles essentielles

Le tableau 2 présente les taux d'inhibition de la pyriculariose foliaire. L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les traitements en méthodes préventive et curative. Les résultats ont montré que du 7^{ème} au 28^{ème} jour après inoculation (JAI), les taux d'inhibition de la pyriculariose foliaire ont varié selon la méthode et la période d'application des huiles essentielles. Les résultats montrent que tous les traitements ont présenté un pouvoir d'inhibition très élevé au 14^{ème} JAI en méthode préventive avec des valeurs de 73%, 80% et 73% enregistrés respectivement par les huiles de *C. schoenanthus*, de *L. multiflora* et la combinaison des huiles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus*. En méthode curative, les taux d'inhibition les plus élevés ont été enregistrés au 21^{ème} JAI par les huiles de *C. schoenanthus* (66,67%), *L. multiflora* (68,67%) et la combinaison des deux huiles (67,33%). Le fongicide chimique a enregistré des taux d'inhibition les plus élevés au 14^{ème} et au 21^{ème} JAI avec respectivement 96,84% et 96,25% de surface foliaire malade.

Tableau 13 : Effets des huiles essentielles dans l'inhibition de la pyriculariose foliaire

| Méthodes | Périodes (JAI) | Cs | Lm | Lm/Cs | Fongicide | P > F | Sign |
|------------|----------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|------|
| Préventive | 7 | 10,00 ^b | 10,00 ^b | 10,00 ^b | 63,00 ^a | 0,0001 | THS |
| | 14 | 73,00 ^c | 80,00 ^b | 73,00 ^c | 96,84 ^a | 0,0001 | THS |
| | 21 | 56,58 ^d | 68,73 ^{bc} | 64,51 ^{cd} | 96,25 ^a | 0,0001 | THS |
| | 28 | 53,23 ^c | 66,60 ^b | 61,95 ^b | 92,30 ^a | 0,0001 | THS |
| Curative | 7 | 10,00 ^b | 10,00 ^b | 0,00 ^c | 63,00 ^a | 0,0001 | THS |
| | 14 | 50,00 ^c | 60,00 ^b | 60,00 ^b | 96,84 ^a | 0,01 | HS |
| | 21 | 66,67 ^b | 68,67 ^b | 67,33 ^b | 96,25 ^a | 0,0001 | THS |
| | 28 | 63,83 ^b | 62,49 ^b | 64,82 ^b | 92,30 ^a | 0,0001 | THS |

JAI = Jour Après Inoculation, Cs = *Cymbopogon schoenanthus*, Lm = *Lippia multiflora*, Lm/Cs = combinaison de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Lippia multiflora*.

3-1-3. Effet des huiles essentielles pour le contrôle de la pyriculariose paniculaire

Le tableau 3 présente l'effet des huiles essentielles et de leur combinaison pour le contrôle de la pyriculariose paniculaire en fonction des méthodes et des périodes d'application. L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative. En méthode préventive, la combinaison des huiles essentielles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* a enregistré les pourcentages de panicules malades les plus faibles avec 1,5% au 10^{ième} JAI, 6,96% au 20^{ième} JAI et 7% au 30^{ième} JAI. En méthode curative, la combinaison des deux huiles a également enregistré les pourcentages de panicules malades les plus faibles avec 2,77% au 10^{ième} JAI, 9,18% au 20^{ième} JAI et 14,55% au 30^{ième} JAI. Les pourcentages de panicules malades les plus élevés ont été enregistrés par l'huile essentielle de *C. schoenanthus* en méthode préventive puis par l'huile essentielle de *L. multiflora* en méthode curative. Le témoin a enregistré des valeurs allant de 25,55% à 72,44%. Le fongicide chimique a enregistré les plus faibles taux de panicules malades avec des valeurs de 1,08%, 4,33% et 5,76% respectivement au 10^{ième}, 20^{ième} et 30^{ième} JAI.

Tableau 14 : Effet des huiles essentielles pour le contrôle de la pyriculariose paniculaire

| Méthodes | Périodes (JAE) | Cs | Lm | Lm/Cs | Fongicide | T0 | P > F | Sign |
|------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------|------|
| Simultanée | 10 | 6,55 ^b | 3,33 ^c | 1,50 ^d e | 1,08 ^e | 25,55 ^a | 0,0001 | THS |
| | 20 | 20,00 ^{bc} | 17,50 ^c | 6,96 ^d | 4,33 ^e | 70,89 ^a | 0,0001 | THS |
| | 30 | 21,00 ^{bc} | 18,12 ^c | 7 ^{de} | 5,76 ^e | 72,44 ^a | 0,0001 | THS |
| Curative | 10 | 9,25 ^b | 7,50 ^c | 2,77 ^d | 1,08 ^e | 25,55 ^a | 0,0001 | THS |
| | 20 | 24,44 ^b | 24,67 ^b | 9,18 ^c | 4,33 ^e | 70,89 ^a | 0,0001 | THS |
| | 30 | 33,56 ^b | 29,87 ^c | 14,55 ^d | 5,76 ^e | 72,44 ^a | 0,0001 | THS |

JAE = Jour Après Epiaison, Cs = *Cymbopogon schoenanthus*, Lm = *Lippia multiflora*, Lm/Cs = combinaison de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Lippia multiflora*. Les valeurs de la même colonne affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

3-1-4. Taux d'inhibition de la pyriculariose paniculaire par les huiles essentielles

Le tableau 4 présente l'effet des huiles essentielles pour le contrôle de la pyriculariose paniculaire. L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative ($p < 0,0001$) entre les traitements en méthodes préventive et curative. Du 10^{ième} au 30^{ième} JAI, les taux d'inhibition de la pyriculariose paniculaire ont varié selon la méthode et la période d'application des huiles essentielles. Les résultats ont montré que l'huiles essentielle de *L. multiflora* ainsi que sa combinaison avec l'huile essentielle de *C. schoenanthus* ont enregistré les taux d'inhibition les plus élevés au 10^{ième} JAI avec des valeurs respectives de 76,68% et 83,36% en application préventive. En application curative ces deux formulations ont enregistré 60% et 78,92% en application curative respectivement. Le fongicide chimique a enregistré les meilleurs taux d'inhibition de la maladie avec des valeurs de 93,46%, 90,06% et 83,73% respectivement enregistrées au 10^{ième}, 20^{ième} et 30^{ième} JAI.

Tableau 15 : Effets des huiles essentielles dans l'inhibition de la pyriculariose paniculaire

| Périodes | Périodes (JAE) | Cs | Lm | Lm/Cs | Fongicide | P > F | Sign |
|------------|----------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|------|
| Préventive | 10 | 55,48 ^c | 76,68 ^{bc} | 83,36 ^{ab} | 93,46 ^a | 0,0001 | THS |
| | 20 | 64,07 ^c | 71,39 ^{bc} | 79,69 ^b | 90,06 ^a | 0,0001 | THS |
| | 30 | 56,54 ^d | 70,85 ^c | 72,74 ^{bc} | 83,73 ^a | 0,0001 | THS |
| Curative | 10 | 53,00 ^d | 60,00 ^c | 78,92 ^b | 93,46 ^a | 0,0001 | THS |
| | 20 | 55,52 ^c | 53,79 ^c | 77,05 ^b | 90,06 ^a | 0,0001 | THS |
| | 30 | 43,60 ^d | 48,70 ^c | 69,88 ^b | 83,73 ^a | 0,0001 | THS |

JAE = Jour Après Epiaison, Cs = *Cymbopogon schoenanthus*, Lm = *Lippia multiflora*, Lm/Cs = combinaison de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Lippia multiflora*.

3-2. Effets des huiles essentielles sur les paramètres de rendements.

3-2-1. Effets des huiles essentielles sur le tallage et la hauteur des plantes de riz.

Le tableau 5 présente l'effet des huiles essentielles sur le taux de talles productives et la hauteur des plantes. Les résultats montrent une différence significative entre les différentes huiles essentielles et leur combinaison sur la hauteur et le taux de talles productives des plantes. Pour la hauteur des plantes, l'huile de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* ont enregistré les hauteurs les plus élevées respectivement en méthode préventive (101 cm) et curative (95,23 cm). Le fongicide a enregistré une hauteur de 105,16 cm contre 63,16 cm pour le témoin. Quant au taux de talles productives, les résultats ont montré que les taux les plus élevés ont été enregistrés par la combinaison des deux huiles en méthode préventive et curative avec des valeurs respectives de 96,33% et de 86,22%. Le fongicide a enregistré 86,57% et 84,77% de talles productives respectivement en méthode préventive et curative contre 41,21% pour le témoin.

Tableau 16 : Effets des huiles essentielles sur l'évolution du nombre de talles productives et de la hauteur des plantes de riz.

| Huiles essentielles | % Talles productives | | Hauteur (cm) | |
|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Préventive | Curative | Préventive | Curative |
| Cs | 90,25 ^{bc} | 81,29 ^c | 94,67 ^b | 95,23 ^b |
| Lm | 95,30 ^{ab} | 85,97 ^{ab} | 101,00 ^a | 94,00 ^b |
| Lm/Cs | 96,33 ^a | 86,22 ^a | 95,33 ^b | 93,88 ^b |
| Fongicide | 86,57 ^c | 84,77 ^{bc} | 105,16 ^a | 105,16 ^a |
| T0 | 41,21 ^d | 41,21 ^d | 63,11 ^c | 63,11 ^c |
| Probabilité | <0,0001 | <0,0001 | < 0,05 | < 0,01 |
| Signification | HS | HS | S | HS |

Cs = *Cymbopogon schoenanthus*, Lm = *Lippia multiflora*, Lm/Cs = combinaison de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Lippia multiflora*. Les valeurs de la même colonne affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%

3-2-2. Effets des huiles essentielles sur le rendement gain par Pot.

La figure 1 présente l'effet des huiles essentielles sur le rendement grain par pot. Les résultats de l'analyse des rendements ont montré une différence hautement significative entre les différentes huiles essentielles et leur combinaison selon les méthodes d'application. Ainsi, pour le rendement grain par pot, l'huile essentielle de *C. schoenanthus* a enregistré 59,69 g/pot en méthode curative tandis que la combinaison des deux huiles a enregistré 61,28g/pot en méthode préventive. Le fongicide a enregistré les rendements grain le plus élevés avec 63,78 g/pot.

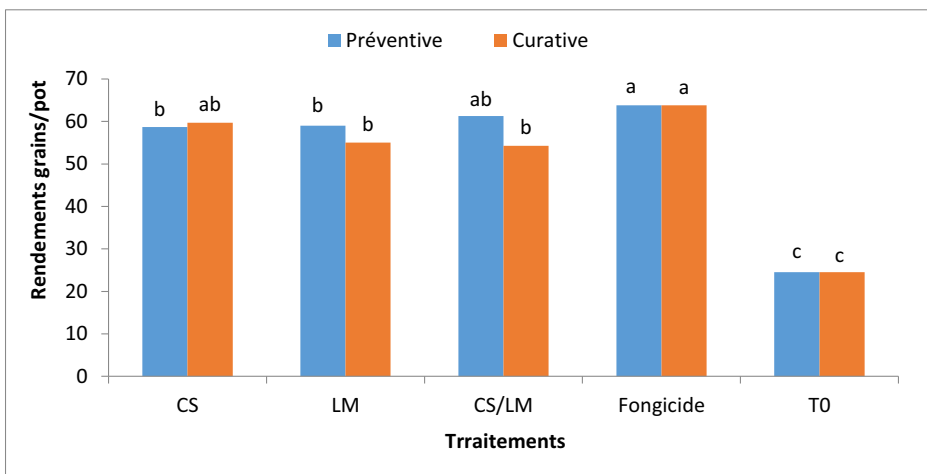


Figure 17: Effets des huiles essentielles sur le rendement grain

Cs : *Cymbopogon schoenanthus*, Lm : *Lippia multiflora*, Lm/Cs : combinaison de *Cymbopogon schoenanthus* et de *Lippia multiflora*. Les histogrammes de même couleur affectée de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

4. DISCUSSION

4-1. Effet des huiles essentielles pour le contrôle de *M. oryzae*

Les résultats de l'étude sur l'effet des huiles essentielles et leur combinaison pour le contrôle de la pyriculariose foliaire et paniculaire ont montré une nette régression de la maladie comparativement aux témoins. Ces huiles et leur combinaison ont exercé un effet inhibiteur sur la progression de la pyriculariose foliaire et paniculaire, mais cet effet diminue en général avec le temps et avec l'âge de la plante. Cet état de fait s'explique par le faible niveau de rémanence des huiles essentielles moins dangereux sur l'environnement [25]. Le niveau de résistance des plantes de riz vis-à-vis de *M. oryzae* s'explique également par leur changement de stade végétatif conjugué aux effets des huiles essentielles. On enregistre un faible niveau de sévérité foliaire et de l'incidence paniculaire en méthode préventives. Cela peut être attribué à la durée de contact des huiles essentielles avec les plantes de riz, qui est de 24 heures avant l'infection, ce qui favorise l'augmentation de la résistance de la plante. Certains travaux ont montré que les huiles essentielles des citrus développent un fort pouvoir inhibiteur sur *A. alternata* dont les indices de sévérité les plus faibles ont été enregistrés en traitement préventif [16]. D'autres travaux menés *in vivo* ont montré que l'huile essentielle de *L. multiflora* a eu un effet réducteur sur le flétrissement bactérien de la tomate comparativement au témoin et l'indice de flétrissement diminuait au fur et à mesure lorsque que le volume de l'huile essentielle augmente [26]. Les pourcentages de panicules malades les plus faibles ont été enregistrés en méthode préventive avec un effet d'inhibition plus marqué enregistré par la combinaison des

deux huiles essentielles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus*. La combinaison des huiles essentielles peut avoir des effets synergiques, favorable à la lutte contre les champignons [14].

4.2. Effet des huiles essentielles sur les paramètres de rendements du riz.

Quelle qu'en soit la méthode d'application des huiles essentielles, les résultats ont montré une augmentation du taux de talles productives et de la hauteur des plantes ainsi que les rendements comparativement au témoin non traité. Cependant, l'huile essentielle de *L. multiflora* a eu un effet plus marqué dans l'inhibition de la maladie et l'amélioration du nombre de talles productives, la hauteur des plantes et de rendements. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que cette huile essentielle améliorerait le pouvoir de sécrétion des hormones de croissance au sein de la plante. Cela s'explique également par sa teneur en éléments majeurs et sa composition chimique. Les champignons ne réagissent pas de la même manière vis-à-vis des biopesticides, ce qui explique le comportement de *M. oryzae* vis-à-vis des trois formulations d'huiles essentielles [27]. Ces huiles essentielles peuvent être également des activateurs du système de défense des plantes contre *M. oryzae*. Les huiles essentielles, à travers leurs effets inhibiteurs, contribuent à améliorer les paramètres morphologiques des plantes. Des travaux similaires menés sur le cotonnier ont montré que l'application des huiles essentielles d'*O. gratissimum* et *C. citratus* ont induit l'obtention d'un bon rendement en coton fibre [28]. Des travaux ont montré que des plantes de tomates traitées *in vivo* avec l'huile essentielle de *X. Aethiopica* contre *F. oxysporum* ont produit une forte biomasse foliaire et racinaire comparativement au témoin [29].

5. CONCLUSION

Nous retenons de notre étude que l'huile essentielle de *L. multiflora* ainsi que sa combinaison avec celle de *C. schoenanthus* ont présenté une bonne efficacité dans la réduction de *M. oryzae* et dans l'amélioration des paramètres de rendement. En application préventive et curative ces deux formulations d'huile ont réduit considérablement le pourcentage de surface foliaire malade et de panicules infestées des plantes. L'huile essentielle de *L. multiflora* a amélioré la hauteur des plantes de riz en application préventive et a augmenté le pourcentage de talles productives en combinaison avec celle de *C. schoenanthus*. Au regard de leur efficacité, l'huile essentielle de *L. multiflora* ainsi que sa combinaison avec celle de *C. schoenanthus* peuvent être utilisées dans la lutte contre la pyriculariose du riz dans les rizières. Il est aussi important de comprendre le rôle physiologique de ces huiles essentielles dans le système de défense des plantes.

Références bibliographiques

- [1]- A. I. Kassankogno, A. Saibou, I. Ouedraogo, K. E. Kpemoua, A. Nana, L. Ouedraogo. and P. Sankara. Morphological and phenotypic characteristics of *Magnaporthe grisea* isolates from Burkina Faso and Togo. *Afrique SCIENCE*, 11(4) (2015) 361-377.
- [2]- W. Li, M. Chern, J. Yin, J. Wang, X. Chen. Recent advances in broad-spectrum resistance to the rice blast disease. *Curr. Opin. Plant Biol.* 50 (50), (2019) 114-120. doi: 10.1016/j.pbi.2019.03.015
- [3]- S. Savary, L. Willocquet, S. J. Pethybridge. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nat. Ecol. Evol* 3, (2019) 430-439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>.
- [4]- A. I. Kassankogno, G. Sidibé, A. K Guigma, & K. Koïta. Caractérisation des symptômes foliaires et évaluation du pouvoir pathogène de quelques isolats de *Curvularia lunata* sur trois variétés de riz (*Oryza sativa* L) produites au Burkina Faso. *Afrique SCIENCE* 19(4) (2021) 106 – 117.
- [5]- J. Singh, R. K Dantre, B. Bhaskar, S. V. Kumar, K. R. Madhavi, and M. S. Prasad. Performance of Gene Introgressed Lines against Blast Disease under Different Agro Climatic Locations of Chhattisgarh and Telangana, *Int. J. Pure App. Biosci.* 6(1): (2018) 1472-1477. doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.632>
- [6]- A. Bouet, M. Vales, N. A. Amancho, N. K. Kouassi. et F. Sorho. Evaluation of age-dependent partial resistance to leaf blast in rice of the japonica subspecies. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(1): (2012) 337-354.
- [7]- M. Bahous, A. Ouazzani Touhami, R. Benkirane et A. Douira. Influence of plant age on susceptibility of rice leaves to blast, helminthosporium and curvulariosis. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, N° 1: (2010) 73-84.
- [8]- B. Bhaskar, R. S. D. Jayalakshmi, S. V. Kumar, C. P. D. Rajan, B. R. Reddy, and M. S. Prasad, Assessment of Blast Disease Incidence in Major Rice Growing Areas of Andhra Pradesh State, India. *International Journal of Agriculture Sciences*, Volume 10, (2018) 7336-7338.
- [9]- M. Le Bars, F. Sidibe, E. Mandart, J. Fabre, P. Le Grusse, C. H Diakite. Évaluation des risques liés à l'utilisation de pesticides en culture cotonnière au Mali. *Cah. Agric.* 29: 4 (2020) 9p.
- [10]- B. B. Yarou, P. Silvie, F. A. Komlan, A. Mensah, T. Alabi, F. Verheggen et F. Francis. Pesticide plants and the vegetable crops protection in West Africa (bibliographic synthesis). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 21(4): (2017) 288-304.
- [11]- I. Gamsore, L. Ouattara, P. Ouoba, S. Bonzi et I. Somda. Antifungal Activity and Phytotoxicity of *Vitex simplicifolia* Oliv. Leaves Essential Oil. *Journal of Agricultural Science*; Vol.10, No.11: (2018) 203 -2010.
- [12]- O. Toundou, K. K. Palanga, O. Simalou, M. Abalo, I. Woglo et K. Tozo. Biopesticide Plants species of the mining area of Tokpli (South-Togo) effects on Okra (*Abelmoschus esculentus*) protection against *Aphthona* spp. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14(1): (2020) 225-238.
- [13]- F. Amarti, B. Satrani, M. Ghanmi, A. Farah, A. Afi, L. Arab, M .E. Ajouri et A. Chaouch. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. of Morocco. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2010 14(1), (2010) 141-148.
- [14]- H. F. Zohra, A. Rachida , M. Malika, S. Benali, A. A. Samir and B. Meriem. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of *Algerian citrus*. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 14(12), (2015) pp. 1048-1055. DOI: 10.5897/AJB2013.1214
- [15]- C. Asma. Use of plant extracts to control mycotoxic risk in agri-food systems. Toxicology and food chain. University of Montpellier, PhD thesis. (2021) 178p.

- [16]- Sirima A., Sérémé A., Sérémé D., Koïta K., Nana T. A et Sawadogo M. Effets de quatre huiles essentielles sur la croissance mycélienne radiale d'un isolat de *Alternaria sp.* au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14 (3) (2020) 762-771.
- [17]- Tiendrebéogo A., Ouédraogo I., Bonzi S et Kassankogno A. I. Etude de l'activité antifongique d'extraits de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, *Eclipta alba* L., *Lippia multiflora* M. et *Agave sisalana* P. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(3) (2017) 1202-1211.
- [18]- S. Guinko. Vegetation of Haute Volta. PhD thesis, University of Bordeaux III (France), (1984) 145 p.
- [19]- S. Nacro, S. Ouédraogo, K. Traoré, E. Sankara, C. Kaboré et B. Ouattara. Comparative effects of farmer practices and good agricultural practices for soil fertility management on soil properties and crop yields in the South Sudanian zone of Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (4) (2010) 1044-1055.
- [20]- A. I. Kassankogno. Genetic and pathological diversity of *Magnaporthe oryzae* B. C Couch, agent of rice blast in Burkina Faso and Togo, and methods for sustainable management of the disease. PhD thesis. University of Ouagadougou (2016) 198p.
- [21]- E. S. Djomaha et J. C. Ndounging. Effet des extraits aqueux de *Lantana camara*, *Tephrosia vogelii* et d'huile d'*Azadirachta indica* sur *Tuta absoluta* M. (Lepidoptera : Gelechiidae) de la tomate à Dschang, Cameroun. *Afrique SCIENCE* 21(5) (2022) 35-45.
- [22]- A I KASSANKOGNO, A K GUIGMA, A NANA, K KOITA, I WONNI. 2022. Evaluation de l'efficacité in vivo de trois fongicides de contact sur *Curvularia lunata*, responsable de la curvulariose du rizau Burkina Faso. Vol.41,n°2 (3)- Juillet -Décembre2022
- [23]- IRRI. Standard evaluation system for rice. Philippines : International Rice Research Institute, Manila, Philippines, (2002) 56 p.
- [24]- S Zougrana, I Wonni, K Koïta and B Szurek. Elite local rice varieties resistant to bacterial leaf streak caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* under field conditions in Burkina Faso. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 18(2), pp. 146-152. 2022. DOI: 10.5897/AJAR2021.15837.
- [25]- M. Joseph, M. T. F. Gladrich, L. M. J. Emmmanuelle, O. L. D. Makanga & A. Attibayeba. Effets Insecticide et Insectifuge des Huiles Essentielles de Cinq Plantes Aromatiques Sur la Bruche de Haricot Cultivé en République du Congo. *European Scientific Journal, ESJ*, 19(6), (2023) 294-329. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n6p294>
- [26]- O. Traoré. Genetic and pathogenic diversity of *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, causal agent of bacterial wilt of tomato and evaluation of control methods in Burkina Faso. PhD thesis. University Bobo-Dioulasso. (2019) 143p.
- [27]- Y. Koné, M. B. Sangaré, K. Dagno, A. Niangaly, S. Doumbia, H. Amadou and M. Kourouma. Efficacy of several species of fungi bioagents and fungicides against *Magnaporthe oryzae* *in vitro*. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 17(3): (2023) 935-949.
- [28]- K. C. Kobenan, B. J. Kouakou, K. K. N. Bini, M. Kouakou, A. E. Dick and O. G. Ochou. Effects of Essential Oils of *Ocimum gratissimum* L. and *Cymbopogon citratus* Stapf on Growth and Production Parameters of Cotton in Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, (2019), pp. 21-35.
- [29]- S. Soro, D. Ouattara, G. N. Zirih, C. Kanko, E. K. N'guessan, D. Kone, J. Y. Kouadio, S. Ake. *In vitro* and *in vivo* inhibitory effect of powder extract and essential oil of *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Rich. (Annonaceae) on *Fusarium oxysporum* f. sp *radicis-lycopersici* (Forl), fungal parasite of tomato crops. *European Journal of Scientific Research* 39 (2) (2010) 279-288.

Evaluation *in vitro* de l'efficacité de trois huiles essentielles de plantes aromatiques pour le contrôle de *Magnaporthe oryzae* B.C. Couch, pathogène de la pyriculariose du riz au Burkina Faso.

Souleymane OUATTARA¹, Inoussa SANANE², Abalo Itolou KASSANKOGNO⁴, Adama SIRIMA¹, Sylvain ZOUGRANA⁴, Abdoulaye SÉRÉMÉ³, Kadidia KOÏTA¹ et Sawadogo Mahamadou

¹ Université Joseph KI-ZERBO, Ecole doctorale Sciences et Technologie, Laboratoire Biosciences, Equipe Phytopathologie et Mycologie tropicale, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

² Universitaire de Ouahigouya, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies, 01 BP 346 Ouahigouya 01, Burkina Faso

³ Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

⁴ Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

RESUME

La pyriculariose du riz, due à *Magnaporthe oryzae* B.C. Couch, constitue la principale maladie fongique dans les rizières du Burkina Faso. Trois huiles essentielles pures à différentes concentrations de *Cymbopogon schoenanthus* (Cs), de *Ocimum americanum* (Oa) et de *Lippia multiflora* (Lm) et quatre de leurs combinaisons ont été testées *in vitro* pour évaluer leurs propriétés d'inhibition de la croissance mycélienne, de la sporulation et de la germination des spores de *Magnaporthe oryzae*. La méthode de contact et celle de fumigation ont été utilisées pour les différents tests aux doses de 0,05 µl/ml ; 0,1 µl/ml ; 0,3 µl/ml ; 0,6 µl/ml ; 0,9 µl/ml ; 1,2 µl/ml, 1,5 µl/ml ; 1,8 µl/ml ; 2,1 µl/ml et 2,4 µl/ml. Deux fongicides chimiques, le mancozeb et l'azoxystrobin et un témoin absolu ont été utilisés dans les tests. Les résultats ont montré que l'huile pure de Lm ainsi que sa combinaison avec celle de Cs ont présenté les doses minimales d'inhibition les plus efficaces en méthode de contact et de fumigation. Ces doses ont varié de 0,1 µl/ml à 0,3 µl/ml pour l'inhibition à 100% de la croissance radiale, la sporulation et la germination des spores de *M. oryzae*. Le mancozeb a inhibé à 100% tous les paramètres évalués tandis que l'azoxystrobin a été peu efficace. L'huile pure de Lm ainsi que sa combinaison avec celle de CS peuvent être utilisées dans la lutte contre la pyriculariose du riz en champ et en condition de stock.

Mots clés : Huiles essentielles, *Oryza sativa*, *Magnaporthe oryzae*, Burkina Faso.

In vitro* assessment of the efficacy of three essential oils of aromatic plants against *Magnaporthe oryzae* B.C. Couch, a rice blast pathogen in Burkina Faso.*Abstract**

Rice blast, caused by *Magnaporthe oryzae* (Couch), is the major fungal disease in rice fields in Burkina Faso. Three crude essential oils of *Cymbopogon schoenanthus* (Cs), *Ocimum americanum* (Oa) and *Lippia multiflora* (Lm) and four of their combinations were tested *in vitro* to evaluate their inhibitory properties on mycelial growth, sporulation and germination of *Magnaporthe oryzae* spores. The contact and fumigation methods were used for the different tests at doses of 0.05 µl/ml, 0.1 µl/ml, 0.3 µl/ml, 0.6 µl/ml, 0.9 µl/ml, 1.2 µl/ml, 1.5 µl/ml, 1.8 µl/ml, 2.1 µl/ml and 2.4 µl/ml. Two chemical fungicides, Mancozeb and Azoxystrobin and an absolute control, were used in the tests. The results showed that the crude oil of LM as well as its combination with that of CS presented the most effective minimum inhibition doses in contact and fumigation methods. These doses ranged from 0.1 µl/ml to 0.3 µl/ml for 100% inhibition of radial growth, sporulation and germination of *Magnaporthe oryzae* spores. Mancozeb was 100% inhibitory to all parameters evaluated while azoxystrobin was minimally effective. Both Lm crude oil and its combination with Cs crude oil can be used to control rice blast in the field and under stock conditions.

Key words: Essential oils, *Oryza sativa*, *Magnaporthe oryzae*, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Le riz, *Oriza sativa* L, est une céréale beaucoup cultivée au Burkina Faso et sa production connaît une hausse importante ces dernières années du point de vue des superficies emblavées que des quantités produites. En effet, les superficies emblavées ont presque triplé de 2008 à 2021, allant respectivement de 78568 hectares à 221052 hectares (MARAH, 2022). Grâce à son intérêt économique et alimentaire le riz fait partie des céréales les plus cultivées dans toutes les zones agro-écologiques du pays. Sa consommation au plan national est en constante hausse alors que sa production ne couvre à peine que 47% des besoins de la population. La demande nationale de riz en 2020 était de l'ordre de 905 000 tonnes et pourraient atteindre 1 500 000 tonnes d'ici 2025 (MAAHM, 2020). Malgré cette forte augmentation des besoins de consommation en riz, les rendements sont restés en deçà des attentes, bien que les rendements en culture irriguée aient fortement augmentés avec des rendements allant de 4 à 7 t/ha. Sa culture connaît de nombreuses contraintes abiotiques et biotiques (Laplace, 2006 ; Bouet *et al.*, 2012, Adamou *et al.*, 2020). Parmi les contraintes biotiques, la pyriculariose causée par le champignon *Magnaporthe oryzae*, demeure la principale contrainte fongique la plus explosive et la plus potentiellement dommageable à la production rizicole (Baboy *et al.*, 1995 ; Kassankogno, 2016 ; Zhang *et al.* 2016). Les dégâts de ce pathogène peuvent occasionner des pertes de rendement de 80% à 100% sans aucune mesure de protection (Wang *et al.*, 2009 ; Skamnioti et Gurr, 2009 ; ; Singh *et al.*, 2018 ; Savary *et al.*, 2019). Ce pathogène s'attaque principalement aux organes aériens (feuilles et panicules) et sa sévérité dépend de l'âge du plant de riz, de la variété et surtout de l'écologie (Bouet, 2008 ; Bahous *et al.*, 2010). Au niveau mondial, les pertes économiques liées à la pyriculariose sont estimées à 66 milliards de dollars chaque année (Nalley *et al.*, 2016). Il constitue une menace pour la sécurité alimentaire d'environ trois (03) milliards de personnes qui dépendent du riz comme aliment principal (Cruz *et al.*, 2017). L'utilisation des produits chimiques tel que le tricyclazole pour le contrôle de *M. oryzae* a connu un succès avec l'augmentation des rendements (Nunez *et al.*, 2006 ; Moinina *et al.*, 2018). Cependant, leur application a de nombreuses conséquences sur la santé humaine, animale et sur l'environnement (Deguine et Ferron, 2006). Il est donc nécessaire d'utiliser des méthodes alternatives de lutte telle que la lutte biologique par l'utilisation de biopesticides. (Haddouchi *et al.*, 2009 ; Broydé et Doré, 2013, Adjou et Soumanou, 2013 ; Kpatinvoh *et al.*, 2017 ; Yarou *et al.*, 2017 ; Gamsoré *et al.*, 2018 ; Toundou *et al.*, 2020). Des études ont montré que les huiles essentielles possèdent des propriétés insecticides, bactéricides ou fongicides (Amarti *et al.*, 2010 ; Hamdani, 2015 ; Asma, 2021). En effet, les travaux de Sirima *et al.* (2020) ont révélé l'efficacité des huiles essentielles de *L. multiflora*, de *C. schoenanthus*, de *O. americanum* et de *O. basilicum* dans l'inhibition de la croissance radiale d'*Alternaria* sp. responsable de l'alternariose de la tomate au Burkina Faso. C'est dans cette optique que la présente étude a été initiée pour évaluer l'effet inhibiteur des huiles essentielles à différentes concentrations de *C.*

schoenanthus, d'*O. americanum*, de *L. multiflora* et de leurs combinaisons sur la croissance mycélienne, la sporulation et la germination des spores de *Magnaporthe oryzae* *in vitro*.

MATERIEL ET METHODES

Le matériel fongique

Le matériel fongique utilisé pour les tests d'efficacité des huiles essentielles est la souche BF201 de *M. oryzae*. C'est une souche provenant du Burkina Faso isolée à partir des feuilles de riz collectées sur le site de Farakô-Bâ. Le choix de cette souche se justifie par son niveau de virulence élevé (Kassankogno, 2016).

Les huiles essentielles

Les huiles essentielles de *C. schoenanthus*, *O. americanum* et *L. multiflora* utilisées pour les tests, ont été extraites à partir des rameaux feuillés. Leur extraction a été faite par distillation au Laboratoire du Département Substances Naturelles de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies de Ouagadougou sis à Kossodo. La distillation à la vapeur humide à l'aide d'un alambic a été utilisée pour l'extraction des huiles essentielles. Quatre combinaisons ont été préparées à partir de ces huiles essentielles dans des proportions de $\frac{1}{2}$ (*Oa* + *Lm*), $\frac{1}{2}$ (*Oa* + *Cs*), $\frac{1}{2}$ (*Lm* + *Cs*) et $\frac{1}{3}$.(*Oa* + *Lm* + *Cs*).

Méthodes des tests antifongiques

Les huiles essentielles et leurs combinaisons ont été testées suivant deux méthodes : la méthode de contact ou « poisoned food » (Thompson, 1989) qui a consisté à mélanger directement les huiles essentielles et leurs combinaisons dans le milieu de culture Potato Dextrose Agar (PDA) et la méthode de fumigation ou micro-atmosphère où les huiles essentielles et leurs combinaisons ont été coulées puis étalée sur la face inférieure du couvercle de la boîte de Pétri (Amvam *et al.*, 1998). Pour chaque huile et combinaison d'huiles essentielles, les préparations de dosage au milieu de culture ont été faites dans des proportions suivantes : D1 (0,05 µl/ml), D2 (0,1 µl/ml), D3 (0,3 µl/ml), D4 (0,6 µl/ml), D5 (0,9 µl/ml), D6 (1,2 µl/ml), D7 (1,5 µl/ml), D8 (1,8 µl/ml), D9 (2,1 µl/ml) et D10 (2,4 µl/ml). Dans les deux tests, deux fongicides chimiques que sont le mancozeb et l'azoxystrobin et un témoin absolu ont été utilisés. Les boîtes de Pétri ont été ensuite placées en incubation à la température ambiante du laboratoire (25 à 28 °C). Pour chaque méthode, les diamètres des thalles (en mm) des colonies de chaque boîte de Pétri ont été mesurés au 12^{ème} jour après incubation (JAI) ainsi que l'évaluation de la sporulation. La germination des spores a été évaluée 12 heures après leur ensemencement sur milieu PDA.

Evaluation de la croissance mycélienne : La croissance mycélienne a été évaluée en faisant la moyenne des deux (2) diamètres perpendiculaires tracés sur la boîte de Pétri. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration (Kassankogno, 2016).

Evaluation de la sporulation : Dans chacune des boîtes de Pétri ayant servi pour la mesure de la croissance mycélienne, trois (3) explants de six (6) mm de diamètre ont été prélevés et mis dans un tube à essai contenant trois (3) ml d'eau distillée stérile. Les tubes ont été agités pendant 15 secondes afin de détacher les spores des conidiospores. Les suspensions obtenues ont été filtrées sur de la mousseline afin d'éliminer les fragments mycéliens. Le comptage du nombre de spores a été effectué à l'aide de la cellule de Malassez. Le nombre de spores par unité de surface (mm²) a été compté suivi du nombre de particules dans 1 ml.

Evaluation de la germination des spores : à partir d'une jeune culture de sept (7) jours, trois (3) explants ont été prélevés et mis dans un tube contenant trois (3) ml d'eau distillée stérile. Les spores libérées après agitation ont été comptées à la cellule de Malassez puis ajustées à 10⁵ spores/ml après dilution. Des suspensions de 100 µl ont été étalées dans des boîtes de pétri contenant un milieu PDA selon la méthode utilisée. Trois (3) répétitions ont été utilisées. Des boîtes témoins ont été également réalisées sans fongicides et sans huiles. (Ouattara *et al.*, 2023). Après 12 h, les spores ayant germé sur le total de spores ensemencées ont été comptées. Le taux d'inhibition (TI) de chaque paramètre est calculé selon la formule suivante :

$TI_{(\%)} = \left(\frac{N_0 - N}{N_0} \right) \times 100$. Avec **N₀** = nombre de spores germés dans le milieu témoin, **N** = nombre de spores germés dans le le milieu de culture contenant de l'huile essentielle ou le fongicide.

Analyse statistique

L'analyse de variance a été effectuée au moyen du logiciel XLSTAT 2016, suivie d'une comparaison de moyennes par le Test de Fisher au seuil de 5%.

RESULTATS

Effets antifongiques des huiles essentielles sur la croissance radiale mycélienne de *M. oryzae*

Le tableau n°1 présente l'effet antifongique des huiles essentielles sur la croissance radiale mycélienne de *M. oryzae* en fonction des doses et de la méthode utilisée. Les résultats obtenus au niveau de la méthode de contact ont montré que les huiles simples de *O. americanum*, *L. multiflora*, et de *C. schoenanthus* ont inhibé à 100% la croissance radiale mycélienne du champignon respectivement à partir des doses D10 (2,4 µl/ml), D4 (0,6 µl/ml), et D7 (1,5 µl/ml). Pour les combinaisons des huiles essentielles, les résultats ont montré que les doses des combinaisons des huiles d'*O. américainum* et de *L. multiflora*, d'*O. américainum* et de *C. schoenanthus*, de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* ainsi que celle des trois huiles essentielles ont inhibé à 100% la croissance radiale mycélienne du champignon respectivement à partir des doses supérieures ou égales à D4 (0,6 µl/ml), D6 (1,2 µl/ml), D3 (0,3 µl/ml) et D5 (0,9 µl/ml). Quant à la méthode de fumigation, les résultats ont révélé que les huiles d'*O. americanum*, de *L.*

multiflora, et de *C. schoenanthus*, ont inhibé à 100% la croissance radiale mycélienne du champignon respectivement à partir des doses supérieures ou égales à D10 (2,4 µl/ml), D3 (0,3 µl/ml), et D6 (1,2 µl/ml). Concernant les combinaisons des huiles essentielles, les résultats ont montré que la combinaison des huiles d'*O. americanum* et de *L. multiflora*, de *O. americanum* et de *C. schoenanthus*, de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus*, puis celle des trois huiles essentielles ont inhibé la croissance radiale mycélienne respectivement à partir des doses D10 (2,4µl/ml), D10 (2,4µl/ml), D6 (1,2 µl/ml) et D7 (1,5 µl/ml). Les fongicides à base de mancozeb et d'azoxystrobine ont inhibé la croissance radiale mycélienne respectivement à 100% et à 25,9%, quelle qu'en soit la dose.

Effets antifongiques des différentes huiles sur la sporulation de *M. oryzae*

Le tableau n°2 présente l'effet antifongique des huiles essentielles et leurs combinaisons sur la sporulation de *M. oryzae* en méthode de contact et de fumigation. L'analyse de variance montre qu'en méthode de contact, parmi les huiles essentielles et leurs combinaisons, l'huile d'*O. americanum* a enregistré les plus faibles taux d'inhibition de la dose D1 (0,05µl/ml) à la dose D8 (1,8µl/ml) avec des variations respectives de 1,2% à 98,9%. Par contre l'huile de *L. multiflora* a enregistré les taux d'inhibition les plus élevés de la dose D1 (0,05µl/ml) à la dose D3 (0,3µl/ml) avec des variations respectives de 74,1% à 100%. La combinaison des huiles *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* ainsi que celle des huiles d'*O. americanum*, de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* ont inhibé totalement la sporulation à partir de la dose D5 (0,9%). L'huile essentielle de *C. schoenanthus*, la combinaison des huiles essentielles d'*O. americanum* et de *L. multiflora* et celle d'*O. americanum* et de *C. schoenanthus* ont inhibé à 100% la sporulation de *M. oryzae* respectivement à partir des doses D6 (1,2µl/ml), D4 (0,6µl/ml) et D6 (1,2µl/ml). En méthode de fumigation, parmi les huiles brutes et leurs combinaisons, l'huile d'*O. americanum* a enregistré les pourcentages d'inhibition les plus faibles variant de 0,9% à 97,9% respectivement de la dose D1 (0,05µl/ml) à D8 (1,8µl/ml). L'huile essentielle de *L. multiflora* et la combinaison des huiles essentielles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* ont inhibé à 100% la sporulation de *M. oryzae* à partir de la dose D3 (0,3µl/ml). L'huile essentielle de *C. schoenanthus* ainsi que sa combinaison avec celle d'*O. americanum* ont inhibé à 100% la sporulation à partir de la dose D5 (0,9µl/ml). La combinaison des huiles essentielles d'*O. americanum* et de *L. multiflora* puis celle des trois huiles essentielles ont inhibé à 100% la sporulation à partir de la dose D4 (0,6µl/ml). Les fongicides mancozeb et d'azoxystrobin ont enregistré respectivement 100% et 67,33% de taux d'inhibition de sporulation.

Effets antifongiques des différentes huiles sur la germination des spores de *M. oryzae*

Le tableau n°3 présente l'effet antifongique des huiles essentielles et leurs combinaisons sur la germination des spores de *M. oryzae* en méthode de contact et de fumigation.

En méthode de contact, l'huile d'*O. americanum* a enregistré le plus faible taux d'inhibition de la germination au niveau des doses D1 (0,05µl/ml), D2 (0,1µl/ml), D3 (0,3µl/ml) et D4 (0,6µl/ml) avec des taux respectifs de 6,42%, 35,3%, 78,6% et 96,9% comparativement aux autres traitements. L'huile essentielle de *L. multiflora* a enregistré les taux d'inhibition les plus élevés au niveau de la dose D1 (0,05µl/ml) et D2 (0,1µl/ml) avec des taux d'inhibition respectifs de 70,8% et 98,9%. Cette huile a été la plus efficace car ayant enregistré un effet inhibiteur très marqué sur le taux de germination des spores. A partir de la dose D3 (0,3µl/ml), les huiles de *L. multiflora* et la combinaison des huiles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* inhibent à 100% la germination de *M oryzae*. L'huile essentielle de *C. schoenanthus*, la combinaison des huiles d'*O. americanum* et de *L. multiflora* puis celle des trois huiles essentielles ont enregistré des taux d'inhibition de 100% à partir de la dose D4 (0,6µl/ml). En fumigation, les résultats ont montré que l'huile essentielle d'*O. americanum* a eu moins d'effet inhibiteur sur la germination des spores de *M. oryzae* en enregistrant les taux d'inhibition les plus faibles au niveau des doses D1 (0,05µl/ml), D2 (0,1µl/ml), D3 (0,3µl/ml) et D4 (0,6µl/ml) avec des taux respectifs de 21,9%, 41,4%, 68,3% et 93,9%. L'huile essentielle de *L. multiflora* a enregistré les taux d'inhibition de la germination les plus élevés au niveau de toutes les doses, exceptée la dose D1 (0,05µl/ml) avec 23,40%. Le pourcentage d'inhibition de la germination a atteint 100% à partir de la dose D3 (0,3 µl/ml) pour les huiles de *C. schoenanthus* et la combinaison des huiles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus*. La combinaison des huiles d'*O. americanum* et de *L. multiflora* et celle des trois huiles essentielles ont enregistré 100% de taux d'inhibition de la germination à partir de la dose D4 (0,6µl/ml). L'huile essentielle d'*O americanum* ainsi que sa combinaison avec l'huile essentielle de *C. schoenanthus* ont enregistré 100% de pourcentage d'inhibition de la germination à partir de la dose D5 (0,9µl/ml). Les fongicides constitués de mancozeb et d'azoxystrobin ont enregistré respectivement 100% et 85,5% de taux d'inhibition de la germination.

Tableau 17 : Effets des huiles essentielles et leurs combinaisons sur la croissance radiale mycélienne de *Magnaporthe oryzae*

| Doses (μ l/ml) | Oa | | Lm | | Cs | | Oa/Lm | | Oa/Cs | | Lm/Cs | | Oa/Lm/Cs | | Fongicides | |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | Mz | Az |
| D0 (0,00) | 0,00 ^h | 0,00 ⁱ | 0,00 ^e | 0,00 ^d | 0,00 ^g | 0,00 ^f | 0,00 ^e | 0,00 ⁱ | 0,00 ^g | 0,00 ⁱ | 0,00 ^d | 0,00 ^g | 0,00 ^f | 0,00 ^f | 0,00 ^b | 0,00 ^b |
| D1 (0,05) | 37,5 ^g | 17,9 ⁱ | 33,5 ^d | 81,3 ^c | 15,4 ^f | 70,7 ^e | 3,1 ^d | 13,1 ⁱ | 15,1 ^f | 23,7 ⁱ | 59,4 ^c | 84,17 ⁱ | 35,3 ^e | 85,6 ^e | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D2 (0,1) | 37,8 ^g | 23,5 ^h | 48,8 ^c | 92,3 ^b | 71,8 ^e | 73,8 ^{d^e} | 57,4 ^c | 68,4 ^h | 86,8 ^e | 35,3 ^h | 88,5 ^b | 86,42 ^e | 85,3 ^d | 89,2 ^d | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D3 (0,3) | 42,2 ^f | 31,8 ^g | 89,1 ^b | 100 ^a | 72,7 ^{d^e} | 76,9 ^d | 84,2 ^b | 70,6 ^g | 87,1 ^{d^e} | 74,8 ^g | 100 ^a | 91,71 ^d | 88,5 ^c | 89,4 ^d | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D4 (0,6) | 43,3 ^f | 55,4 ^f | 100 ^a | 100 ^a | 74,4 ^d | 87,1 ^c | 100 ^a | 82,2 ^f | 96,4 ^c | 76,9 ^f | 100 ^a | 94,96 ^c | 94,3 ^b | 93,3 ^c | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D5 (0,9) | 47,9 ^{d^e} | 70,65 ^e | 100 ^a | 100 ^a | 75,8 ^c | 92,8 ^b | 100 ^a | 94,8 ^e | 97,8 ^{b^c} | 77,7 ^f | 100 ^a | 95,68 ^{b^c} | 100 ^a | 93,9 ^c | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D6 (1,2) | 50,2 ^{d^e} | 72,4 ^{d^e} | 100 ^a | 100 ^a | 88,8 ^b | 100 ^a | 100 ^a | 95,1 ^d | 100 ^a | 82,7 ^e | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 94,9 ^b | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D7 (1,5) | 53,7 ^a | 75,6 ^d | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 95,7 ^{c^d} | 100 ^a | 94,9 ^d | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D8 (1,8) | 76,3 ^c | 79,3 ^c | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 96,5 ^{b^c} | 100 ^a | 95,7 ^{c^d} | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D9 (2,1) | 81,6 ^b | 86,5 ^b | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 97,8 ^b | 100 ^a | 97,7 ^b | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 25,9 ^a |
| D10 (2,4) | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 25,9 ^a |
| Pr > F | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | < 0,05 |
| Signification | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | THS | S | S |

MC = Méthode de contact, MF = Méthode de Fumigation, Oa = *Ocimum americanum*, Lm = *Lippia multiflora*, Cs = *Cymbopogon shoenanthus*, Oa/Lm = Combinaison de Oa et de Lm, Oa/Cs = Combinaison de Oa et de Cs, Lm/Cs = Combinaison de Lm et de Cs, Oa/Lm/Cs = Combinaison de Oa, de Lm et de Cs, Mz = Mancozeb, Az = Azoxystrobin. Les valeurs de la même colonne affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Tableau 18 : Effets des huiles essentielles et leurs combinaisons sur la sporulation de *Magnaporthe oryzae*

| Doses (μ l/ml) | Oa | | Lm | | Cs | | Oa/Lm | | Oa/Cs | | Lm/Cs | | Oa/Lm/Cs | | Fungicides | |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | MC | MF | Mz | Az |
| D0 (0,00) | 0,00 ⁱ | 0,00 ⁱ | 0,00 ^d | 0,00 ^d | 0,00 ^g | 0,00 ^f | 0,00 ^d | 0,00 ^d | 0,00 ^e | 0,00 ^f | 0,00 ^e | 0,00 ^e | 0,00 ^f | 0,00 ^e | 0,00 ^f | 0,00 ^f |
| D1 (0,05) | 1,2 ⁱ | 0,9 ⁱ | 74,1 ^c | 8,3 ^c | 11,1 ^f | 16,8 ^e | 11,9 ^e | 62,1 ^c | 9,5 ^f | 11,3 ^e | 16,7 ^d | 9,7 ^d | 35,97 ^e | 7,5 ^d | 100 ^a | 67,33 ^a |
| D2 (0,1) | 7,3 ^h | 8,6 ^h | 97,5 ^b | 26,3 ^b | 21,2 ^e | 33,9 ^d | 42,1 ^d | 93,9 ^b | 25,7 ^e | 29,8 ^d | 68,3 ^c | 45,3 ^c | 85,27 ^d | 39,1 ^c | 100 ^a | 67,33 ^a |
| D3 (0,3) | 17,9 ^g | 12,8 ^g | 100 ^a | 100 ^a | 49,3 ^d | 67,3 ^c | 72,7 ^c | 100 ^a | 41,4 ^d | 57,2 ^c | 89,1 ^b | 83,9 ^b | 88,49 ^c | 89,7 ^b | 100 ^a | 67,33 ^a |
| D4 (0,6) | 37,3 ^f | 49,7 ^f | 100 ^a | 100 ^a | 74,6 ^c | 89,7 ^b | 93,3 ^b | 100 ^a | 77,3 ^c | 89,4 ^b | 100 ^a | 100 ^a | 94,24 ^b | 100 ^a | 100 ^a | 67,33 ^a |
| D5 (0,9) | 59,7 ^e | 71,5 ^e | 100 ^a | 100 ^a | 92,9 ^b | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 91,2 ^b | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 67,33 ^a |
| D6 (1,2) | 79,8 ^d | 81,9 ^d | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 100 ^a | 67,33 ^a |

Comparaison des doses minimales d'inhibition des différentes formulations d'huiles essentielles

Le tableau n°4 présente les doses minimales inhibitrices (DMI) des différentes formulations d'huiles essentielles par souche et par méthode utilisées. L'analyse de la variance indique une différence très hautement significative entre les DMI des des différentes formulations d'huiles essentielles. Selon la méthode de contact, il ressort que l'huile essentielle de *Ocimum americanum* a enregistré la plus forte DMI (2,4 μ l/ml) tandis que celle de la combinaison des huiles de *Lippia multiflora* et de *Cymbopogon shoenanthus* a enregistré la DMI la plus faible (0,3 μ l/ml). Parmi les huiles essentielles utilisées en pure, celle de *Lippia multiflora* a enregistré la DMI la plus faible (0,6 μ l/ml). Aucune différence significative n'a été enregistrée entre la DMI de l'huile de *Lippia multiflora* et celle de la combinaison des huiles de *Lippia multiflora* et *Ocimum americanum*.

Selon la méthode de fumigation, il ressort que l'huile essentielle de *Ocimum americanum*, sa combinaison avec celle de *Lippia multiflora* et avec celle de *Cymbopogon shoenanthus*, ont enregistré la plus forte DMI (2,4 μ l/ml) tandis que l'huile essentielle de *Lippia multiflora* a enregistré la DMI la plus faible (0,3 μ l/ml). Il n'y a pas eu de différence significative entre la DMI de l'huile essentielle d'*Ocimum americanum*, la combinaison d'*Ocimum americanum* et de *Lippia multiflora* et celle d'*Ocimum americanum* et *Cymbopogon shoenanthus*.

Comparaison des doses minimales d'inhibition en fonction des formulations d'huiles essentielles

| Formulations | Méthode de contact | Méthode de fumigation |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Lm</i> | 0,6 ^e | 0,3 ^d |
| Oa | 2,4^a | 2,4^a |
| <i>Cs</i> | 1,5 ^b | 1,2 ^c |
| Oa/Lm | 0,6^e | 2,4^a |
| <i>Oa/Cs</i> | 1,2 ^c | 2,4 ^a |
| Lm/Cs | 0,3^f | 1,2^c |
| <i>Oa/Lm/Cs</i> | 0,9 ^d | 1,5 ^b |
| Probabilité | 0,001 | 0,001 |
| Signification | THS | THS |

Legende : **Oa** = *Ocimum americanum*, **Lm** = *Lippia multiflora*, **Cs** = *Cymbopogon shoenanthus*, **Oa/Lm** = Combinaison de *Oa* et de *Lm*, **Oa/Cs** = Combinaison de *Oa* et de *Cs*, **Lm/Cs** = Combinaison de *Lm* et de *Cs*, **Oa/Lm/Cs** = Combinaison de *Oa*, de *Lm* et de *Cs*. Les valeurs de la même colonne affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

DISCUSSION

L'efficacité des huiles essentielles et de leurs combinaisons sur le développement de *M. oryzae in vitro* varie en fonction des doses et de la méthode testée. Les résultats ont montré que l'huile essentielle de *L. multiflora* et sa combinaison avec celle de *C. schoenanthus* ont enregistré les meilleures pourcentages d'inhibition de la croissance radiale mycélienne du champignon. Cette efficacité enregistrée dans la

réduction de la croissance radiale s'explique par leurs propriétés antifongiques et leurs compositions chimiques qui leurs permettent d'arrêter ou de ralentir le développement du champignon (Doubouya *et al.*, 2012), L'effet inhibiteur de ces huiles peut être attribué aux composés majoritaires des molécules chimiques comme le 1,8-cinéole pour l'huile essentielle de *O. americanum* ou encore à l'effet synergique ou additif des composés chimiques (Ambindei *et al.*, 2014 ; Andriole *et al.*, 1994). Egalement Sirima *et al.*, (2020) ont montré que l'huile essentielle de *C. schoenanthus* et de *L. multiflora* ont présenté une forte activité antifongique en stoppant la croissance mycélienne de l'isolat d'*Alternaria sp* pour des doses allant de 5% à 100%, Ces résultats confirment également ceux de Tiendrebeogo *et al.*, (2017) qui ont montré que l'huile essentielle de *L. multiflora* avait une forte activité antifongique en inhibant totalement la croissance mycélienne de *P. oryzae* à 600 ppm, Ils ont également montré que cette huile essentielle réduisait totalement la croissance mycélienne de *F. moniliforme* et de *B. oryzae* respectivement à 100 ppm et 400 ppm, Leurs travaux ont aussi montré que les huiles essentielles ont été plus efficaces dans l'inhibition de la croissance mycélienne des champignons comparativement aux extraits aqueux de plantes, La combinaison des huiles de *L. multiflora* et *C. schoenanthus* a montré un effet synergique dans l'inhibition de la croissance radiale par contact et par fumigation, Des études de Nazzaro *et al.*, (2007) ont montré des effets synergiques possibles entre différentes huiles essentielles et/ou leurs composants et molécules synthétiques, Selon Serghat *et al.* (2004) certains fongicides chimiques de synthèse testés *in vitro* tels que les carboxine thirames ainsi que leurs combinaisons se sont avérées efficaces contre le développement de *P. grisea* en réduisant fortement leur croissance mycélienne,

Les huiles essentielles ainsi que leurs combinaisons, ont eu également un effet inhibiteur sur la sporulation de *M. oryzae in vitro* en méthode de contact et de fumigation. Les résultats ont montré qu'en contact toutes les huiles et leurs combinaisons ont présenté un effet inhibiteur à la sporulation avec une forte activité au niveau de l'huile essentielle de *L. multiflora* ainsi que sa combinaison avec celle de *C. schoenanthus* avec des taux d'inhibition atteignant 100% respectivement à partir de D3 (0,3 µl/ml) et de D4 (0,6 µl/ml). En méthode de fumigation, l'huile essentielle de *L. multiflora* et la combinaison des huiles essentielles de *L. multiflora* et de *C. schoenanthus* ont inhibé totalement (100%) la sporulation du champignon à partir de la dose D3 (0,3 µl/ml). Des travaux similaires réalisés par Kassankogno (2016) ont montré que les extraits aqueux de *Agave sisalana* et *C. citratusa* avaient inhibé significativement la sporulation de *M. oryzae* en de 3% et de 20% respectivement. Selon Chutia *et al.*, (2009), les huiles essentielles de *Citrus sp* ont enregistré des pourcentages d'inhibition de la sporulation de 74 % et 83 % respectivement pour *Alternaria alternata* et *Fusarium oxysporum* contrairement à aux travaux d'Ouraïni *et al.*, (2005) qui ont révélé que les huiles essentielles de *T. saturojoïdes*, de *M. pulegium* et de *R. officinalis* ont un effet favorisant la production des spores de *M. gypseum*, de *M. nanum* et de *M. canis*.

Pour la germination des spores, en méthode de contact et de fumigation, les pourcentages d'inhibition de la germination les plus élevés ont été enregistrés par l'huile de *L. multiflora* ainsi que sa combinaison avec celle de *C. schoenanthus*. Ces deux formulations ont inhibé la germination des spores à 100% au même niveau que le fongicide mancozeb et ont exercé un taux d'inhibition supérieur à celui du fongicide azoxystrobin à partir de la dose D3 (0,3 µl/ml). En méthode de contact le taux d'inhibition a atteint 100% à partir de la dose D3 (0,3 µl/ml) pour l'huile essentielle de *L. multiflora* et sa combinaison avec l'huile essentielle de *C. schoenanthus* tandis qu'en méthode de fumigation, l'huile essentielle de *L. multiflora* à elle seule a enregistré un taux d'inhibition de germination de 100% à partir D2 (0,1 µl/ml). Ces résultats s'expliquent par une probable désactivation ou perturbation du système de fonctionnement du champignon par les huiles essentielles. Selon Freiesleben et Jager (2014), les produits antifongiques peuvent désactiver le fonctionnement champignon en perturbant la structure et la fonction des membranes ou des organites de la cellule fongique et/ou en inhibant le matériel nucléaire ou la synthèse des protéines. Des travaux menés par Bourahli & Traka (2021), ont montré une forte activité inhibitrice des huiles essentielles de *T. pallescens* et *C. citratus* sur la germination sporale de *Trichoderma sp* à des concentrations 15 et 10 µL/ml. D'autres travaux réalisés par Koïta *et al.*, (2012), ont montré que les extraits aqueux de *L. multiflora* à 40g/l avaient enregistré un taux d'inhibition très élevé sur la germination des spores de *P. arachidis* Speg., agent pathogène de la rouille de l'arachide. Les travaux de Hamdani (2015) ont montré une forte inhibition à 100% de la germination de spores de *Fusarium sp* par *C. aurantium sp* et de *F. oxysporum* par *C. sinensis* tandis que les huiles essentielles de *C. limon* et *C. reticulata* ont stimulé la germination des spores respectivement de 48 % et 53 % chez *Alternaria sp*. Filtenborg *et al.*, (1996) expliquent cette stimulation par un mécanisme que développent certains pathogènes fongiques en utilisant les métabolites secondaires comme un signal pour déclencher la germination,

CONCLUSION

Les différents tests réalisés dans cette étude sur les huiles essentielles et leurs combinaisons ont permis de vérifier leur efficacité contre *Magnaporthe oryzae*. Toutes les huiles essentielles et leurs combinaisons ont eu un impact dans l'inhibition des paramètres étudiés. Cependant, l'huile de *Lippia multiflora* ainsi que sa combinaison avec celle de *Cymbopogon schoenanthus* ont montré les meilleurs résultats antifongiques sur la croissance radiale mycélienne, la sporulation et la germination des spores de *Magnaporthe oryzae*. Ces résultats attestent le potentiel des huiles essentielles comme moyen naturel de lutte contre ce pathogène de la pyriculariose du riz. Ces huiles essentielles peuvent être testées en milieu réel afin d'évaluer leur efficacité dans la lutte contre la pyriculariose du riz en plein champ.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adamou I., Habou Z,A., Hassimi M,S., Mamane S,M, et Adam T, 2020**, Effet des huiles de pourghère (*Jatropha curcas* L.) et de neem (*Azadirachta indica* A, Juss) sur le développement *in vitro* des champignons pathogènes *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus oryzae*, *Int, J, Biol, Chem, Sci*, 14(4): 1282-1293,
- Adjou E,S et Soumanou M,M, 2013**, Efficacité des extraits de plantes contre les moisissures toxigènes isolées de l'arachide, *Journal of Applied Biosciences* 70: 5555– 5566,
- Amarti F., Satrani B., Ghanmi M., Farah A., Afi A., Arab L., Ajouri M,E, et Abdelaziz Chaouch A, 2010**, Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss, & Reut, et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth, du Maroc, *Biotechnol, Agron, Soc, Environ*, 2010 14(1), 141-148,
- Ambindei W, A., Ngouné L, T., Sameza M, L., Sonwa E, T., Nguimatsia F, and Dongmo P, M, J, 2014**, Antifungal Activities against some *Aspergillus* species of the Essential oils of *Canarium schweinfurthii* and *Aucoumea klaineana* growing in Cameroon, *Int, J, Curr, Microbiol, App, Sci*, (2014) 3 (5), 691-701,
- Amvam Zollo P,H., Byti L., Choumboungang F,T., Minute C., Lamrti G, and Bouchet PH, 1998**, « Aromatics plants of central of Africa, Part XXXII, Chemical composition and activity of thirteen essential oils from aromatic plants of Cameroun », *Flavour and fragrance Journal*, Vol,13 ; pp 107-114,
- Andriole V, T, 1994**, Current and future antifungal therapy: New targets for antifungal agents, *J, Antimicrobial Chemo*, 44, 151-162,
- Asma C, 2021**, Utilisation d'extraits végétaux pour la maîtrise du risque mycotoxique dans les systèmes agro-alimentaires, Toxicologie et chaîne alimentaire, Université Montpellier, Thèse de doctorat, 178p,
- Baboy L., Mateso R, et Sabiti K, 1995**, Test de résistance au champ vis-à-vis de la pyriculariose du riz au Zaïre, *TROPICULTURA*, 13 : 3, 93-98,
- Bahous M., Ouazzani Touhami A., Benkirane R, et Douira A, 2010**, Influence de l'âge de la plante sur la réceptivité des feuilles du riz à la pyriculariose, l'helminthosporiose et la curvulariose, *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, N° 1: 73-84,
- Bouet A, 2008**, Contribution à la lutte contre la pyriculariose, maladie fongique du riz : *Oryza sativa* L, (Poaceae) en Côte d'Ivoire : caractéristiques de la population de l'agent pathogène : *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr (Ascomycetaceae) et méthodes d'évaluation variétale pour la résistance à la pyriculariose foliaire et à la pyriculariose du cou, Thèse de doctorat unique, Université de Cocody-Abidjan, p,122,
- Bouet A., Vales M., Amancho N,A., Kouassi N,K, et Sorho F, 2012**, Evaluation de la résistance partielle à la pyriculariose foliaire selon l'âge chez le riz de la sous-espèce japonica, *Int, J, Biol, Chem, Sci*, 6(1): 337-354,
- Bourahli N, & Traka A, 2021**, Efficacité des huiles essentielles des plantes aromatiques (*Thymus pallescens* de Noé, et *Cymbopogon citratus* Stapf.) et les agents biologiques (*Trichoderma* sp) dans le contrôle intégré de flétrissement fusarien du pois chiche, Mémoire de Master, Sciences agronomiques, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi,Algérie, 49p,
- Broyde H et Dore T, 2013**, Effets des pratiques agricoles sur la contamination des denrées par les mycotoxines issues de *Fusarium* et *Aspergillus* spp, *Cahier Agriculture*, 22 :182-194,
- Chutia M., Deka Bhuyan P., Pathak M,G., Sarma T,C,& Boruah P, 2009**, Antifungal activity and chemical composition of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against phytopathogens from North East India, *Food Science and Technology* 42 : 777–780,
- Cruz CD, Valent B, 2017**, Wheat blast disease: danger on the move, *Trop Plant Pathol* 42:210–222,
- Deguinej P, et Ferron P, 2006**, Protection des cultures, préservation de la biodiversité, respect de l'environnement, *CahiersAgricultures*,15, 3 :307-311,
- Doumbouya M., Abo K., Lepengue A, N., Ccamara B., Kanko K., Aidara D, et Done D, 2012**, Activités comparées *in vitro* de deux fongicides de synthèse et de deux huiles essentielles, sur des champignons telluriques des cultures maraîchères en Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences* 50: 3520 – 3532,

- Filtenberg O., Frisvad J, C, & Thrane U, 1996**, Moulds in food spoilage, *International Journal of Food Microbiology*, 33: 85–102,
- Freisesleben, S,H,; Jager, A,K, 2014**, Correlation between plant secondary metabolites and their antifungal mechanism—a review, *Med, Arom, Plants*, 3, 1- 6,
- Gamsore I., Ouattara L., Ouoba P., Bonzi S, et Somda I, 2018**, Antifungal Activity and Phytotoxicity of *Vitex simplicifolia* Oliv, Leaves Essential Oil, *Journal of Agricultural Science* ;Vol,10,No,11: 203 -2010,
- Haddouchi F., Lazouni A,H., Meziane A et Benmansour A, 2009**, Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut, *Afrique SCIENCE* 05(2), 246-259,
- Hamdani F, Z, 2015** : Déterminisme moléculaire de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites à partir des feuilles d'agrumes, Thèse de doctorat, 139p,
- Kassankogno A,I, 2016**, Diversité génétique, pathologique de *Magnaporthe oryzae* (Couch), agent de la pyriculariose du riz au Burkina Faso et au Togo et méthodes de gestion durable de la maladie, Thèse de doctorat, Sciences biologiques appliquées, Phytopathologie, 198p,
- Koïta K., Neya F,B., Nana A,T., et Sankara P, 2012**, Activité antifongique d'extraits de plantes locales du Burkina Faso contre *Puccinia arachidis* Speg., agent pathogène de la rouille de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.), *Journal of Applied Biosciences* 57:4142-4150,
- Kpatinvoh B., Adjou E,S., Ahoussi E,D., Konfo T,R,C., Atrevi B., Mohamed M., Soumanou M,M, et Sohounhloue D,C,K, 2017**, Efficacité des huiles essentielles de trois plantes aromatiques contre la mycoflore d'altération du niébé collecté dans les magasins de vente du Sud-Bénin, *Journal of Applied Biosciences* 109: 10680-10687,
- Laplace, J, P, 2006**, Agriculture et alimentation, Réflexions croisées, *Cahiers Agricultures*, 15,4 :375-378.
- MAAH. 2020. Annuaires des statistiques agricoles, version définitive, Burkina. Version finale. Burkina Faso, 290p.
- MARAH. 2022. Résultats quantitatifs de la campagne agricole 2022-2023. 33p.
- Moinina A., M, Boulif M, et Lahlali R, 2018**, La culture de riz (*Oryza sativa*) et ses principaux problèmes phytosanitaires: Une mise au point sur la région du Gharb, *Rev, Mar, Sci, Agron, Vét*, (2018) 6 (4): 544-557,
- Nalley L, Tsioboe F, Durand-Morat A, Shew A, Thoma G, 2016**, Economic and environmental impact of rice blast pathogen (*Magnaporthe oryzae*) alleviation in the United States, *PLoS One* 11:e0167295,
- Nazzaro F, Fratianni F., Coppola R, and De Feo V, 2007**, *Essential Oils and Antifungal Activity*, 2007, *Pharmaceuticals*, 10, 86, doi: 10.3390/ph10040086,
- Nunez Y,O, Salabarría I,S., Collado I,G, et Hernandez-Galan R, 2006**, The antifungal activity of widdrol and its biotransformation by *Colletotrichum gloeosporioides* (penz) Penz, & Sacc, and *Botrytis cinerea* Pers, Fr, *Journal, Agriculture, Food Chemistry*, 54 :7517–7521.
- Ouattara S, Sanane I, Sereme A, Kassankogno A I, Sirima A, Zougrana S, Koïta K et Sawadogo M. 2023 : *In vitro* assessment of the efficacy of three essential oils of aromatic plants against *Magnaporthe oryzae* B.C. Couch, a rice blast pathogen in Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 17(5): 1971-1982.
- Ouraïni D., Agoumi A., Ismaïli-Alaoui, M, Alaoui K., Cherrah Y., Amrani M, et Belabbas M A, 2005**, Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongiques sur les différentes étapes du développement des dermatophytes *Phytotherapy* 3, 147–157,
- Savary S., Willocquet S., Pethybridge SJ, et al, 2019**, The global burden of pathogens and pests on major food crops, *Nat, Ecol, Evol* 3, 430–439,
- Serghat S., Mouria A., Ouazzani Touhami A., Badoc A, et Douira A, 2004**, Effet de quelques fongicides sur le développement *in vitro* de *pyricularia grisea* et *helminthosporium oryzae*, *Bull, Soc, Pharm, Bordeaux*, 2004, 143, 7-18,

- Singh, J., Sahu, B., Dantre R,K., Kotasthane A,S., Laha G,S., and Prasad M,S, 2018**, Survey for the incidence of rice blast disease in different agro climatic zone of chhattisgarh, *Journal of Plant Development Sciences* Vol, 10 (2) : 103-108,
- Sirima A., Sérémé A., Sérémé D., Koïta K., Nana T,A et Sawadogo M, 2020**, Effets de quatre huiles essentielles sur la croissance mycélienne radiale d'un isolat de *Alternaria sp*, au Burkina Faso, *Int, J, Biol, Chem, Sci*, 14 (3) : 762-771,
- Skamnioti P and Gurr S,J, 2009**, Against the grain: safeguarding rice from rice blast disease, *Trends in Biotechnol*, 27 (3), 141–150, doi: 10.1016/j.tibtech.2008.12.002
- Thompson D,P, 1989**, Fungitoxic activity of essential oil components on food storage fungi, *Mycol* 81: 151- 153,
- Tiendrebéogo A., Ouédraogo I., Bonzi S et Kassankogno A,I, 2017**, Etude de l'activité antifongique d'extraits de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stap, *Eclipta alba* L., *Lippia multiflora* M, et *Agave sisalana* P, *Int, J, Biol, Chem, Sci*, 11(3): 1202-1211,
- Toundou O., Palanga K K,, Simalou O., Abalo M., Woglo I, et Tozo K, 2020**, Biopesticide Plants species of the mining area of Tokpli (South-Togo) effects on Okra (*Abelmoschus esculentus*) protection against *Aphthona* spp, *Int, J, Biol, Chem, Sci,, 14*(1): 225-238,
- Wang G-L, Valent B, 2009**, *Advances in genetics, genomics and control of rice blast disease*, Springer Science and Business Media, New York, New York,
- Yarou B B,, Silvie P., Komlan FA,, Mensah A., Alabi T., Verheggen F, et Francis F, 2017**, Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique), *Biotechnol, Agron, Soc, Environ., 21*(4): 288-304,
- Zhang N, Luo J, Rossman AY, Aoki T, Chuma I, Crous PW, Dean R, de Vries RP, Donofrio N, Hyde KD, Lebrun M-H, Talbot NJ, Tharreau D, Tosa Y, Valent B, Wang Z, Xu J-R, 2016**, Generic names in Magna- porthales, *IMA Fungus* 7:155–159,
- Zirih, G,N,; Soro S,; Koné D, et Kouadio Y,J, 2008**, Activité antifongique de l'extrait naturel de *Combretum* sp in vitro sur 3 espèces fongiques telluriques des cultures de tomate en Côte d'Ivoire, *Rev, Ivoir, Sci, Technol*, 11: 131-142.

Comparative perception of wrapped lio in a dozen of plant leaves by consumers and female processors in Abomey and Bohicon

TODOHOUE T. Maures Clovis ^{1*}, **MADODE Yann Eméric** ² & **AZOKPOTA Paulin** ³

¹ Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Sciences et Technologies Alimentaires (LaSTA), 03 BP 2819 Jéricho, Cotonou, Bénin. Email : mauresclovis@gmail.com ;

² Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Sciences et Technologies Alimentaires (LaSTA), 03 BP 2819 Jéricho, Cotonou, Bénin. Email : yann.madode@uac.bj

³ Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Sciences et Technologies Alimentaires (LaSTA), 03 BP 2819 Jéricho, Cotonou, Bénin. Email : azokpotap@yahoo.fr

*Auteur correspondant : TODOHOUE T. Maures Clovis ; Tél : +229 66 46 12 60 / 95126101 ; email : mauresclovis@gmail.com

Abstract

Lio is a fermented and cooked maize paste wrapped in leaves. It is a local product geographically abundant in the Abomey-Bohicon region. This packaging affects the organoleptic appreciation of the lio and deserves to be investigated for a better valorization. The present study aims to identify the species of plant leaves used as packaging for lio in order to determine the preference of processors and consumers regarding the plant species used as packaging. To achieve this goal, a survey on the plant species used as packaging for lio was carried out among seventy-four (74) consumers and one hundred (100) female lio processors, randomly selected in the communes of Abomey and Bohicon. Main results showed that *Manihot glaziovii* (17%), *Manihot esculenta* (20%), *Daniellia oliveri* (45%), and *Thalia geniculata* (18%), were the main species preferred by female processors while *Daniellia oliveri* (65%) and *Thalia geniculata* (35%) were the most appreciated by consumers. The organoleptic traits of lio varied from one leaf species to another. *Daniellia oliveri* and *Thalia geniculata* are highly appreciated by consumers for their organoleptic characteristics and long shelf life. The choice of plant species used for lio packaging is based on the availability of these leaves. The leaves of *Thalia geniculata* convey to lio the best organoleptic traits and the longest shelf life. However, due to their scarcity in the wild nowadays, these leaves have to be domesticated to guarantee their permanent availability. The elaboration of a national plan for the domestication of the most appreciated plant species of lio packaging would ensure their availability and their sustainable use by a large number of female processors.

Key words : Lio, *Thalia geniculata*, *Daniellia oliveri*, packaging leaves, Benin.

Introduction

Food packaging is an assembly of material designed to protect, transport and preserve food, while at the same time being an advertising medium for the agri-food industries (Pothe, 2003). It is in a way the last step in the food manufacturing chain and plays a fundamental role in the preservation of agri-food products which are mostly perishable (PMC, 2008). Beyond its technical role, food packaging is a mark of authenticity, of originality, of the property of a producing company (Onzo et al., 2014a). Food packaging has become a key factor that determine consumer eating behaviour (Rettie and Brewer, 2000). Materials used for food packaging include: paper, plastic, glass, aluminium, wood, metal or a combination of these

(Marsh & Bugusu, 2007; Deshwal et al., 2019; Ouétchéhou et al., 2022). Among these types of packaging, those made from plastics are the most used by the food industry because of their practicality and aesthetic appeal (Siracusa et al., 2008; Malathi et al., 2014). In Benin, there is a more frequent use of plastics for various packaging (Soglo, 2003). However, the use of plastic packaging is damageable both for human health and for environment. The main issues with plastic packagings are that while they are highly reusable, numerous hygiene accidents and contamination with toxic components can occur (Fagbohoun, 2013). Moreover, the widespread use of plastic packaging generates a lot of waste and rise numerous health controversies. Indeed, Berlinet (2006) showed that chemicals present in packaging or containers can migrate into foodstuffs; these may be technological additives, monomers, oligomers, pigments and solvents from printing inks or degradation products. The use of plastic bags can also lead to groundwater pollution, which can be detrimental to agriculture. In Benin, non-biodegradable plastic packaging became a concern for public authorities and have been banned by the law no. 2017-39 voted on 26 December 2017 (Nielsen et al., 2019; Hounsou et al., 2022). In a context where sustainable development appears to be a major priority, the massive production and use of biodegradable packaging represents a major challenge that offers an alternative to plastic packaging. Plant-based packaging is an example that exists in African traditions (Adegunloye et al., 2006 ; Ojekale et al., 2013; Onzo et al., 2013). For example, artisanal plant-based packaging is available in Benin, Ivory Coast, Cameroon and Nigeria, etc. These are the leaves of certain plants that are used to wrap fresh (rice, cassava, fish etc.), or processed products (Chikwangue in Congo, Abla tchitchi in Benin, Ablo in Benin and Togo) intended for markets and street food trades (TPA, 1999). Furthermore, the use of leaves and other plant parts for food packaging has many advantages, both economic and ecological (Vihotogbé, 2001; Onzo et al., 2013). In Benin, several plant species used to package everyday food products have been identified (Onzo et al., 2013; Gbesso et al., 2015). Investigating in the seven Agricultural Development Poles (PDA) of Benin republic, Ouétchéhou et al. (2022) identified 60 leaf species that are used to package about 30 types of foods. Among these foods (Ogui, Afitin, Lio, Gowé, Abla, Toubani, Abloyoki, etc.), Lio is the maize-based product most commonly found in Abomey, Bohicon and their surroundings. It is consumed daily by urban and rural populations of these localities and is renowned in the region. It is considered as a local product of the Abomey and Bohicon plateau. Lio is a fermented and steamed paste exclusively wrapped in leaves. These leaves were reported to come from *Daniellia oliveri* or *Thalia geniculata* (Wagner, 2004). The sensory quality criteria of lio assessment vary from one individual to another. It seems to depend on the wrapping material used. Moreover, consumers seem to preference for lio wrapped in certain leaves. The perception and preferences of the lio according to the leaf package used could reveal their relative importance and draw attention to the need to ensure their availability. The specific objectives of this study were (i) to identify the different species of leafy plants used for lio packaging, (ii) to identify the mode of

supply of leafy packaging used for lio packaging, and (iii) to determine the preference of lio processors and consumers according to the plant species used as packaging.

Material and methods

Study area : the study took place in two communes of southern Benin. The commune of Abomey is located between 7°11' 8" North latitude and 1°59' 17" East longitude and the commune of Bohicon between 7°11' 00" North latitude and 2° 04' 00" East longitude. These two communes were chosen because lio is a local product of this geographical area.

Data collection: An exploratory phase was carried out in the markets of Houndjro (Abomey) and Bohicon Market (the large market of Bohicon) to determine the proportion of consumers and processors of lio in the population. The number of people surveyed was determined according to Dagnelie (1998).

An in-depth survey was conducted among consumers and female lio processors by systematically interviewing them using two questionnaires designed with the Sphinx Survey Plus 2 software (version 4.5): one for female processors and one for consumers. They mainly included data on plant species used as packaging for lio, quality attributes of lio, frequency of use, availability and preference of leaves used as packaging for lio. Free and informed consent was required from both cohorts prior to the interview. The survey was conducted with 100 women processors and 74 consumers.

Collected data processing: Collected data on species underwent taxonomic identification of species with Onzo et al. (2013) as reference. Questionnaire answers were analysed using the Sphinx survey plus2 software (version 4.5). Descriptive statistical analysis was carried out on the parameters studied.

Results and discussion

Lio processing

Lio is a fermented maize (*zea mays*) paste that is cooked in a process that requires great care and skill. This fermented paste is akpan, which is wrapped in plant leaves and steamed. The traditional akpan production process used in the study area is that described by Hounhouigan (1994), Nago (1997), and Mestres et al. (2001). To wrap akpan, the leaves are first stacked in the hands in a fan shape and then, with the help of a spatula, the akpan is spread out in the leaves. Then, the upper part of the akpan is covered with the leaves in the same way (in the shape of a fan). The wrapped dough is reinforced with palm ribs that consolidate the first packaging. After wrapping completed, lio balls are steamed, and at the end of the steaming process the lio balls are readjusted in their packaging to give them the right shape.

Variety of leaf packaging used for lio production

A total of eleven (11) species of plant leaves, divided into ten (10) families, were identified as packaging for lio during this study. These leaves were identified as packaging for maize products by Onzo et al. (2013). Except for the leaves of *Cyrtosperma senegalensis*, *Malacantha alnifolia*, *Sterculia tragacantha*, the other 7 leaves were also identified by Ouétchéhou et al. (2022) as lio packaging leaves. The leaves of *Daniellia oliveri*, *Manihot esculenta*, *Manihot glaziovii*, *Thalia geniculata*, *Cyrtosperma senegalensis*, *Malacantha alnifolia*, *Sterculia tragacantha*, *Holarrhena floribunda*, *Musa sisensis* are used as primary packaging directly in contact with the lio, and the leaves of *Elaeis guineensis* are used as secondary packaging, they serve to consolidate the lio, whichever leaf is used as primary packaging of lio.

Most of the women processors surveyed (100%) reported frequent use *Daniellia oliveri* and *Elaeis guineensis* leaves, followed by *Manihot esculenta* (85%), *Manihot glaziovii* (80%) and *Thalia geniculata* (50%). These results are in line with those of Boko et al. (1997), Hounhouigan (2000), Onzo et al. (2013) and Onzo et al. (2014b) who found that the leaves of *Thalia geniculata*, *Manihot esculenta*, *Elaeis guineensis*, are the most commonly used plant leaf species for packaging in artisanal food processing in Benin. Other species such as *Holarrhena floribunda*, *Musa sisensis*, *Cyrtosperma senegalensis*, *Malacantha alnifolia*, *Sterculia tragacantha*, *Gmelina arborea* are used to a lower extent. Women processors noticed that they only use these species when the most frequently used species are scarce. The choice of plant species used by women processors as packaging for lio in the study area is based essentially on the availability of leaves. Indeed, the leaves of *Daniellia oliveri* are collected from shrubs that are present in almost all fallows, even in overexploited fields, and the leaves of *Elaeis guineensis* are collected from a tree that is heavily exploited in the study area, thus ensuring full availability. The same observations were made by Onzo et al. (2013); Ng (2015), who reported that the main criterion for choosing leaves suitable for food packaging is their availability. Other criteria for choosing leaves for food packaging are their flexibility after processing, size, effect on the organoleptic properties of the food, and ease of processing, storage and transportation (Mustafa et al., 2012; Ng, 2015; Onzo et al., 2013; Hounsou, 2022).

Moreover, some leaves are only available in the bush at very long distances from homes (*Malacantha alnifolia*, *Sterculia tragacantha*), others are purchased in markets (*Thalia geniculata*, *Cyrtosperma senegalensis* *Manihot glaziovii*). The leaves of *Thalia geniculata* come from coastal lagoons and swampy areas (Porto-Novo, Cotonou) and are very rare in the study area. According to studies by Gbesso et al. (2015), *Thalia geniculata* is one of the plant species most used by people as food packaging in the communes of Cotonou; Abomey Calavi and Porto-Novo.

Table 1. Variety of plant-based packaging and frequency of use

| Species | Families | Local name (Fon) | Frequency of use/ Female Producer (%) |
|---------------------------------|----------------|------------------|---------------------------------------|
| <i>Manihot glaziovii</i> | Euphorbiaceae | Lobaman | 80 |
| <i>Manihot esculenta</i> | Euphorbiaceae | Fingninman | 85 |
| <i>Daniellia oliveri</i> | Césalpiniaceae | Zaman | 100 |
| <i>Thalia geniculata</i> | Marantaceae | Afléman | 50 |
| <i>Holarrhena floribunda</i> | Apocynaceae | Lewiman | 3 |
| <i>Musa sisensis</i> | Musaceae | Kokoéman | 5 |
| <i>Cyrtosperma senegalensis</i> | Araceae | Toungoman | 1 |
| <i>Malacantha alnifolia</i> | Sapotaceae | Plokissaman | 1 |
| <i>Sterculia tragacantha</i> | Sterculiaceae | Hongbèdèman | 1 |
| <i>Gmelina arborea</i> | Verbenaceae | Fofitinman | 1 |
| <i>Elaeis guineensis</i> | Palmaceae | Déman | 100 |

Quality criteria of lio

The percentage of respondents per stakeholder category describing the different quality attributes is presented in Figure 2. These quality attributes are consistency, colour, aroma, taste, leaf used as packaging, and texture. For both consumers and processors, consistency, taste, colour and packaging leaves are the main quality attributes of lio. According to the respondents, the consistency of lio is perceived at two levels: there is the consistency perceived by touch and the consistency perceived on the tongue. To the touch, according to 100% of processors and 73% of consumers, lio must be firm, medium-hard and compact, which differentiates it from akassa, which is also a fermented maize-based paste, obtained by a traditional process and wrapped in plant leaves (Hounhouigan, 1994; Nago, 1997; Hounhouigan et al., 1998). This is the main sensory criterion for lio, followed by the taste, which should be slightly acidic. Most consumers (88 %) and processors (90 %) found white lio as the most attractive. The quality of the lio also depends on the aroma delivered by the plant-based packaging leaf used. According to consumers (38 %) and processors (26 %), the texture of the lio should be free of deep veins from the plant-based packaging leaf, so that it has a good appearance. The packaging plays an important role in the overall acceptability of the lio. The aroma, taste, colour and texture of the lio depend on the plant-based packaging leaf used. These results are in line with those of Ojekale et al. (2007) who found that certain leaves used as food packaging give the foodstuffs particularly good organoleptic characteristics that are highly appreciated by consumers. Also, the work of Lascrain et al. (2017) on Tamale, a steamed maize paste, showed that the plant-based packaging leaves provide a special flavour to the Tamale and that this flavour varies depending on the plant-based packaging leaf used. In addition, some authors have reported that volatile compounds from the plant-based packaging leaves migrate to

the Wrapped food and give it a distinctive aroma, taste and colour (Mensah et al. 2012; Ng 2015; Onzo et al. 2016; Lascurain et al., 2017; Ouétchéhou et al., 2022).

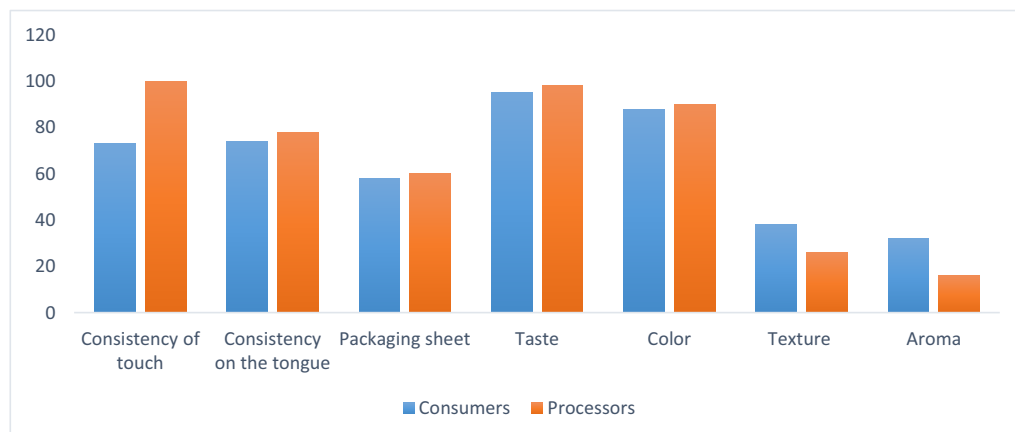


Figure 1. Quality criteria for lio according to consumers and female processors

Preferred use of plant-based packaging leaves

The leaves used to pack the lio are appreciated in different ways. Thus, 45% of the women processors said that they prefer to use *Daniellia oliveri* leaves, 20% *Manihot esculenta* leaves, 17% *Manihot glaziovii* leaves, and 18% *Thalia geniculata* leaves (Figure 3). It is worth noting that none of the women claimed to prefer the leaves of *Sterculia tragacantha*, *Malacantha alnifolia*, *Gmelina arborea*, *Musa sisensis*, *Holarrhena floribunda*, *Cyrtosperma senegalensis*. *Daniellia oliveri* leaves are the most preferred by women processors because they grow on a shrub that regrows in almost all fallows, even on overexploited fields, so full availability. It does not require pre-treatment before packaging and has a highly appreciated preservative effect. *Manihot esculenta* and *Manihot glaziovii* leaves are also preferred by women processors because of their availability and the quality of the lio they yield; they also preserve the lio but less than *Daniellia oliveri* leaf. Indeed, when lio is packed and cooked in *Manihot esculenta* leaves, it is considered a guarantee of its quality (Boko et al, 1997). The leaves of *Thalia geniculata* are valued for the exceptional quality of the lio they yield. Indeed, the lio packed in this leaf is white in colour, very clean, without deep veins. It gives the lio its pleasant aroma and a long shelf life. *Thalia geniculata* is the best lio packaging leaf according to the processors interviewed. It provides the best lio, but is preferably less used because of its unavailability. They come from the coastal lagoons and are sold by street vendors at the Bohicon market. The choice of plant species used for food packaging is based mainly on the availability of leaves, their socio-cultural importance, their physical or mechanical properties, their ability to transfer

a good aroma to food and their preservative role (Adegunloye et al., 2006; Adebayo and Kolawole, 2010; Ajala et al., 2011; Akoa et al., 2012; Ojekale et al., 2013; Onzo et al., 2015). At the consumer level, 65% of the respondents said that they prefer to consume lio packed in *Daniellia oliveri* leaves and 35% in *Thalia geniculata* leaves. The leaves of *Thalia geniculata* and *Daniellia oliveri* are particularly known for their aroma (Zannou et al., 2016). The work of Ouétchéhou et al. (2022) showed that *Daniellia oliveri* leaves are highly appreciated by lio consumers but *Manihot esculenta* leaves are the most appreciated. These results can be justified by the fact that this work was conducted in several communes in Benin, where the preference of the leaves is a function of the leaves used by the processors. Consumer preferences for leaf packages vary according to leaf availability and region (Onzo et al. 2014a). *Thalia geniculata* leaves allow for a very white coloured lio, and gives a smooth texture and good appearance to the lio. This is also the case with akassa packed in *Thalia geniculata* leaves. According to Onzo et al (2013) they give good presentation, texture and aroma to the Wrapped akassa. Some leaves used as food packaging very often give foodstuffs organoleptic characteristics that are highly appreciated by consumers as found by Ojekale et al. (2007) and Onzo et al. (2015). In addition, many studies have reported the impact of vegetable leaves, on the physicochemical, microbiological and organoleptic quality of the Wrapped food product (Adegunloye et al., 2006; Onzo et al., 2014b). Consumer appreciation and preference for lio and other Wrapped food leaves is dependent on its ability to improve the organoleptic characteristics of Wrapped products (Zannou et al., 2016).

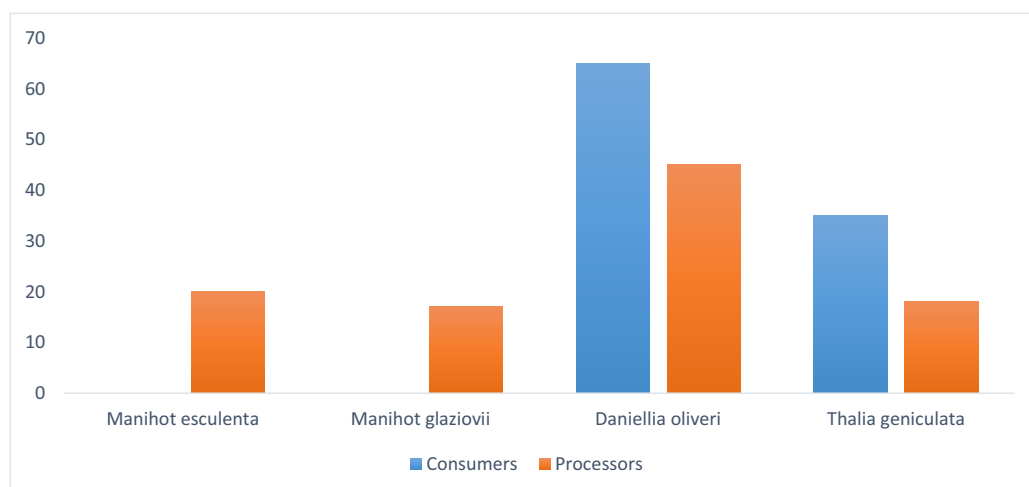


Figure 2. Packaging leaf preferences among lio processors and consumers.

Conclusion

The lio is a foodstuff exclusively packed in plant leaves. These plant leaves influence the organoleptic characteristics of the lio. The packing leaves most appreciated by consumers and processors of lio (*Thalia geniculata* and *Daniellia oliveri*) still grow spontaneously and are subject to anthropic pressure. It would be desirable that a national policy for the domestication of these plant species be developed to ensure their availability for sustainable use.

References

1. Adebayo GJ et Kolawole LA 2010. In vitro activity of *Thaumatococcus daniellii* and *Megaphrynium macrostachyum* against spoilage fungi of white bread and „Eba“, an indigenous staple food in Southern Nigeria. *African Journal of Microbiology Research*, 4 (11), 1076-1081.
2. Adegunloye DV, Agarry OO, Adebolu TT, Adetuyi FC 2006. Effect of leaf-packaging on the microbiological assessment of some food items. *African Journal of Biotechnology*, 5 (5), 445-447.
3. Ajala L, Ibrahim TA., Adebote VT 2011. Effect of different packaging materials on bacteriological quality of “Egidi”. *American Journal of Food and Nutrition*, 1(2), 79-81.
4. Akoa EEF, KRA KAS, Megnanou RM, Akpa EE, Ahonzo NLS 2012. Sensorial Characteristics of a Senescent Plantain Empiric Dish (Dockounou) Produced in Côte d’Ivoire. *Journal of Food Research*, 1 (4), 150-159.
5. Berlinet C 2006. Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Life Sciences, ENSIA (Agro Aristech), French, 223p.
6. Boko M, Heideveld A, Elsen A 1997. Introducing Leaf Packaging in the Netherlands, A UNB/ UvA / UNEPVG- SPD collaborative project, National University Benin (UNB).
7. Dagnelie P, 1998. *Statistiques théoriques et appliquées : Inférence statistique à une et à deux dimensions*. de Boeck Université, Tome 2, De Boeck and LarcierS.A., Brussels, Belgium, 559 p.
8. Deshwal G K, Panjagari NR, and T, 2019. Vue d'ensemble du papier et des matériaux d'emballage alimentaire à base de papier : sécurité sanitaire et préoccupations environnementales. *Journal of Food Science and Technology* 56 (10) : 4391–4403. doi: 10.1007/s13197-019-03950-z
9. Fagbohoun L, 2013. Évaluation de la toxicité et de l'activité antioxydant de l'extrait méthanoïque des feuilles de teck utilisées dans l'artisanat agroalimentaire au Bénin. Poster. FAST, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Bénin 1p.
10. Gbesso, G.H., Gbesso, F.F.K., Gbaguidi, S.L.M., 2015. Aspects socio - économiques des emballages-feuilles des zones humides du sud Benin. *European Scientific Journal* 11 : 1857- 7431.
11. Hounhouigan DJ 1994. Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawe production in Bénin. Physical, chemical and microbiological aspects. PhD Thesis, Wageningen, The Netherlands : 99 p.

12. Hounhouigan DJ, Nago MC, Monhouanou J, 1998. *La Transformation Alimentaire Traditionnelle des Céréales au Bénin*, Edition Les Publication du CERNA : Bénin, 120p.
13. Hounhouigan DJ, 2000. Matières végétales au Bénin : Un potentiel d'emballages biodégradables. *In Bulletin du réseau TPA. Dossier : Les emballages Alimentaires*, 17 (2) : 39-41.
14. Hounsou, M., Dabadé, D. S., Götz, B., Hounhouigan, M. H., Honfo, F. G., Albrecht, A., Dresch L. C., Kreyenschmidt, J., Hounhouigan, D. J. (2022). Development and use of food packaging from plant leaves in developing countries. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 17(4), 315-339.
15. Lascurain M, López-Binnqüist C, Avendaño S, Covarrubias M, 2017. The plants leaves used to wrap tamales in the Mexican state of Veracruz. *Economy Botany* 71 : 374–379. <https://doi.org/10.1007/s12231-017-9396-9>
16. Malathi AN, Santhosh KS, Udaykumar N. 2014. Recent trends of Biodegradable polymer: Biodegradable films for Food Packaging and application of Nanotechnology in Biodegradable Food Packaging. *Current Trends in Technology and Science* 3, 73 - 79.
17. Marsh KS, Bugusu B, 2007. Food packaging - Roles, materials, and environmental issues: Scientific status summary. *Journal of Cleaner Production* 72 : 39–55.
18. Mensah J, Adei E, Adei D, Ashie M, 2012. Perceptions of the use of indigenous leaves as packaging materials in the ready-to-eat cornmeals. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6, 1051 - 1068. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.12>
19. Mestres C, Bada-Ogoun MC, Michodjèhoun L, Hounhouigan J, 2001. Compte rendu d'étude sur la « valorisation des produits vivriers du Bénin ». CIRAD-CERNA, 27p.
20. Mustafa M, Nagalingam S, Tye J, Shafii AH, Dolah J, 2012. Looking back to the past: revival of traditional food packaging. In: 2nd regional conference on local knowledge (KEARIFAN TEMPATAN), Jerejak Island, pp 1–17.
21. Nago CM, 1997. Transformation alimentaire du maïs au Bénin : Détermination des caractéristiques physico-chimiques des variétés en usage ; relation avec l'obtention et la qualité des principaux produits dérivés. Thèse Doctorat es-Sciences, UFR Biochimie, Université de Paris 7, 571 pp.
22. Ng C, 2015. Plant leaves in food preparation and packaging. *UTAR Agricultural Journal of Sciences* 1 (4) : 34–39.
23. Nielsen TD, Holmberg K, Stripple J, 2019. Need a bag? A review of public policies on plastic carrier bags—where, how and to what effect? *Waste Management* 87 : 428–440. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.025>
24. Ojekale AB, Oladipupo AL, Adeola AS, Folorunso OS, Azeez II, Andy RO 2013. Volatile Constituents, Antioxidant and Insecticidal Activities of Essential Oil from the Leaves of *Thaumatococcus Danielli* (Benn.) Benth from Nigeria. *Journal of Pharmacy*, 3 (3): 01-05.

25. Ojekale, AB, Makinde, SCO, and Osileye, O. 2007. Phytochemistry and anti-microbial evaluation of *Thaumatococcus danielli*, Benn. (Benth.) leaves. *Nigerian Food Journal*, 25 (2) 176-183 (www.ajol.info/journals/nifoj)ISSN0189-7241
26. Ouétchéhou R, Dabadé DS, Sanoussi AF, Vieira-Dalodé G, Toukourou CA, Hounhouigan DJ, Azokpota P. 2022. Typology and quality preference of plant leaves used for food packaging in Benin. *International Journal of Biosciences* 20 (6): 103-119.
27. Onzo CF, Azokpota P, Akissoe N, Agbani P 2013. Biodiversité des feuilles végétales utilisées comme emballages dans l'artisanat agroalimentaire au Sud du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 72 : 5810– 5821.
28. Onzo CF, Azokpota P, Agbani P, Gbaguidi F, Joseph D, Hounhouigan DJ, Kossou D 2014a. Caractéristiques physico-chimiques, phytochimiques et toxicité des espèces végétales utilisées comme emballages alimentaires en Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8 (4) : 1504-1516.
29. Onzo CF, Toukourou C, Azokpota P, Yandjou HJ, Hounhouigan DJ, 2014b. Caractérisation physique et mécanique de *Thalia geniculata* et de *Musa sapientum*, deux espèces de feuilles végétales utilisées comme emballages alimentaires en Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8 (4) : 1543-1556.
30. Onzo FC, Aka S, Azokpota P, Benie CKD, Dje KM, Bonfoh B, 2015. Diversité des denrées alimentaires traditionnelles conditionnées dans les emballages des feuilles de plantes en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 27 (2) : 155 – 172.
31. Onzo, C. F., Adjatin, A., Assogba, F., Ndtoungou, H. A., Djengue, H. W., Azokpota, P., Dansi, A., Gbenou, J. (2016). Potentiel de domestication des espèces de feuilles végétales utilisées comme emballages alimentaires au Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 18(2), 539.
32. PMC 2008. L'industrie agroalimentaire dans l'UEMOA : panorama, problématiques, enjeux et perspectives, publication PMC. Dakar, Sénégal, 89 p.
33. Pothet JP (2003). Emballage et conditionnement - Marketing - Techniques - Mise en œuvre - Qualité – Réglementation. Collection Les Référentiels Dunod, 420 p.
34. Rettie R, Brewer C. 2000. The verbal and visual components of package design. *Journal of Product and Brand Management*, 9 (1) : 56 – 70.
35. Siracusa V, Rocculi P, Romani S, Dalla RM. Biodegradable polymers for food packaging: a review, 2008. *Trends Food Science Technology* ;19 (12) : 634–43. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.07.003>.
36. Soglo CYD, 2003. Dynamique Urbaine et Gestion des déchets plastiques dans la municipalité de Cotonou: quelques solutions de recyclage. Option : Gestion de l'Environnement. École Doctorale pluridisciplinaire Espaces, Cultures et Développement, FLASH/ UAC, 87 p.
37. TPA 1999. L'offre africaine en emballage : Fournisseurs d'emballages et matériels de conditionnement, bulletin du réseau TPA n°16 : 44 p.

38. Vihotogbé R, 2001. Diversité biologique et potentialité Socio-économique des ressources alimentaires végétales. Cas de la forêt de Pobè et de ces Zones connexes. Thèse d'ingénieur, Abomey Calavi FSA/UAC, 103 p.
39. Wagner T, 2004. *Le lio, un produit de terroir. Analyse des systèmes de production du lio à Abomey et Bohicon*. Johannes Gutenberg Universitat, Mayence, Allemagne, 51 p.
40. Zannou A, Gbaguidi MAN, Ahoussi-dahouenon E, 2016. Chemical characterization of *Tectona grandis*, *Thalia geniculata*, *Lasiomorpha senegalensis* and of *Musa acuminata* used as food packagings in Benin. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 5 : 79 – 82.

Prévalence de la démodécie canine en milieu urbain, cas des départements de l'Atlantique et du Littoral du Bénin

Dourossimi Adam ADENILE¹, Sessiwede Ingrid Nadine ANAGONOU^{1*}, Svetlana Aleksandrovna Shemyakova², Safiou Bienvenu ADEHAN³

¹ Laboratory of Ethnopharmacology and Animal Health, School of Sciences and Techniques of Animal Production, University of Abomey-Calavi, 01 BP: 526 Cotonou, Benin.

² Laboratory of Parasitology and Invasive Diseases of Animals, Faculty of Veterinary Medicine, State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology K.I. Skriabine, Moscow

³ Laboratoire d'Appui à la Santé et à la Nutrition Animale et Halieutique (LASNAH)

Corresponding author: adamadenile@gmail.com *

Résumé

La démodécie canine ou la démodicose canine est une maladie parasitaire externe qui affecte sérieusement l'état de santé des chiens. Le manque de moyens d'un diagnostic prompt et exact entraîne des conséquences fatales pour les animaux. La similitude avec d'autres pathologies cutanées rend le diagnostic très difficile. Notre étude vise à diagnostiquer de façon exacte la démodicose canine et à évaluer sa prévalence dans les départements de l'Atlantique et du Littoral au Bénin.

A cet effet, 288 chiens des races : doberman, rottweiler, berger allemand, berger belge, malinois belge et de la race locale, ont été examinés dans 6 communes (Abomey-Calavi, Ouidah, Kpomasse, Allada, Zè et Cotonou) des 2 départements (Atlantique et Litoral) de 2021 à 2023. La démodicose canine a été détectée dans 89 cas (33,33%). Il n'y avait pas de différence significative dans l'apparition de la maladie entre les mâles (35,41%) et les femelles (31,25%). La maladie a été enregistrée chez 7,29%, 34,37% et 61,45% des chiens âgés de moins d'un an, de 1 à 2 ans et de plus de 2 ans respectivement, ce qui suggère que les jeunes chiens âgés de moins d'un an sont moins sensibles. L'étude a révélé que les chiens de race locale sont plus sensibles (56,25%) que les bergers allemands (39,58 %), les dobermans (35,41%) et les bergers belges (27,08%). Les rottweilers et les malinois étaient les moins touchés par le parasite de cette maladie (20,83% chacun). La forte prévalence de l'infestation enregistrée est en contradiction avec les connaissances des propriétaires de chiens dans les zones d'étude. Une bonne connaissance des races prédisposées pourrait aider pour le diagnostic.

Mots clés : Prévalence, démodécie, chiens, race, Bénin

Introduction

La démodécie canine est une maladie courante affectant les chiens et parfois les chats. Elle est rencontrée partout dans le monde entier et peut être l'une des causes de dermatoses canines les plus sévères (référence). Elle est causée par un acarien du nom de *Demodex canis*. Cet acarien vit normalement dans la peau du chien. Transmis de la mère à ses chiots à l'âge de 2-3 jours, il se retrouve en très faible quantité (Scott et al., 2001). Les chiens atteints de démodécie ont un nombre anormalement élevé de cet acarien dans leurs follicules pileux. La démodécie canine n'est pas contagieuse pour les humains ni pour les autres chiens (référence). Il existe différentes formes de démodécie canine:

Forme localisée (juvénile ou adulte) : cette forme se caractérise habituellement par quelques zones circulaires alopeciques (sans poils) plus ou moins inflammées. Cette forme a moins de tendance à

s'infecter et le chien n'a pas de démangeaisons. Par précaution, nous déconseillons la reproduction de ces animaux, car cette forme pourrait possiblement être héréditaire(référence).

Forme généralisée : cette forme affecte plusieurs endroits sur le corps (différents patrons de lésions existent) et à de tendance à se surinfecter. La démodécie canine ne cause pas ou cause peu de démangeaisons chez les sujets, mais une fois l'infection bactérienne installée, des démangeaisons apparaissent et les lésions de la peau s'aggravent. La démodécie canine généralisée est une maladie complexe dont la pathogénèse exacte reste incertaine

La forme Juvénile étant héréditaire, et donc transmissible génétiquement, la reproduction de ces animaux est fortement déconseillée. (Lemarie, 1996)

La forme Adulte quant à elle se caractérise par un stress important induit par une maladie grave, une intervention chirurgicale, une longue hospitalisation, une gestation, une lactation excessive et autre qui souvent est à l'origine de cette forme de démodécie(référence). Puisque cette forme peut être secondaire à une maladie débilitante sous-jacente, il est recommandé d'effectuer des investigations (bilan sanguin, analyse d'urine, etc.) pour évaluer la santé générale de l'animal. En fait, la maladie sous-jacente affaiblirait le système immunitaire et par conséquent permettrait la prolifération jacente affaiblirait le système immunitaire et par conséquent permettrait la prolifération des parasites (donnant lieu à la démodécie canine généralisée). Une fois la maladie sous-jacente identifiée et contrôlée, le risque de rechutes de la maladie sont plus faibles. (Sarkar P, Mukherjee J, Ghosh A *et al.*, 2004).

Il n'est pas rare de rencontrer une forme similaire de démodécie chez les chats avec des espèces causales adaptées.

Il est à noter que la démodécie canine ou féline peut se manifester uniquement par des otites cérumineuses.

De façon générale, le diagnostic de la démodécie canine et féline se fait à partir de l'examen microscopique de prélèvements cutanés obtenus suite à des raclages (grattages) cutanés et des frottis d'oreilles (huile). Pour la démodécie féline, comme les parasites se retrouvent aussi à la surface de la peau, les prélèvements peuvent être faits à l'aide d'un ruban gommé (référence). Dans de rares cas, des biopsies cutanées seront requises pour établir le diagnostic.

Le diagnostic différentiel avec les autres maladies cutanées rend la gestion de la démodécie canine très difficile aux spécialistes de la santé animale. Cette situation ne permet pas d'établir une statistique fiable de la maladie chez les chiens en République du Bénin. C'est dans cette optique que cette étude a été initiée pour contribuer à l'identification de la maladie pour une gestion beaucoup plus efficace de cette dernière.

Matériels et Méthode

Matériels

Les chiens utilisés dans cette étude sont au total de 288 appartenant à six (06) différentes races (Doberman, Rottweiler, Berger allemand, Berger belge, Malinois belge Race locale,) et provenant de de 06 communes différentes (Abomey-calavi, Allada, Ouidah, Kpomassè, Zè et Cotonou) de deux départements que sont l'Atlantique et le Littoral. Après avoir recueilli les commémoratifs chez les propriétaires des chiens, un examen général de chaque chien a été réalisé afin de sélectionner les chiens sur lesquels les prélèvements devraient être faits.

Le nombre d'acariens de chacun des trois sites de grattage cutané a été déterminé. Les mêmes sites ont été échantillonnés lors de chaque examen ultérieur. Les échantillons de grattage cutané ont été transférés dans de l'huile minérale sur une lame de microscope et recouverts d'une lamelle standard de 22 mm. L'échantillon a été systématiquement lu à l'objectif $\times 10$.

Les chiens infestés et pris en compte sont ceux ayant développé une démodicie généralisée telle que définie par un minimum de cinq zones touchées dont la surface est supérieure à 10 cm² chacune, une région corporelle affectée unique supérieure à 100 cm² ou au moins une patte touchée (pododémodicie). Par contre les chiens exclus de l'étude sont ceux ayant subi un traitement à un quelconque agent parasiticide ayant une activité connue contre Demodex au cours des 4 dernières semaines avant l'étude.

Résultats et discussions

Prévalence de l'infestation par races de chiens

Dans les deux départements choisis, un total de 08 chiens par race a été enregistré dans chacune des six (06) communes, ce qui donne un total de 48 chiens par commune toutes races confondues.

Tableau 1. Prévalence de l'infestation par races de chiens

| Races | Examinés | Infestés | Prévalence |
|-----------------------|------------|-----------|---------------|
| Doberman, | 48 | 17 | 35,41% |
| Rottweiler, | 48 | 10 | 20,83% |
| Berger allemand, | 48 | 19 | 39,58 % |
| Berger belge, | 48 | 13 | 27,08% |
| Malinois belge | 48 | 10 | 20,83% |
| Race locale | 48 | 27 | 56,25% |
| Total | 288 | 96 | 33,33 |

Les résultats consignés dans le tableau 1 montrent globalement que les chiens, toute race confondue sont infestés à hauteur de 33,33%, pratiquement le tiers des animaux examinés. La dermatologie représente un des principaux motifs de consultation en pratique vétérinaire Libérale des animaux de compagnie.

Certaines races pures comme le Doberman et le Berger allemand représentées dans cette étude, auraient une susceptibilité accrue à la gale démodécique avec des taux d'infestation respectivement égal

| Commune | Département de l'Atlantique : | | | | | Département | Prévalence |
|--------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|------------|---------------|---------------|-------------|
| | Ab.-Calavi | Allada | Ouidah | Kpomassè | Zè | du littoral | Pourcentage |
| Races | | | | | | | |
| Doberman, | 50% | 37,5% | 37,5% | 25% | 25% | 37,5% | 35,41% |
| Rottweiler, | 25% | 12,5% | 25% | 12,5% | 12,5% | 37,5% | 20,83% |
| Berger allemand, | 62,5% | 37,5% | 37,5% | 25% | 25% | 50% | 39,58 % |
| Berger belge, | 37,5% | 25% | 37,5% | 12,5% | 12,5% | 37,5% | 27,08% |
| Malinois belge | 25% | 12,5% | 25% | 12,5% | 12,5% | 37,5% | 20,83% |
| Race locale, | 50% | 75% | 62,5% | 62,5% | 50% | 37,5% | 56,25% |
| Total par commune | 41,66% | 33,33% | 37,5% | 25% | 22,91% | 39,58% | |

à 35,41% et 39,58% (Sarkar P, Mukherjee J, Ghosh A *et al.*, 2004)

Certaines dermatoses sont généralement secondaires, on doit donc chercher une cause sous-jacente, telle qu'une atopie, un déséquilibre hormonal ou bien métabolique, maladie auto-immune ou une infestation par les ectoparasites, entre autres.

En l'absence de toute cause sous-jacente, la dermatose est dite « primaire ». Ces affections cutanées primaires sont peu connues et mal diagnostiquées.

On constate également que les chiens de la race locale sont plus exposés à la maladie, avec 56,25% de taux d'infestation. Ceci s'explique par l'insuffisance de soins apportés à ces derniers par les propriétaires. Les contraintes financières peuvent également expliquer les multiples cas de maladie chronique sévère à début juvénile observés chez cette catégorie de chiens.

Prévalence de l'infestation par races et par commune

L'analyse des résultats de la prévalence de l'infestation par commune montre que les communes de Cotonou et d'Abomey-calavi sont les communes les plus infestées avec respectivement 39,58% et 41,66%. Toutefois aucune différence significative n'a été enregistrée entre les prévalences des deux communes. La commune de Zè a enregistré le plus faible taux d'infestation. Ce qui pourrait s'expliquer

par une absence de stress très souvent enregistré dans les grandes villes. (Rodriguez-Vivas RI, Ortega-Pacheco A, Rosado-Aguilar JA *et al.*, 2003).

Tableau 2. **Prévalence de l'infestation par races et par commune**

Tableau 3. **Prévalence de l'infestation des chiens par tranche d'âge**

| | Âge | Moins d'un an | 1 – 2 ans | Plus de 2 ans | Prévalence |
|------------------|-----|---------------|---------------|---------------|------------|
| Races | | | | | |
| Doberman, | | 00% | 31,25% | 75% | 35,41% |
| Rottweiler, | | 00% | 25% | 37,5% | 20,83% |
| Berger allemand, | | 12,5% | 37,5% | 68,75% | 39,58 % |
| Berger belge, | | 00% | 25% | 56,25% | 27,08% |
| Malinois belge | | 00% | 37,5% | 43,75% | 20,83% |
| Race locale, | | 31,25% | 50% | 87,5% | 56,25% |
| Total | | 7,29% | 34,37% | 61,45% | |

En fonction de l'âge des animaux, les chiots sont à l'abri de la gale démodécique, par contre, les chiens âgés de plus de deux (02) ans sont les plus infestés et les plus sensibles à la gale démodécique. Cette sensibilité des chiens adultes à la maladie est due à l'affaiblissement du système immunitaire des animaux avec la vieillesse. **Prévalence de l'infestation des chiens par sexe**

Tableau 4. **Prévalence de l'infestation des chiens par sexe**

| | Examinés | Infestés | Prévalence |
|------------------|----------|----------|------------|
| Sexe | | | |
| Mâles | 144 | 51 | 35,41% |
| Femelles, | 144 | 45 | 31,25% |
| Total | 288 | 96 | 33,33 |

D'après les résultats obtenus dans le tableau 4, on constate que les mâles et les femelles sont infestés au même titre avec respectivement 35,41% chez les mâles et 31,25% chez les femelles. On peut donc conclure que l'effet de sexe n'influence pas le niveau d'infestation par les demodex.

Conclusion

La démodécie canine est l'une des affections les plus fréquentes chez le chien. Les causes potentielles sont nombreuses et complexes à déterminer et très souvent se conjuguent entre elles. La peau qui

représente 12% du poids corporel du chien adulte, est exposée aux agressions extérieures et peut aussi refléter un dysfonctionnement interne. Ainsi une lésion de peau pourra être le signe d'une maladie purement cutanée ou celui d'une maladie générale. Cette étude qui a pour objectif de contribuer à la gestion plus durable de la démodécie canine par l'établissement de la prévalence de la maladie dans six grandes communes de deux grands départements du Bénin. Cette étude a montré que les principales races de chiens élevées au Bénin sont sujettes de la démodécie canine. Les communes les plus touchées sont Abomey-calavi et Cotonou. Il est important de bien poser le diagnostic clinique afin de prescrire un traitement rationnel et efficace, pour cela le clinicien doit d'abord obtenir une anamnèse complète et déterminer le problème prédominant afin de dresser dans les meilleurs délais la liste du diagnostic différentiel.

Références bibliographiques

- 1/ Emmanuel BENSIGNOR (2006,) : Atlas de dermatologie du chat et du chien
- 2/ DuKes H.H : (1995). Physiologie of Domestic Animals Comestic Publishing Assoc., Ithaca, N.Y.
- 3/ Lewis, G.M. and Wheeler, C.M (1967): Pratical dermatologie .W.B saunders Co, Philadelphia
- 4/ ANGARANO D.W (1989). Dermatoses of the nose and the footpads in dogs and cats. In Kirk R. W. Ed, Current Veterinary Therapy IX, 616-621
- 5/ HERIPRET D.(1992) :Dialogues thérapeutiques: les dermatoses auto-immunes. Prat . Med. Chir. Anim. Comp., 2, 127-133
- 6/ Keith A.Hnilica atlas de dermatologie chien, chat et NAC p.134
- 7/DERMATOLOGIE CANINE (:2012-2013) :.Etude prospective des cas de dermatoses canines au niveau du service de pathologie des carnivores de l'Institute Vétérinaire de Tiaret-Algérie pendant l'année
- 8/ Appleyard GD, Clark EGb (2002.) : Histologic and genotypic characterization of a novel Mycobacterium species found in three cats. J Clin Microbiol.;40:2425-2430.
- 9/Scott DW, Miller WH, Griffin CE. (2001) : Parasitic skin diseases. In:Muller and Kirk's Small Animal Dermatology, 6th edn. Philadelphia,PA: W.B. Saunders Co.,: 457-74.
- 10/Lemarie S. (1996;) Canine demodicosis. Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian 18: 354-68.
- 11/ Sarkar P, Mukherjee J, Ghosh A et al. (2004) :A comparative analysis of immunorestitution and recovery with conventional and immunotherapeutic protocols in canine generalized demodicosis: a newer insight in immune-therapeutic efficacy of T11TS. Immunological Investigations; 33: 453-68.
- 12/ Corbett R, Banks K, Hinrichs D et al. (1975) :Cellular immune responsiveness in dogs with demodectic mange. Transplantation Proceedings ; 7: 557-9.
- 13/ Lemarie SL, Horohov DW. (1996) : Evaluation of interleukin-2 production and interleukin-2 receptor expression in dogs with generalized demodicosis. Veterinary Dermatology; 7: 213-9.
- 14/ Muller GH. (1993) : Amitraz treatment of demodicosis. Journal of the American Animal Hospital Association 1983; 19: 435-41.
- 15/ Scott DW, Walton DK. (1985) :Experiences with the use of amitraz and ivermectin for the treatment of generalized demodicosis in dogs. Journal of the American Animal Hospital Association 1985; 21:535-41.

- 16/ Heine J, Krieger K, Dumont P et al. **(2005)** : Evaluation of the efficacy and safety of imidacloprid 10% and moxidectin 2.5% spot-on in the treatment of generalized demodicosis in dogs: results of a European field study. *Parasitology Research* 2005; 97: S89–96.
- 17/ Yabsley MJ, McKibben J, Macpherson CN et al. **(2008)** : Prevalence of *Rhlichia canis*, *Anaplasma platys*, *Babesia canis vogeli*, *Hepatozoon canis*, *Bartonella vinsoni* *berkhoffii*, and *Rickettsia* spp. in dogs from Grenada. *Veterinary Parasitology* 2008; 151: 279–85.
- 18/ Nayak DC, Tripathy SB, Dey PC et al. **(1997)** : Prevalence of canine demodicosis in Orissa (India). *Veterinary Parasitology* 1997; 73: 347–52.
- 19/ Rodriguez-Vivas RI, Ortega-Pacheco A, Rosado-Aguilar JA et al. **(2003)** : Factors affecting the prevalence of mange-mite infestations in stray dogs of Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology* 2003; 115: 61–5.
20. Zivicnjak T. **(2005)** : A retrospective evaluation of efficiency in therapy for generalized canine demodicosis. *Veterinary Archives* 2005; 75: 303–10.

Perception des producteurs de la variabilité climatique et de ses effets sur la production du maïs et du soja au centre et au sud du Bénin

Atcho H. Janvier^{1*}, Togonou Zyad¹, Bello Orou Daouda², Teka Oscar¹

¹Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi,
Email : jatcho@yahoo.fr

²Département de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi)

Résumé

Pour analyser les perceptions des producteurs du maïs et du soja des changements climatiques et leurs effets sur les cultures, huit arrondissements ont été sélectionnés dans les communes de Savè et de Zè au Bénin. Une enquête a été faite auprès de 431 producteurs âgés de 45 ans et plus et ayant au moins 5 ans d'expériences ont été enquêtés. Les résultats indiquent que les producteurs ont entre 50 ans et 70 ans (54,02%). Ceux de Savè au centre disposent ($p < 0,01$ à $p < 0,001$) des plus grandes superficies ($16,03 \pm 0,87$ ha) et allouent les plus importantes au maïs ($3,18 \pm 0,16$ ha) et au soja ($5,72 \pm 0,31$ ha) alors que ceux de Zè au sud sont les plus expérimentés ($24,77 \pm 0,75$ ans). L'Analyse en Composante Principale (ACP) a révélé que les vieux hommes Tchabè et les femmes adultes Fon ainsi que les adultes Natimba perçoivent les changements climatiques à travers les vents violents, les fortes températures, les poches de sécheresse et la baisse de la production. Selon ces groupes, ces changements sont observés depuis plus de 20 ans et la hausse des températures et la forte insolation sont les facteurs affectant la production. L'âge, le niveau d'instruction, le nombre d'actifs agricoles dans le ménage et l'appartenance à une organisation paysanne influencent ($p < 0,01$ à $p < 0,001$) la perception des producteurs des manifestations des changements climatiques. En perspective, il est envisagé de déterminer que les mesures et stratégies d'adaptation des producteurs.

Mots clés : enquête, perception, changement climatique, production agricole, Bénin

Abstract

To analyze the perceptions of corn and soybean producers of climate change and their effects on crops, eight districts were selected in the communes of Savè and Zè in Benin. 431 producers aged 45 and over and having at least 5 years of experience were surveyed. The results indicate that the producers are between 50 and 70 years old (54.02%). Those of Savè in the Center have ($p < 0.01$ to $p < 0.001$) the largest areas (16.03 ± 0.87 ha) and allocate the largest to maize (3.18 ± 0.16 ha) and with soybeans (5.72 ± 0.31 ha) while those of Zè in the south are the most experienced (24.77 ± 0.75 years). The production constraints recorded are climate change, declining fertility and demotivating purchase prices (78%). Principal Component Analysis (PCA) revealed that old Tchabè men and adult Fon women as well as Natimba adults perceive climate change through high winds, high temperatures, pockets of drought and declining production. According to these groups, these changes have been observed for more than 20 years and rising temperatures and strong insolation are the factors affecting production. As for adults and young Tchabè, Aizo, Idaatcha, they perceive climate change through the irregularity of the rains. According to them, these changes have been observed for 15 years and the decreases and delays in rain are the climatic factors affecting production. Factor Correspondence Analysis (FCA) revealed that the old men Tchabè, Pilpila, Fon and Idaatcha, believe that the most affected organs and vegetative phases are the root, the whole plant, flowering and maturation. Age, level of education, the number of agricultural workers in the household and membership of a peasant organization influence ($p < 0.01$ to $p < 0.001$) the perception of producers of the manifestations of climate change. In perspective, it is envisaged to determine the adaptation measures and strategies of producers.

Key words: survey, perception, climate change, agricultural production, Benin

1. Introduction

Le Bénin connaît depuis plus de 40 ans de fortes variabilités climatiques caractérisées par une fluctuation de la période et de la durée des précipitations, une variation de la pluviométrie annuelle, un climat de plus en plus chaud, la sécheresse, la dégradation des sols, des inondations inattendues, des vents violents et la prolifération des maladies et ravageurs (Akponikpè *et al.*, 2019). Selon Deutsch *et al.* (2018) et Shrestha *et al.* (2022), les changements climatiques ont un impact direct sur la production agricole, puisque les systèmes agricoles dépendent de la nature du climat. Le maïs et le niébé n'échappent guère à cette situation. En effet, les activités de ce secteur agricole sont dominées par la production végétale marquée par une gamme de cultures vivrières. Ces dernières constituent la base de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations et sont dominées au Bénin par les céréales et les légumineuses notamment le maïs et depuis un certain temps le soja (Gogan *et al.*, 2018).

Le maïs (*Zea mays* L.), représente, au Bénin, la céréale la plus échangée sur le marché intérieur et sous régional. De ce fait, la superficie des emblavures du maïs augmente dans le temps ainsi que sa production. En effet, la superficie cultivée de maïs est passée de 755 397 hectares en 2005 à 1 018 030 hectares en 2018 soit un accroissement de 34,77% (DSA/MAEP, 2020). En ce qui concerne le soja (*Glycine max* L.), il est cultivé surtout pour ses graines très riches en protéines et en huile (Chabi *et al.*, 2019). Sa superficie cultivée est passée de 64 000 ha en 2009 à 200 000 ha en 2019, et le rendement, de 890 kg/ha à 1 100 kg/ha. Selon Ogouniyi Adimi, *et al.* (2017), le rendement moyen du soja tourne autour de 500 kg/ha. Ces niveaux de rendement obtenus sont très inférieurs au rendement potentiel de 3 t/ha (Dossou *et al.*, 2019). Selon Dossou *et al.* (2019), plusieurs facteurs sont à l'origine de cette baisse de rendement. Il s'agit notamment du capital humain de l'agriculteur, du coût des intrants et l'épineux problèmes des changements climatiques. Des études conduites dans plusieurs pays ont révélé que les changements climatiques auront si non ont déjà des impacts négatifs sur la production agricole. Selon Bello (2018) et Dhungana *et al.* (2020), les pratiques d'adaptation développées par les producteurs en Afrique de l'Ouest en réponse aux conséquences négatives des changements climatiques dépendent de la perception et des connaissances endogènes qu'ils ont de ces changements et des ressources locales disponibles. La présente étude vise donc à analyser les perceptions des producteurs de maïs et de soja des manifestations des changements climatiques et ses effets sur leur production.

2. Matériel et Méthodologie

2.1. Milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans deux communes du Bénin à savoir la commune de Savè au Centre du Bénin et la commune de Zè au Sud du Bénin (Figure 1). Le choix de ces communes a été fait en tenant compte de deux principaux types de climat au Bénin et de l'importance de la culture du soja et du maïs. La commune de Savè est située au centre du Bénin entre 7°29' et 7°56' latitude Nord puis entre 1°58' et

2°29' longitude Est. Elle est l'une des six communes du département des Collines. Le climat qui y règne est un climat de transition entre le guinéen et le soudanien. Les hauteurs moyennes des pluies sont de 1 100 mm par an (Bello *et al.*, 2019). Les sols qu'on y rencontre sont des sols ferrugineux tropicaux qui du fait de l'exploitation humaine font place par endroits aux sols latéritiques infertiles (Bello *et al.*, 2019). La Commune de Zè par contre est située dans le département de l'Atlantique et est comprise entre les parallèles 6°32' et 6°87' de latitude Nord d'une part et entre 2°13 et 2° 26 de longitude Est d'autre part. Avec une superficie de 653 km², elle est la commune la plus vaste du département dont elle occupe 19,88% du territoire. Le climat est de type sub-équatorial marqué par des hauteurs pluviométriques plus ou moins élevées, une amplitude thermique annuelle relativement faible (inférieure à 5°C) et par la succession de quatre saisons distinctes : une grande saison pluvieuse d'Avril à Juillet ; une petite saison pluvieuse de Septembre à Novembre, une grande saison sèche de Décembre à Mars et une petite saison sèche centrée sur le mois d'Août (PDC, 2006). Le territoire de la Commune est dominé par les sols faiblement ferrallitiques communément appelés terre de barre.

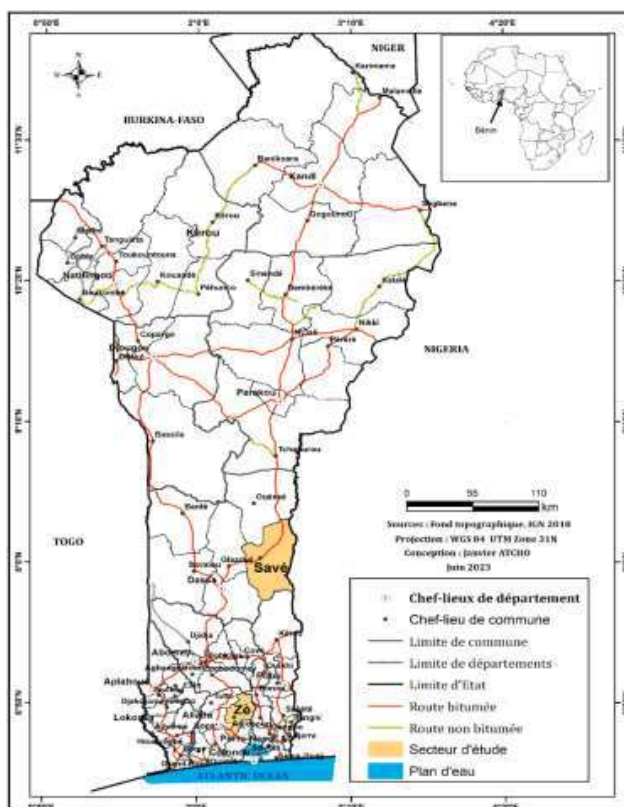


Figure 1 : Localisation géographique des communes d'étude.

2.2. Choix des villages d'étude.

Les critères relatifs aux superficies emblavées, aux niveaux de production du maïs et du soja, aux techniques culturales (culture du maïs et/ou du soja, intérêt pour les cultures, bonne connaissance des phases de développement de la culture etc.), et à la perception de l'effet des changements climatiques ont été prépondérants dans la sélection des villages d'étude. La disponibilité foncière, l'accessibilité de la zone toute la saison et l'ouverture d'esprit des producteurs à collaborer avec l'équipe de recherche et le groupe socioculturel en présence sont les critères additionnels utilisés. Sur cette base, 29 villages ont été sélectionnés au total et quatre arrondissements ont été parcourus par commune. En prélude à l'enquête sur le terrain, une étude exploratoire a été réalisée en avril 2023 afin d'avoir une vue d'ensemble sur les perceptions des producteurs de la variabilité des facteurs climatiques (Shrestha *et al.*, 2022).

2.3. Méthode d'échantillonnage

La taille de l'échantillon (N) a été obtenue en utilisant l'approximation normale de la distribution binomiale proposée par Dagnelie (1986) : $N = \left[\left(U_{1-\frac{\alpha}{2}} \right)^2 \times p(1-p) \right] / d^2$ Avec : $U_{1-\alpha/2}$ la valeur de la variable aléatoire normale pour la valeur de probabilité de $1-\alpha/2$, α étant le risque d'erreur. Pour $\alpha = 5\%$, la probabilité $1-\alpha/2 = 0,975$ et on a $U_{1-\alpha/2} = 1,96$. P est la proportion de producteurs ayant l'âge requis avec au moins 8 ans d'expérience et qui continuent par entretenir eux-mêmes leurs champs et d ($1\% \leq d \leq 15\%$), la marge d'erreur d'estimation, retenue à 5 % dans cette étude. A partir des valeurs de p issues des résultats de la phase exploratoire de l'étude, au total 431 producteurs ont été sélectionnés à raison de 228 à Zè et 203 à Savè. Ils ont été répartis en fonction de l'importance des superficies emblavées pour les deux cultures et de leurs expériences en agriculture (Bello *et al.*, 2017 ; Avaligbé *et al.*, 2021).

2.4. Méthodes et outils de collecte des données

Dans chacun des villages parcourus, les données ont été collectées en utilisant les questionnaires digitalisés à l'aide de l'application KoboCollect, les enquêtes individuelles et de groupe, et la visite de champs (Tajudeen *et al.*, 2022 ; Shrestha *et al.*, 2022). Les éléments collectés ont trait aux caractéristiques socio-démographiques des ménages enquêtés (sexe, âge, taille du ménage, niveau d'éducation, années d'expérience dans la production agricole, main-d'œuvre employée, taille des exploitations, modes d'acquisition des terres, principales spéculations, les sources de financement), aux productions et rendements obtenus, aux superficies emblavées, aux perceptions des producteurs par rapport aux indicateurs des changements climatiques et les facteurs climatiques influençant la productivité du maïs et du soja (Bello *et al.*, 2017 ; Tajudeen *et al.*, 2022).

2.5. *Traitement et analyse des données*

Les données collectées ont été codifiées, saisies et traitées avec le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 20.0 pour la détermination des statistiques descriptives. Les données quantitatives ont été ensuite soumises à une analyse de la variance (ANOVA) en utilisant la procédure PROC GLM du logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 9.2 (Traoré et *al.*, 2021). Les comparaisons de moyennes multiples ont été réalisées avec le test de Student Newman-Keuls (Dagnelie, 1986) à 5%. Les sujets enquêtés ont été ensuite regroupés suivant les principaux groupes socioculturels. Dans chaque groupe, les sujets ont été regroupés suivant trois catégories d'âge (Jeune = moins de 50 ans ; adulte = 50 ans à 70 ans ; vieux = 70 ans et plus) et de sexe (Bello et *al.*, 2017 ; Traoré et *al.* 2021 ; Avaligbé et *al.*, 2021). Ainsi, au total, 26 catégories socioculturelles et prenant en compte la combinaison entre principaux groupes sociolinguistiques, l'âge et le sexe ont été considérées.

La perception des indicateurs des changements climatiques et de leur effet sur les cultures a été analysée à partir d'une Analyse en Composantes Principales (ACP).

Facteurs influençant la perception des producteurs

Les facteurs qui influencent la perception locale du changement climatique sont analysés à travers une régression logistique binaire (Uddin et *al.*, 2017 ; Shrestha et *al.*, 2022). Ainsi, les régressions sont établies à partir des variables de perception. Les paramètres de ce modèle sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance (Uddin et *al.*, 2017). L'équation du modèle binaire se présente comme suit : $Y_i = x_i \beta + \epsilon_i$ (1) ; Où Y_i est la variable latente qui prend la valeur 1 si le producteur perçoit le changement climatique et 0 s'il ne le perçoit pas ; X_i désigne les variables explicatives indiquant les facteurs qui influencent la perception paysanne de ce changement climatique et, ϵ_i est l'erreur standard.

3. Résultat

3.1. *Caractéristiques socio-économiques des producteurs des deux communes d'étude*

Les résultats de l'analyse descriptive des variables socio-économiques des producteurs des deux communes enquêtées au Bénin sont présentés au Tableau 1. D'une manière générale, les producteurs sont plus nombreux que les productrices (85,20 % contre 14,80 %). Ceux-ci sont par ailleurs mariés (96,50%) et non instruits (54,60%) avec le christianisme comme religion dominante (81,90%). Dans toute la zone d'étude, l'âge des producteurs enquêtés varie entre 45 et 85 ans avec une moyenne de 49 ans. La majorité a un âge compris entre 50 ans et 70 ans (54%). L'analyse de la variance (ANOVA) et le test de Student Newman-Keuls n'ont montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les communes d'études (Tableau 2) en ce qui concerne l'âge des producteurs. Cependant, le nombre d'années d'expérience de la majorité des producteurs est supérieur à 20 ans (67,10%). Dans la commune de Zè, les personnes enquêtées sont pour la plupart des autochtones (95,60%) alors qu'à Savè, elles sont des

allochtones (65,50%). Celles-ci cultivent sur des terres louées (69,10%) et pratiquent l'agriculture comme principale activité (96%). En matière de superficie disponible, les producteurs de la commune Savè disposent en majorité d'une superficie supérieure à 10 ha (74,90%) pendant que ceux de Zè disposent en majorité d'une superficie inférieure à 5 ha (87%). Les superficies allouées à la culture du maïs dans les deux communes sont inférieures à 5ha (88,10%). Cependant, dans la commune de Savè, les superficies allouées au soja sont proches de 10ha (80%) pendant qu'elles ne dépassent guère les 5ha dans la commune de Zè (Tableau 1). L'analyse de la variance (ANOVA) et le test de Student Newman-Keuls (SNK) ont révélé que les producteurs de la commune de Zè sont les plus expérimentés ($p < 0,05$) en matière d'agriculture alors que ceux de la commune de Savè allouent les plus importantes superficies ($p < 0,01$ à $p < 0,001$) au maïs et au soja (Tableau 2).

Tableau 1 : Caractéristiques socioéconomiques des enquêtés

| Variables | Modalités | Pourcentage de Répondants (%) | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|------------------|
| | | Savè (n=203) ¹ | Zè (n=228) | Total (n=431) |
| Sexe | Masculin | 95,00 | 76,30 | 85,20 |
| | Féminin | 05,00 | 23,70 | 14,80 |
| Age (ans) | Age < 50ans | 39,70 | 39,9 | 40,38 |
| | 50 ans ≤ Age < 70ans | 53,80 | 56,6 | 54,02 |
| | Age ≥ 70 ans | 6,50 | 3,50 | 5,60 |
| Nombre d'années d'expérience | Expérience < 10 ans | 12,60 | 5,80 | 8,90 |
| | 10 ans ≤ Expérience < 20 ans | 24,80 | 23,70 | 24,00 |
| | Expérience ≥ 20ans | 62,60 | 76,30 | 67,10 |
| Activité principale | Agriculteurs | 91,50 | 99,6 | 95,80 |
| | Autres | 8,50 | 0,40 | 4,20 |
| Superficie allouée au Maïs (ha) | Superficie < 5 ha | 77,50 | 87,70 | 88,10 |
| | 5 ha ≤ Superficie < 10ha | 17,50 | 0,90 | 3,06 |
| | Superficie ≥ 10ha | 5,00 | 11,40 | 8,84 |
| Superficie allouée au Soja (ha) | Superficie < 5 ha | 44,00 | 100 | 47,70 |
| | 5 ha ≤ Superficie < 10ha | 40,50 | 0 | 17,70 |
| | Superficie ≥ 10ha | 15,50 | 0 | 34,60 |
| Source de financement | Fonds propres | 68,50 | 87,80 | 78,40 |
| | Institution de Microfinance (IMF) | 28,50 | 6,10 | 16,70 |
| | Prêts bancaires et chez des parents | 3,00 | 6,10 | 4,90 |

¹n=taille de l'échantillon

Tableau 2 : Données quantitatives (valeurs moyennes \pm erreurs standards) sur les caractéristiques des producteurs des arrondissements parcourus

| Communes | Arrondissements | Age (ans) | Expérience (ans) | Nbre d'Actif Homme | Nbre d'Actif femme | Nbre d'Actif total | Superficie disponible (ha) | Superficie exploitée (ha) | Superficie allouée au Maïs (ha) | Superficie allouée au soja (ha) |
|----------|-----------------|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Savè | Adido | 57,17 \pm 0,74bc | 20,93 \pm 1,25b | 3,20 \pm 0,30b | 2,80 \pm 0,29bc | 6,0 \pm 0,45b | 16,75 \pm 2,74a | 12,35 \pm 1,47a | 2,90 \pm 0,37abc | 6,48 \pm 0,92a |
| | Besse | 59,07 \pm 1,62abc | 18,07 \pm 1,03b | 4,8 \pm 1,03a | 4,53 \pm 0,47a | 9,27 \pm 1,22a | 11,93 \pm 2,02a | 9,67 \pm 1,58a | 4,4 \pm 0,91a | 4,13 \pm 0,52a |
| | Okpara | 59,06 \pm 0,87abc | 19,66 \pm 1,45b | 5,34 \pm 0,49a | 4,21 \pm 0,35ab | 9,68 \pm 0,70a | 15,17 \pm 1,47a | 11,58 \pm 0,98a | 3,45 \pm 0,26ab | 4,55 \pm 0,41a |
| | Sakin | 64,67 \pm 1,10a | 24,07 \pm 1,42a | 3,94 \pm 0,22ab | 3,51 \pm 0,22abc | 7,42 \pm 0,37ab | 16,32 \pm 1,14a | 14,32 \pm 0,88a | 2,95 \pm 0,23abc | 6,29 \pm 0,44a |
| | Moyenne | 61,33 \pm 0,63A | 21,86 \pm 0,83B | 4,23 \pm 0,19A | 3,63 \pm 0,16A | 7,89 \pm 0,30A | 16,03 \pm 0,87A | 12,83 \pm 0,58A | 3,18 \pm 0,16A | 5,72 \pm 0,31A |
| Zè | Adjan | 55,70 \pm 0,51c | 20,16 \pm 2,48 | 2,92 \pm 0,38b | 3,50 \pm 0,42abc | 6,33 \pm 0,56b | 1,08 \pm 0,03b | 1,08 \pm 0,03b | 1,0 \pm 0c | 0,08 \pm 0,0b |
| | Dodjibat a | 60,45 \pm 0,57abc | 25,02 \pm 0,89a | 2,92 \pm 0,18b | 2,86 \pm 0,19bc | 5,76 \pm 0,25b | 3,68 \pm 0,41b | 3,69 \pm 0,41b | 2,07 \pm 0,29bc | 0,98 \pm 0,19b |
| | Hekanmey | 64,38 \pm 1,56a | 26,48 \pm 1,80a | 2,79 \pm 0,37b | 2,90 \pm 0,21bc | 5,69 \pm 0,44b | 1,45 \pm 0,14b | 1,38 \pm 0,13b | 1,03 \pm 0,03c | 0,35 \pm 0,02b |
| | Zè | 62,92 \pm 2,59ab | 22,23 \pm 2,57b | 2,54 \pm 0,31b | 2,46 \pm 0,50c | 4,76 \pm 0,74b | 2,77 \pm 0,36b | 2,69 \pm 0,35b | 1,62 \pm 0,27c | 0,54 \pm 0,18b |
| | Moyenne | 60,82 \pm 0,51A | 24,77 \pm 0,75A | 2,88 \pm 0,12B | 2,88 \pm 0,11B | 5,72 \pm 0,20B | 3,28 \pm 0,32B | 3,24 \pm 0,32B | 1,86 \pm 0,18B | 0,79 \pm 0,15B |
| | F-value | 6,45 | 2,54 | 8,90 | 4,79 | 9,85 | 31,50 | 35,27 | 5,75 | 36,13 |
| | Prob | 0,06 | 0,01 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

Les moyennes suivies des mêmes lettres alphabétiques ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) d'après le test de Student Newman-Keuls.

3.2. Perception des changements climatiques et des facteurs climatiques affectant le rendement du maïs et du soja dans les deux communes

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) effectuée sur les données de perceptions ont permis de décrire les relations entre ces indicateurs de changements climatiques et d'affiner leur analyse. Ces résultats indiquent que les deux premiers axes expliquent 51,20 % de l'information totale. La projection des 26 catégories socioculturelles dans le système d'axes définis par les événements climatiques (Figure 2) révèle que les producteurs adultes et vieux hommes Pilapila (AHP et VHP) ainsi que les vieux hommes Tchabé (VHT) résidant tous dans la commune de Savè dans la zone de transition climatique, ont la perception que les fortes températures, les vents de plus en plus violents, les poches de sécheresse en saison pluvieuse et les baisse constante de production observée depuis quelques années constituent les plus importants indicateurs des changements climatiques dans leur milieu. Quant aux adultes femmes de l'ethnie Fon (AFA) résidant toujours à Savè, elles ont la perception que

l'irrégularité des pluies et les crues observées pendant les courtes périodes d'abondance de l'eau constituent les principales manifestations des changements climatiques dans leur milieu. Selon ces femmes, les changements climatiques sont observés depuis plus de 20 ans et les pluies de fortes intensités sont les facteurs climatiques qui affectent la production du maïs et du soja dans la commune.

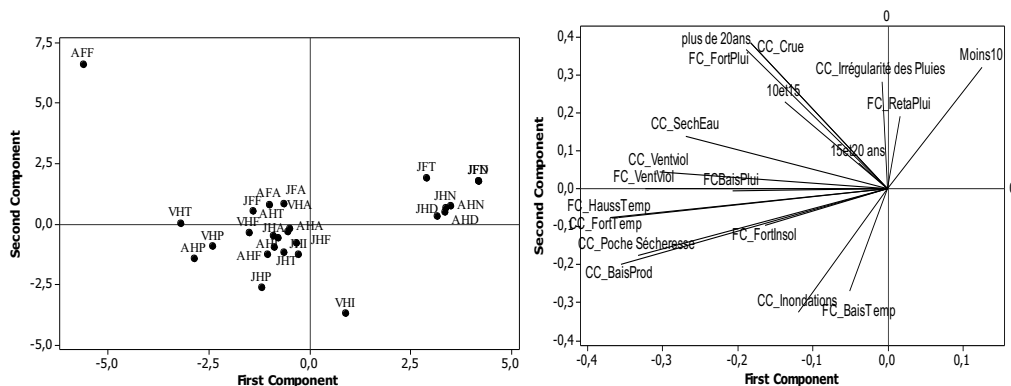


Figure 2 : Perceptions locales sur les changements climatiques étudiées à partir d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) : projection des indicateurs des changements climatiques et des facteurs climatiques affectant le soja et le maïs et les groupes socio-culturels dans le système d'axes factoriels.

Légende : AFA : Adulte Femme Aïzo ; AHA : Adulte Homme Aïzo ; JFA : Jeune Femme Aïzo ; JHA : Jeune Homme Aïzo ; VHA : Vieil Homme Aïzo ; AFF : Adulte Femme Fon ; AHF : Adulte Homme Fon ; JFF : Jeune Femme Fon ; JHF : Jeune Homme Fon ; VHF : Vieil Homme Fon ; AHD : Adulte Homme Ditamari ; JFD : Jeune Femme Ditamari ; JHD : Jeune Homme Ditamari ; AHI : Adulte Homme Idaatcha ; JHI : Jeune Homme Idaatcha ; VHI : Vieil Homme Idaatcha ; AHN : Adulte Homme Natimba ; JHN : Jeune Homme Natimba ; JFN : Jeune Femme Natimba ; AHP : Adulte Homme PilaPila ; VHP : Vieil Homme PilaPila ; AHT : Adulte Homme Tchabè ; JHT : Jeune Homme Tchabè ; JFT : Jeune Femme Tchabè ; VHT : Vieil Homme Tchabè ; JHP : Jeune Homme PilaPila. Les facteurs portant FC sont ceux qui affectent le rendement des cultures alors que ceux portant CC sont les manifestations des changements climatiques

3.3. Facteurs influençant la perception des producteurs

L'analyse de régression logique binaire (Tableau 3) a révélé que parmi les 10 variables explicatives considérées, seuls l'âge, le niveau d'instruction, le nombre d'actifs agricole dans le ménage et l'appartenance à une organisation paysanne influencent de façon significative la perception des producteurs des manifestations des changements climatiques ($p < 0,001$). Les résultats indiquent donc que les producteurs agricoles les plus instruits, ayant un âge relativement avancé avec un nombre important d'actifs agricoles et appartenant à une organisation paysanne sont plus aptes à percevoir les manifestations des changements climatiques (Tableau 3).

Tableau 3 : Déterminants de la perception des producteurs.

| Variables explicatives | Chi-square | Pr > ChiSq |
|--|-------------------|----------------------|
| Sexe | 1,32ns | 0,25 |
| Age | 4,99 | 0,02* |
| Niveau d'instruction | 4,59 | 0,03* |
| Situation matrimoniale | 0,05ns | 0,81 |
| Nombre d'années d'expérience | 0,11ns | 0,74 |
| Nombres d'actifs agricole dans le ménage | 4,32** | 0,03 |
| Superficie disponible | 0,16ns | 0,69 |
| Superficie exploitée | 0,03ns | 0,85 |
| Source de financement | 0,01ns | 0,92 |
| Appartenance à une organisation paysanne | 8,81** | 0,0003 |

* : significatif au seuil de 0,05 ; ** : très significatif au seuil de 0,05 ;

ns : non significatif

4. Discussion

L'étude a révélé en général que, l'irrégularité des pluies, l'élévation de la température, les vents violents, les poches de sécheresse en saison pluvieuse et les baisses constantes de production observées depuis quelques années, les crues observées pendant les courtes périodes d'abondance de l'eau et les inondations enregistrées chaque année constituent les réelles manifestations des changements climatiques énumérées par les producteurs de maïs et de soja dans les deux communes parcourues au Bénin. Plusieurs auteurs sont également parvenus à des conclusions similaires (Boubacar et *al.*, 2018 au Niger ; Ogouniyi Adimi et *al.*, 2017 au Bénin, Kabore et *al.* (2019) au Burkina-Faso). Selon Boubacar et *al.* (2018), cette perception des producteurs s'explique par le fait que la pluviométrie, la température et le vent sont les trois variables climatiques ayant une influence directe sur la production agricole. Ces facteurs déterminent la bonne ou mauvaise saison agricole. Ils paraissent alors plus mémorables et visibles par les producteurs que les autres paramètres climatiques tels que l'ETP, l'insolation, humidité relative, etc. Nos indicateurs, comparés à ceux de Aggarwal et *al.* (2019) révèlent des indicateurs nouveaux tels que, les baisses continues des rendements des deux cultures. Le fait que les baisses de rendement observées chaque année soient citées comme indicateurs des changements climatiques a été aussi identifié par Bello et *al.* (2017). Ce résultat n'est pas surprenant. En effet, selon Bello et *al.* (2017) et Aboubacar et *al.* (2018), les faits suivants sont à l'origine de ces perceptions : (i) l'insuffisance des pluies a comme conséquence entre autres, le mauvais développement des cultures, (ii) l'augmentation de la température provoque la brûlure des cultures et des fleurs, crée un état de plasmolyse des feuilles défavorables au développement des cultures, (iii) l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vents provoquent, la verse des cultures, le déracinement des plants, la chute des fleurs etc. La baisse de productivité signalée par les producteurs des deux communes comme indicateur des changements climatiques a été aussi indiquée sur d'autres cultures telles que le niébé (Houenou et

al., 2022), le sorgho (Traoré *et al.*, 2021) et sur le riz (Zoundji *et al.*, 2022). Selon, Leisner, (2020), ce résultat était attendu puisque le régime pluviométrique est le facteur climatique le plus important qui influence les activités agricoles en milieu tropical.

Selon Lizaso *et al.* (2018), en l'absence d'une ressource en eau suffisante et accessible au niveau racinaire, la plante perd une partie de son eau et le potentiel hydrique des cellules diminue. Les conséquences sont multiples et se produisent à différentes échelles dans la plante et sur différents pas de temps (Mortier, 2020). Traditionnellement, les stratégies des plantes pour faire face au déficit hydrique sont divisées en trois catégories : i) éviter la déshydratation en prévenant les pertes d'eau excessives ; ii) limiter la déshydratation en ajustant le métabolisme pour maintenir les flux d'eau ; iii) échapper à la sécheresse en achevant le cycle de vie avant la période de sécheresse (Yai *et al.*, 2022). Cependant, ces stratégies ne sont pas exclusives, et, en pratique, les plantes combinent plusieurs types de réponse (Uddin *et al.*, 2017). Selon Sambieni *et al.* (2022), parmi les nombreux paramètres environnementaux, la sécheresse est le facteur abiotique qui limite le plus les rendements des cultures. Les plantes réagissent principalement de trois manières différentes au stress hydrique et aux poches de sécheresse : (1) en évitant les périodes où l'eau vient à manquer, (2) en maintenant élevé le potentiel hydrique par différents mécanismes de protection, et (3) en maintenant l'activité métabolique lors des périodes de stress hydrique (Sambieni *et al.*, 2022). Cependant, ces auteurs ont obtenu les mêmes résultats en ce qui concerne, l'expérience des producteurs comme étant déterminant du choix d'une stratégie d'adaptation. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Hassan et Nhemachena, (2008), qui ont montré aussi que l'âge et le sexe ne sont pas forcément les facteurs déterminant les perceptions développées au niveau local, mais c'est plutôt l'expérience des paysans en matière d'agriculture et les capacités des ménages à avoir accès au crédit et au marché.

5. Conclusion

Les manifestations des changements climatiques et leurs conséquences négatives sur le maïs et le soja sont perçues par les producteurs des zones climatiques parcourues. Les modifications pluviométriques sont ressenties à travers les signes tels que l'irrégularité des pluies et la baisse de la pluviosité. Les modifications de température et du vent sont ressenties par les indicateurs tels que l'augmentation de la température et l'occurrence de vents de plus en plus violents. Hormis ces facteurs climatiques, les baisses de production chaque année ont également été identifiés comme indicateurs des changements climatiques. En perspective, il est envisageable d'établir la concordance entre les perceptions paysannes des changements climatiques et les données scientifiques dans les zones climatiques parcourues et de déterminer les stratégies d'adaptation pour une meilleure production au Bénin.

6. Références bibliographiques

- Akponikpe P.B.I., Tovihoudji P., Lokonon B., Kpadonou E., Amegnaglo J., Segnon A. C., Yegbemey R., Hounsou M., Wabi M., Totin E., Fandohan-Bonou A., Dossa E., Ahoyo N., Laourou D., Aho N. 2019. Etude de Vulnérabilité aux changements climatiques du Secteur Agriculture au Bénin. Report produced under the project "Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne", Climate Analytics gGmbH, Berlin.
- Avaligbé Y. J. F., Gnganglè C. P., Yabi I., Bello O. D., Ahoton E. L., Saïdou A. 2021. Tendances climatiques, perceptions des gestionnaires des parcs à karité sur la productivité du karité (*Vitellaria paradoxa*) au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 157: 16237 – 16253.
- Bello D. O., L. E. Ahoton, A. Saidou, I. P.B. Akponikpè, V. A. Ezin, I. Balogoun, N. Aho. 2017. Climate change and cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in Benin (West Africa): perceptions and endogenous measures of adaptation. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(3): 924-946.
- Bello O. D., E. L. Ahoton, V. A. Ezin, F. Quenum, A. Saïdou, P. B. I. Akponikpè, I. Balogoun, and N. Aho. 2019. Genotype-Environment (GxE) Interaction on Cashew (*Anacardium occidentale* L.) cultivar productivity components in Benin. *Global Journal of Plant Breeding and Genetics* (GJPBG). 6 (3), 471-483.
- Chabi, F.O., Dagbenonbakin, G.D., Oussou, B. and Saïdou, A. 2019. Determinant of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) yield improvement in the farmers' cropping systems in Benin. *African Journal of Agricultural Research* 14(34): 1967-1979. doi: 10.5897/AJAR2019.14418.
- Dagnelie P. 1986. *Théorie et Méthodes Statistiques. Applications Agronomiques.* (Vol 2). Les presses agronomiques de Gembloux. A.S.B.L. : Gembloux ; Belgique) ; 463.
- Dossou A.A.A., Vodouhe F.G., Yegbemey R.N., Yabi J.A. 2019. Accès au crédit et performance économique et financière des exploitations de l'Union Nationale des Producteurs de Soja au Centre du Bénin. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron.* Juin 2019; Vol.9 (No.1) : 79-94.
- Ogouniyi Adimi E.B., Dassoundo-Assogba C. F. J., Kinkpe A. T. Et Yabi A. J. 2017. Éducation en production de soja au nord-est du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB).* Numéro spécial Technologie Alimentaire & Sécurité Alimentaire (TA&SA) – Décembre 2017. Pp 57-69.
- Opiyo, F., O.V. Wasonga, M.M. Nyangito, S.M. Mureithi, J. Obando et Munang, R. 2016. Determinants of perceptions of climate change and adaptation among Turkana pastoralists in northwestern Kenya, *Climate and Development*, 8, pp. 179-189. DOI : 10.1080/17565529.2015.1034231.
- Rakhal, B., Sharma, S., Ghimire, G., Adhikari, T., Shrestha, R. 2021. Nepal's Communities Brace for Multi hazard Risks. *Eos*, 102, 1–11.
- Sambieni D.K., Azone T., Kombieni H. 2022. Valorisation des mets traditionnels à base du maïs et du niébé dans la commune de Tanguiéta (Benin, Afrique de l'ouest). *International Journal of Progressive Sciences and Technologies* (IJPSAT). Vol. 35 No. 1, pp. 372-380.
- Shrestha, R., Rakhal, B. Adhikari, T.R., Ghimire, G.R. Talchabhadel, R., Tamang, D., KC R., Sharma, S. 2022. Farmers' Perception of Climate Change and Its Impacts on Agriculture. *Hydrology*, 9, 212. <https://doi.org/10.3390/hydrology9120212>.
- Tajudeen, T.T., Omotayo, A., Ogundele, F.O., Rathbun, L.C. 2022. The Effect of Climate Change on Food Crop Production in Lagos State. *Foods*. 11, 3987. <https://doi.org/10.3390/foods11243987>.

- Traoré L., Bello O.D., Togola A., Balogoun I., Chabi F., Yabi I., Ahoton E.L., and Saïdou A. 2021. Farmers' perceptions of climate change and adaptation strategies on sorghum productivity in the sudanian and sahelian zones of Mali. *African Crop Science Journal*, Vol. 29, No. 1, pp. 157 – 175.
- Uddin, M.N., W. Bokelmann et Dunn E.S. 2017. Determinants of Farmers' Perception of Climate Change : A Case Study from the Coastal Region of Bangladesh, *American Journal of Climate Change*, 6, pp. 151-165, DOI : 10.4236/ajcc.2017.61009.
- Yai, E., Biao, F., & Biao, G. 2022. Analyse comparative des coûts de production des principaux produits agricoles au Bénin. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 3(3-2), 292-305. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6591096>.
- Zoundji G. C., Zossou E., Vissoh P., Bognonkpe G., Vodouhe S.D. 2022. Analyse genre des effets des changements climatiques sur les moyens d'existence durables des producteurs de riz et strategies d'adaptation au nord Bénin. *Agronomie Africaine* 34 (1) : 21 - 32 (2022)

Impact du conseil agricole sur la productivité et le revenu agricole issus de la production de banane plantain au Sud-Bénin.

Sylvain KPENAVOUN CHOGOU, *Laboratoire d'Agroéconomie et d'Agrobusiness, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, kpenavoun@yahoo.fr*

Aurel HOUNKPATIN, *Laboratoire d'Agroéconomie et d'Agrobusiness, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, aurelhounkpatin@outlook.fr, auteur correspondant et communicateur*

Euloge TOGBE, *Laboratoire de Biologie Végétale, École des Sciences et Techniques de la Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi*

Bonaventure AHOJUENDO, *Laboratoire de Biologie Végétale, École des Sciences et Techniques de la Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi*

Résumé

La banane plantain entre de plus en plus dans les habitudes de consommations alimentaires des béninois. Sa demande, qui ne cesse de croître dans les zones urbaines, fait de ce faux-fruit une source de diversification importante des revenus monétaires dans les zones rurales. Pour contribuer à améliorer les conditions de vie des producteurs de banane plantain, la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, en consortium avec des partenaires techniques et financiers, a initié le projet AVLANTO. Durant les trois années de sa mise en œuvre, l'approche conseil « Farmer Field School » ou champ école paysan, a été utilisée. Elle a consisté en une formation participative des producteurs sur les meilleures pratiques agronomiques de production adaptées à leur contexte et aux variétés locales. Les preuves de l'effet de cette approche sur la productivité et la pauvreté sont comparativement limitées en Afrique. Deux ans après la fin du projet, le but de cette étude est de mesurer l'effet causal de l'intervention du projet sur le revenu agricole et la productivité de la terre, issus de la production de banane plantain au Sud du Bénin. Avec une approche quasi expérimentale combinant la méthode de la double différence et l'appariement par score de propension, mise en œuvre sur un échantillon aléatoire de 220 producteurs de plantain dont 101 Bénéficiaires et 119 non-bénéficiaires, les résultats obtenus ont montré que l'accompagnement offert aux producteurs via le projet, leur a permis d'accroître en moyenne la productivité de la terre de 2626 Kg/Ha et le revenu agricole de 140000 FCFA. Néanmoins, un phénomène d'exclusion du conseil (provoquée ou non) s'est facilement développé envers les jeunes producteurs disposant d'un capital foncier relativement faible. Pour produire davantage d'effets, l'approche mérite d'être renforcée pour atténuer cette exclusion.

Mots clés : impact, FFS, banane plantain, revenu agricole, productivité de la terre.

Abstract

Plantain is becoming more and more part of the food consumption habits of Beninese. Its demand, which continues to grow in urban areas, makes this false fruit an important source of diversification of monetary income in rural areas. To help improve the living conditions of plantain producers, the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Abomey-Calavi, in consortium with technical and financial partners, initiated the AVLANTO project. During the three years of its implementation, the consulting approach "Farmer Field School", was used. It consisted of participatory training of producers on best agronomic production practices adapted to their context and local varieties. Evidence of the effect of this approach on productivity and poverty is comparatively limited in Africa. Two years after the end of the project, the aim of this study is to measure the causal effect of the project's intervention on agricultural income and land productivity, resulting from plantain production in southern Benin. With a quasi-experimental approach combining the double difference method and propensity score matching,

implemented on a random sample of 220 plantain producers including 101 beneficiaries and 119 non-beneficiaries, the results obtained showed that the support offered to producers via the project, allowed them to increase on average the productivity of the land by 2626 Kg/Ha and the agricultural income of 140000 FCFA. Nevertheless, a phenomenon of exclusion from advice (provoked or not) has easily developed towards young producers with relatively little land capital. To achieve greater impact, the approach needs to be strengthened to mitigate this exclusion.

Keywords: impact, FFS, plantain, farm income, land productivity.

1. Introduction

C'est dans le but de contribuer à assurer une production intensive et une meilleure commercialisation des variétés prometteuses de bananes plantains au Bénin que le projet AVLANTO a été mis en œuvre dans les cinq (05) communes, les plus productrices de plantains du Sud-Bénin, que sont Adja-Ouèrè, Athiémé, Ouinhi, Tori-Bossito et Zè. Dans le cadre de la mise en œuvre de ce projet initié par le consortium AVLANTO-BENIN composé de l'entreprise « Cité des Bananes », la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), l'Université de Wageningen et l'ONG Germe, des écoles pratiques de paysans ont été proposés à certains producteurs pour les former sur les itinéraires techniques et les bonnes pratiques de production de bananes plantain, adaptées à leurs contextes de production. Cette formation était axée sur le renforcement des capacités des producteurs sur la réalisation des opérations culturales telles que le piquetage, la trouaison, la mise en terre, la réalisation des fumures de fond et d'entretien, l'entretien des plantations (effeuillage, œilletonnage, tuteurage), etc. Le conseil a été assuré auprès des producteurs en suivant l'approche Farmer Field School (FFS) ou Champ École Paysan en français. Les FFS sont très populaires dans le monde et de nombreux bailleurs de fonds, gouvernements et organisations non Gouvernementales (ONG) l'ont adoptée.

Le choix de cette approche dans la mise en œuvre du projet Avlanto, procède du fait que contrairement aux techniques de vulgarisation non participatives qui ont déjà montré leurs limites, les FFS faciliteraient l'intégration de techniques en tenant compte des capacités des producteurs, ainsi que des ressources qui leur sont accessibles (FAO, 2016). Certains auteurs (Feder *et al.*, 2004 ; Godtland *et al.*, 2004) ont cependant souligné que les FFS sont des entreprises relativement coûteuses, ce qui peut restreindre leur couverture et provoquer des exclusions. La grande popularité des FFS et les coûts relativement élevés de leur mise en œuvre soulèvent naturellement de multiples interrogations à propos de l'applicabilité, du ciblage, de l'efficacité et de l'impact de l'approche. De plus, l'idée partagée de nos jours est que les politiques et interventions publiques doivent dorénavant être fondées sur des faits empiriques prouvés. Il faut donc éviter de se fonder exclusivement sur des conjectures quant à l'impact de ces interventions sur les bénéficiaires.

Seules des évaluations d'impact rigoureuses des FFS pourraient permettre alors, de taire les polémiques que suscite leur mise en œuvre. Les auteurs qui ont tenté de telles évaluations des FFS ne sont pas assez nombreux car l'ensemble des études réalisées est faible par rapport au nombre des Champs Ecole initiés dans le monde (van den Berg & Jiggins 2007). La présente étude se propose de fournir des preuves aux décideurs politiques, aux bailleurs de fonds, aux agriculteurs et tous autres acteurs de la mise en œuvre des FFS sur la contribution des écoles pratiques d'agriculture à la productivité agricole et à l'augmentation des revenus agricoles. Elle explore et enrichit la documentation de l'expérience de l'Afrique et particulièrement du Bénin dans la mise en œuvre des FFS.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Zone de l'étude, participants et données utilisées

La zone de l'étude (Figure 1) est constituée par les cinq (05) communes d'intervention du projet. Au niveau de chaque commune, un arrondissement a bénéficié de l'appui du projet. La zone d'étude prend donc en compte l'ensemble de ces cinq (05) arrondissements. Au cours de l'enquête de référence, quatre arrondissements avaient été identifiés comme arrondissements témoins. En effet, dans la commune de Ouinhi, il n'existe pas d'arrondissement témoin parce que la banane plantain n'est produite en quantité significative que dans un seul arrondissement de ladite commune. En conséquence, la zone d'étude est composée des cinq (05) arrondissements bénéficiaires du projet en couleur verte sur la figure 1 (Dasso ; Sedje-Denou ; Tori-Cada ; Tatonnoukon et Kpinou) et des quatre (04) arrondissements témoins non-bénéficiaires du projet, en couleur rouge sur la figure 1 (Zè ; Tori-Bossito ; Kpoulou et Adohoun). L'unité statistique était le producteur de plantains de l'une au l'autre des 5 communes de l'intervention.

Les données utilisées proviennent principalement de deux sources. La première source renvoie aux données de base (baseline), collectées par Kpenavoun Chogou *et al.* (2019). Ces données de base ont été collectées sur un échantillon aléatoire stratifié disproportionné de 432 producteurs sélectionnés dans un ensemble de 2277 producteurs éligibles, sur 3303 recensés dans la zone d'étude. La deuxième source fait référence aux données de suivi (ou follow up), collectées sous système contrôlé (CAPI), avec des smartphones grâce à un questionnaire conçu avec le logiciel CSPro et administré à un échantillon de 220 producteurs dont 101 bénéficiaires et 119 non-bénéficiaires. Tous les producteurs bénéficiaires du projet ont été enquêtés. Seuls les producteurs des arrondissements non-bénéficiaires ont été sélectionnés aléatoirement. Les données collectées ont permis de calculer pour chaque producteur et aux deux périodes (Avant et Après) la productivité de la terre et le revenu agricole issus de la production de bananes plantain.

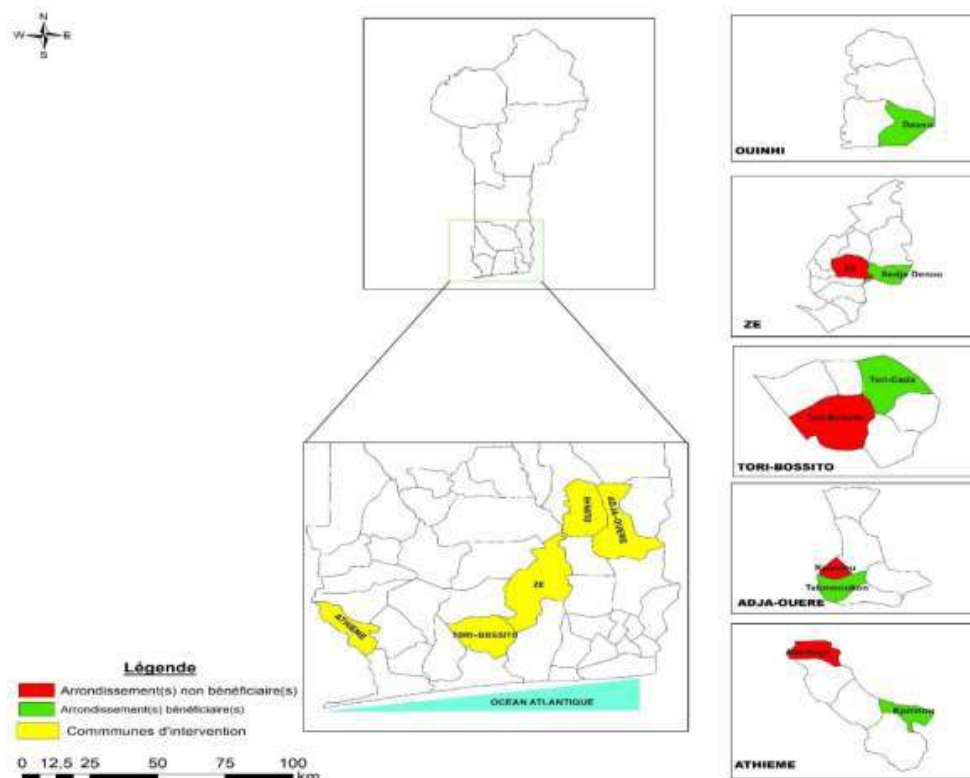


Figure 1 : Carte présentant la Zone d'intervention du Projet AVLANTO.

2.2. Méthode d'évaluation d'impact du conseil agricole FFS piloté par le projet Avlanto

L'analyse de régression estimée avec la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO), qui est elle-même une approche simplifiée d'analyse d'impact, a été appliquée dans un premier temps. Les résultats de cette régression ont permis d'identifier, entre autres, les déterminants des paramètres d'intérêt. Dans les modèles de régression, la variable dépendante était l'indicateur dont nous cherchons à vérifier les sources et l'ampleur des changements (ici le revenu agricole exprimé en FCFA et la productivité de la terre exprimée en Kg/Ha).

Le contexte de cette étude et la disponibilité des données recueillies à deux périodes (avant et après le projet) auprès des mêmes producteurs participants et non-participants, a permis d'envisager d'utiliser plusieurs méthodes quasi-expérimentales telles que la méthode de la double différence et la méthode de l'appariement par score de propension. L'approche quasi expérimentale rigoureuse, qui consiste à combiner ces deux méthodes, est celle qui a été retenue dans cette étude. Il s'agit de la double différence appariée. Sa mise en application suit un certain nombre d'étapes :

▪ **Première étape de la méthode de la double différence appariée**

La première étape a consisté à réaliser l'appariement sur la base des caractéristiques observées dans les données de l'enquête de référence ou de base. A cette étape, le score de propension a été estimé pour chacun des 220 producteurs de l'échantillon. Cette probabilité fut estimée avec un modèle de régression de type Probit en se basant sur des caractéristiques observées. L'objectif n'était pas de prédire parfaitement la participation au projet mais d'obtenir un score permettant d'apparier les individus dans les deux groupes. La spécification du modèle Probit retenue s'écrit :

$$P_i = F(Z_i) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Z_i} e^{-s^2/2} ds$$

Avec :

- P_i , la probabilité de participation au projet estimée pour l'individu i .
 $P_i \in [0; 1]$, mais pour que le matching soit possible, aucun individu ne devrait avoir 0 % ou 100 % de chance de participer au projet.
- s est une variable aléatoire distribuée selon la loi normale avec une moyenne nulle et une variance unitaire.

$$\begin{aligned} Z_i = & \beta_0 + \beta_1 AGE_i + \beta_2 SEXE_i + \beta_3 TAILLEMEN_i + \beta_4 AUTREACTI_i + \beta_5 ACCESCREDIT_i \\ & + \beta_6 APPARTGROUP_i + \beta_7 ASSOCULTURE_i + \beta_8 EDUPRIMAIRE_i \\ & + \beta_9 EDUSECONDAIRE_i + \beta_{10} NBREACTIFSAGRI_i + \beta_{11} SUPTOUSTERRAINS_i \\ & + \beta_{12} ETHNIEFON_i + \beta_{13} ETHNIEKOTAFON_i + \beta_{14} ETHNIEAYIZO_i \\ & + \beta_{15} PROPOFERTILITE_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Z_i est un indice continu (variable latente). On suppose qu'il existe pour chaque individu une valeur limite Z_i^* à partir de laquelle se produit la participation au FFS. Concrètement, le producteur participe au projet si $Z_i > Z_i^*$ et donc, il n'y participe pas si $Z_i \leq Z_i^*$. La deuxième phase de cette première étape a consisté à vérifier si les distributions des scores de propension calculés se chevauchent partiellement (support commun). La troisième phase a permis de réaliser l'appariement proprement dit. A ce niveau, plusieurs algorithmes ont été utilisés afin de s'assurer de la robustesse des résultats. Il s'agissait des algorithmes du voisin le plus proche (*nearest neighbour*), de l'appariement avec fonction noyau (*kernel matching*), de l'appariement par rayon (*radius matching*) et de l'appariement par stratification. La dernière phase de cette première étape de la méthode de double différence appariée a consisté à la vérification de l'équilibre de la distribution des variables explicatives du modèle Probit entre la population des participants et des non-participants (*balancing test*) : il s'agissait d'un test d'égalité des moyennes qui consiste à comparer les moyennes des variables explicatives dans les deux sous-populations (participants et non-participants).

▪ **Deuxième étape de la méthode de la double différence appariée**

Il s'agissait ici d'appliquer la méthode de la double différence afin d'estimer un contrefactuel pour le changement du résultat pour chaque sous-groupe d'unités appariées. Ainsi, pour chaque producteur bénéficiaire du projet i apparié, la variation des résultats après et avant (première différence) a été calculée. De même, pour chaque producteur (ou groupe de producteurs) non-bénéficiaire \tilde{i} apparié au participant i , la variation des résultats entre les périodes après et avant (deuxième différence) a été calculée. Enfin, la deuxième différence a été soustraite de la première différence pour chacun des producteurs bénéficiaires appariés.

▪ **Troisième étape de la méthode de la double différence appariée**

Elle a consisté à calculer la moyenne des doubles différences déterminées à la deuxième étape pour chacun des deux groupes de producteurs. Les variables utilisées sont décrites dans le tableau 1.

Tableau 1 : Description des variables du modèle Probit

| Variable | Description | Type de variable |
|-------------------------------|---|--|
| Variable expliquée | | |
| FFS | Accès au conseil agricole piloté par le Projet AVLANTO. | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur a bénéficié des formations aux champs école initiés par le projet AVLANTO. |
| Variables explicatives | | |
| AGE | Âge en années révolues du producteur | Quantitative continue |
| SEXE | Sexe du producteur | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur est de sexe masculin |
| TAILLEMEN | Nombre d'individus vivant dans le ménage du producteur | Quantitative discrète |
| AUTREACTI | Exercice, en plus de l'agriculture, d'une autre activité rémunératrice | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur exerce au moins une activité rémunératrice autre que l'agriculture |
| ACCESCREDIT | Accès au crédit | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur a accès aux crédits pour financer les activités liées à la production de bananes plantain |
| APPARTGROUP | Appartenance à un groupement ou à une organisation de producteurs agricoles. | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur appartient à au moins un groupement ou organisation de producteurs agricoles |
| EDUPRIMAIRE | Niveau d'instruction primaire | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur a atteint le niveau d'instruction primaire |
| EDUSECONDAIRE | Niveau d'instruction secondaire | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur a atteint le niveau secondaire |
| SUPTOUSTERRAINS | Superficie totale exprimée en hectares de tous les terrains que possède le producteur ; même les terrains ne portant pas de bananes plantain sont pris en compte. | Quantitative continue |
| PROPOFERTILITE | Proportion de la superficie totale des terrains utilisés pour la production de Banane plantain que le producteur pense fertiles. | Quantitative continue |
| ETHNIEAYIZO | Groupe socioculturel AYIZO | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur appartient au groupe socioculturel AYIZO |
| ETHNIEFON | Groupe socioculturel FON | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur appartient au groupe socioculturel FON |
| ETHNIEKOTAFON | Groupe socioculturel KOTAFON | Variable muette : prend la valeur 1 si le producteur appartient au groupe socioculturel KOTAFON |

Source : Auteurs (2022)

3. Résultats

3.1. Revenu agricole et Productivité de la terre

Le revenu agricole moyen en FCFA des bénéficiaires est passé de 121047 avant le projet à 186733 après, soit une augmentation de 54,3 %, tandis que celui des non-bénéficiaires est passé de 109188 à 114958, soit une augmentation de 5,3 %. Quant au rendement moyen en Kg/Ha, il a baissé dans les deux groupes et est passé de 3138 à 2494 chez les bénéficiaires, soit une baisse de 20,52 %, tandis que chez les non-bénéficiaires, il est passé de 2832 à 1917, soit une baisse de 32,31 %. Cela s'explique notamment par la verse des plants et le fait qu'en l'absence de réserves de fertilité, le sol est progressivement épuisé et les récoltes compromises. Les figures 2a et 2b sont des boîtes à moustache (*boxplot*) qui nous donnent respectivement un aperçu de la dispersion des valeurs de la productivité et du revenu agricole, observées chez les participants et les non-participants, avant et après l'accès au conseil agricole. De l'observation de ces figures, on remarque entre autres que les productivités et revenus médians ont augmenté chez les bénéficiaires tandis qu'ils ont baissé chez les non-bénéficiaires.

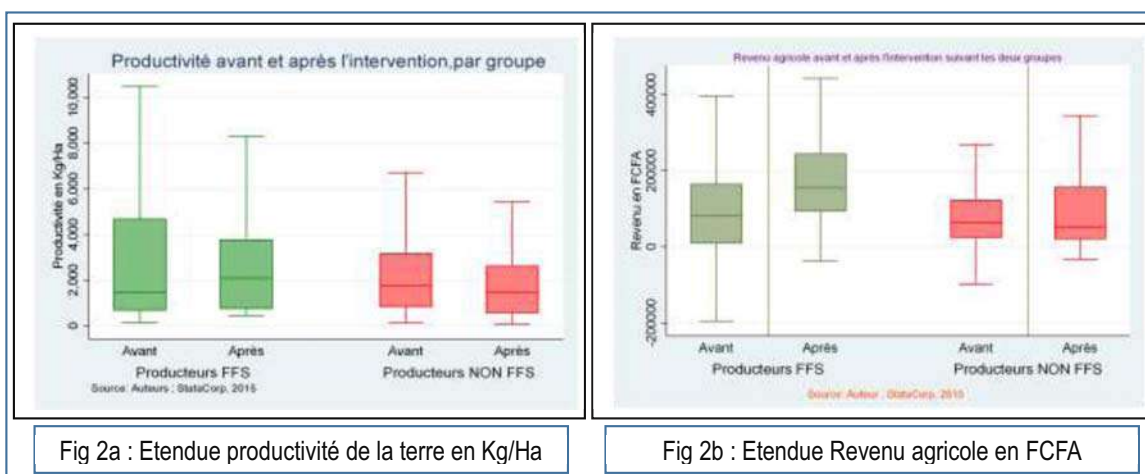


Fig 2a : Etendue productivité de la terre en Kg/Ha

Fig 2b : Etendue Revenu agricole en FCFA

En résumé, nous notons une différence assez marquée entre les participants et les non-participants concernant l'évolution des rendements et des revenus agricoles issus de la production de plantain. Cette différence va plutôt dans le sens des producteurs bénéficiaires et pourrait suggérer que la participation au FFS leur a permis d'augmenter leur revenu agricole et de limiter la baisse de la productivité de la terre due à des exploitations répétées de la terre. Toutefois, cette comparaison ne permet pas de déduire un lien de causalité. Une analyse rigoureuse avec le contrôle de tous les facteurs susceptibles d'influencer les résultats a donc été appliquée.

3.2. Déterminants de la participation au FFS (modèle Probit)

Le tableau 2 présente les résultats du modèle Probit utilisé pour estimer la probabilité de participation des producteurs au conseil agricole reçu lors des formations aux champs école initiés par le projet. Les scores de propension ont été estimés avec les données de base (qui, pour les 2 groupes, ne sont pas influencées par le projet). La plupart des coefficients associés aux variables du modèle ont des signes attendus mais il faut retenir que ce sont les variables telles que l'âge ($p < 1\%$), la taille du ménage ($p < 5\%$), et la superficie de tous les terrains disponibles pour le producteur ($p < 5\%$), qui influençaient positivement la participation au projet de manière significative. Le nombre d'actifs agricoles présents dans le ménage du producteur, influençaient significativement mais négativement la participation au seuil de 5 %.

Tableau 2 : Déterminants de la participation au conseil agricole FFS (Modèle Probit)

| Variables | Coefficient | Erreur Standard | Z | P>z |
|-----------------------|-------------|-----------------|------------|-------|
| AGE | 0,007*** | 0,009 | 0,740 | 0,457 |
| TAILLEMEN | 0,096** | 0,037 | 2,570 | 0,010 |
| AUTREACTI | -0,199 | 0,275 | -0,720 | 0,470 |
| APPARTGROUP | 1,199 | 0,273 | 4,380 | 0,000 |
| ACCESCREDIT | 0,621 | 0,248 | 2,510 | 0,012 |
| EDUPRIMAIRE | 0,427 | 0,273 | 1,570 | 0,117 |
| EDUSECONDAIRE | 0,736 | 0,272 | 2,710 | 0,007 |
| SEXE | -0,234 | 0,291 | -0,800 | 0,421 |
| SUPTOUSTERRAINS | 0,019** | 0,047 | 0,410 | 0,682 |
| ETHNIEAYIZO | -0,684 | 0,250 | -2,740 | 0,006 |
| ETHNIEFON | -0,379 | 0,319 | -1,190 | 0,234 |
| ETHNIEKOTAFON | -1,705 | 0,360 | -4,730 | 0,000 |
| PROPOFERTILITE | -0,192 | 0,223 | -0,860 | 0,390 |
| NBRECTIFSAGRI | -0,141** | 0,049 | -2,880 | 0,004 |
| ASSOCULTURE | 0,158 | 0,216 | 0,730 | 0,466 |
| Constant | -0,310 | 0,582 | -0,530 | 0,594 |
| Nombre d'observations | | | 220 | |
| LR chi2(8) | | | 89,84 | |
| Prob > chi2 | | | 0,0000 | |
| Log likelihood | | | -106,83456 | |
| Pseudo R ² | | | 0,2960 | |

*** significatif à 1 % ; ** significatif à 5 % ; Source : Données d'enquêtes (2022)

3.3. Impact du conseil agricole sur le revenu agricole et la productivité de la terre avec la méthode de la double différence appariée

La méthode de la double différence appariée a été utilisée car elle est présentée dans la littérature sur l'évaluation d'impact comme étant l'une des méthodes quasi-expérimentales les plus rigoureuses et elle cadre bien avec notre contexte d'évaluation. La figure 3 montre que les distributions des scores de propension se recouvrent et que le support commun est assez étendu. Mais, seuls 83 participants ont pu être appariés avec 116 producteurs non-participants.

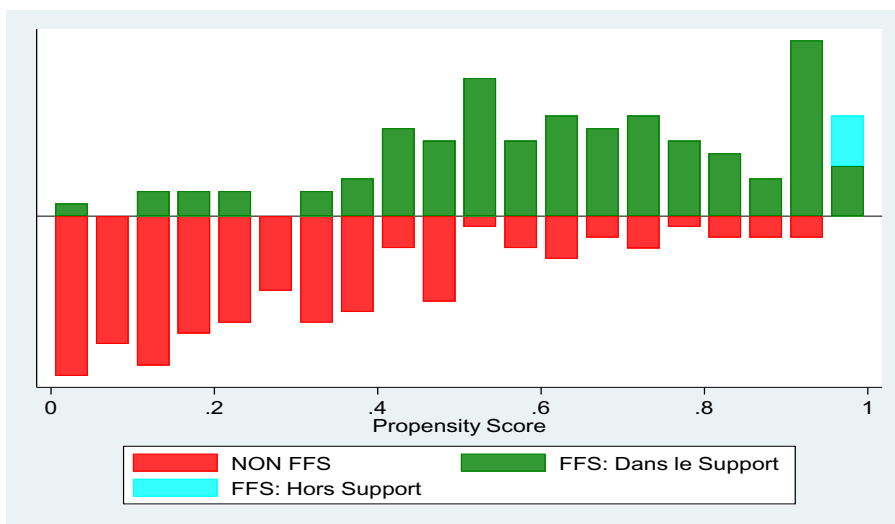


Figure 3 : Distribution du score de propension et vérification du support commun

Pour s'assurer que l'appariement a permis d'équilibrer la distribution des covariables qui déterminent la participation au projet pour les producteurs ayant des scores de propension similaires, nous avons effectué le test d'équilibre (*balancing test*) de ces covariables pour les individus appariés. Les résultats du balancing test après appariement sont présentés à la figure 4 et dans le tableau 3. Ces résultats ont montré que désormais, les valeurs moyennes des caractéristiques observables influençant la participation au FFS, sont statistiquement identiques dans les deux groupes car les différences de moyennes entre eux ne sont pas significatives au seuil de 5 %. Ainsi, après l'appariement, les deux groupes de producteurs peuvent être considérés comme semblables et ayant la même chance de participer au FFS.

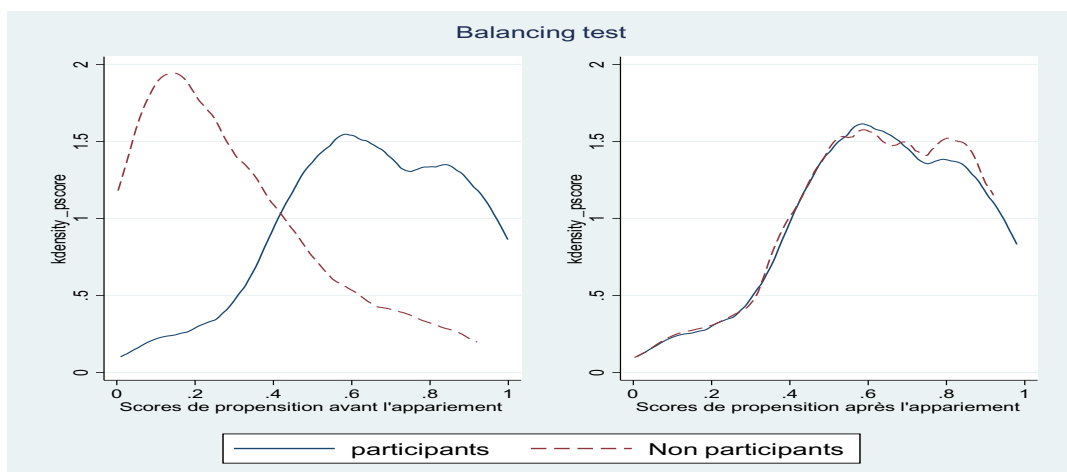


Figure 4 : Balancing test ; Source : *Données d'enquêtes (2022)*

Tableau 3 : Résultats du test d'équilibre pour les différentes spécifications de la méthode d'évaluation d'impact

| Variables pondérée(s) | DiD & Kernel Epanechnikov (par défaut) | | | DiD & Kernel normal | | |
|-----------------------|--|-----------------|----------|---------------------|-----------------|----------|
| | Moyenne FFS | Moyenne NON FFS | Pr (T>t) | Moyenne FFS | Moyenne NON FFS | Pr (T>t) |
| AGE | 43,679 | 42,406 | 0,449 | 43,014 | 42,406 | 0,716 |
| TAILLEMEN | 7,605 | 8,614 | 0,0828* | 7,525 | 8,614 | 0,0604* |
| AUTREACTI | 0,853 | 0,832 | 0,673 | 0,836 | 0,832 | 0,928 |
| APPARTGROUP | 0,341 | 0,356 | 0,812 | 0,338 | 0,356 | 0,780 |
| ACCESCREDIT | 0,404 | 0,347 | 0,384 | 0,397 | 0,347 | 0,442 |
| EDUPRIMAIRE | 0,209 | 0,267 | 0,310 | 0,221 | 0,267 | 0,422 |
| EDUSECONDAIRE | 0,227 | 0,307 | 0,182 | 0,256 | 0,307 | 0,400 |
| SEXE | 0,814 | 0,871 | 0,242 | 0,823 | 0,871 | 0,321 |
| SUPTOUSTERRAINS | 3,261 | 2,715 | 0,183 | 3,206 | 2,715 | 0,216 |
| ETHNIEAYIZO | 0,255 | 0,297 | 0,493 | 0,280 | 0,297 | 0,787 |
| ETHNIEFON | 0,230 | 0,188 | 0,449 | 0,195 | 0,188 | 0,902 |
| ETHNIEKOTAFON | 0,067 | 0,050 | 0,588 | 0,063 | 0,050 | 0,663 |
| PROPOFERTILITE | 0,541 | 0,527 | 0,829 | 0,559 | 0,527 | 0,627 |
| NBRECTIFSAGRI | 3,953 | 4,188 | 0,561 | 3,953 | 4,188 | 0,560 |
| ASSOCULTURE | 0,599 | 0,604 | 0,944 | 0,609 | 0,604 | 0,945 |

* significatif à 10 % ; Source : Données d'enquêtes (2022)

Les résultats de l'estimation de l'impact du conseil agricole promu par le projet Avlanto sur le revenu agricole et la productivité, obtenus avec différentes approches combinant Double Différence et Appariement par score de propension avec la fonction noyau (*kernel matching*), sont résumés dans le tableau 4. Les résultats suggèrent que le conseil agricole promu par le projet a un impact significatif au seuil de 5 % sur la productivité pour l'ensemble des méthodes d'appariement. L'impact du conseil agricole était de 2626,53 Kg/Ha avec le kernel *Epanechnikov* et de 2582,42 Kg/Ha avec le Kernel Gaussien ou normal. Pour ce qui est du revenu agricole, l'impact du conseil agricole était de 140000 FCFA (*DID & kernel Epanechnikov*) et de 120000 FCFA (*DID & Kernel gaussien*). En conséquence, quelle que soit la méthode utilisée, le conseil agricole a eu un impact positif sur les producteurs de banane plantain.

Tableau 4 : Impact du conseil agricole sur le revenu agricole et la productivité (Kg/Ha) (Double Différence & Kernel).

| Variables de résultat | Revenu Agricole (FCFA) | | | Productivité (Kg/Ha) | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------|---------|----------------------|-----------------|---------|
| | Revenu Agricole | Erreur standard | P>t | Productivité | Erreur standard | P>t |
| DID & Kernel (par défaut) | 140000 | 56000 | 0,015** | 2626,53 | 1271,32 | 0,039** |
| DID & Kernel (Normal) | 120000 | 47000 | 0,037** | 2582,42 | 1273,18 | 0,043** |

*** significatif à 1 % ; ** significatif à 5 % ; * significatif à 10 % ; Source : Données d'enquêtes (2022)

4. Discussions

Plusieurs études ont permis d'évaluer l'impact des FFS dans le monde, sur divers paramètres d'intérêt. Ainsi, Davis *et al.* (2012) ont analysé l'impact d'un projet d'écoles pratiques d'agriculteurs basé sur l'approche FFS, et promu par le Fonds international de développement agricole (FIDA) et la FAO, dans trois pays de l'Afrique de l'Est : le Kenya, la Tanzanie et l'Ouganda. Les auteurs ont réalisé, comme nous,

une évaluation d'impact longitudinale (Double Différence) avec des méthodes quasi-expérimentales pour fournir des preuves sur l'impact économique et de production du projet. Leurs résultats ont suggéré que les FFS avaient un impact positif sur la production et le revenu agricole, surtout chez les femmes, les agriculteurs peu alphabétisés et ceux ayant des exploitations de taille moyenne. L'impact estimé sur la productivité de la terre était positif au Kenya et en Tanzanie (81 % et 22,8 %, respectivement), mais négatif en Ouganda (-9,7 %). Pour ce qui est du revenu agricole, il aurait doublé en Tanzanie grâce à la participation aux FFS. Au Kenya, le revenu agricole a augmenté de 21 % ; une augmentation de 18% a été observé en Ouganda mais les résultats n'étaient pas significatifs. En Chine, Cai *et al.* (2016) ont mené une étude d'impact d'une intervention FFS chez les petits producteurs de tomates à Pékin et les résultats ont montré l'existence d'un impact positif sur le rendement. Contrairement à Davis *et al.* (2012), leurs résultats suggèrent que l'effet de la formation FFS est meilleur pour les hommes que pour les femmes. Une autre étude qu'il est intéressant de mentionner dans cette discussion est celle menée par Godtland *et al.* (2004) qui ont évalué l'impact d'un projet de conseil agricole promu par l'ONG CARE International pour appuyer les producteurs de pomme de terre au Pérou. Ce projet a aussi appliqué la méthode FFS et les auteurs ont trouvé qu'une amélioration de 32 % en moyenne, du ratio output/intrants de semences de pommes de terre, était attribuable au projet de conseil agricole. Cette dernière étude est comparable à une autre menée au Bénin par Gandonou *et al.* (2019) qui ont prouvé l'impact positif du conseil agricole piloté par le Réseau des Producteurs d'Ananas du Bénin (RÉPAB) suivant l'approche FFS au profit des petits producteurs d'ananas ; mais cette dernière se distingue de la précédente du fait que les auteurs ont utilisé l'efficacité technique des producteurs comme indicateur de performance.

La présente recherche a permis de soutenir que le projet de conseil agricole FFS promu par le projet AVLANTO est pertinent car l'ampleur de ses effets est considérable. Les déterminants positifs de la participation au conseil étaient l'âge du producteur, la superficie de tous les terrains disponibles pour la production agricole et la taille de son ménage alors que le nombre d'actifs agricoles influençait négativement la participation. L'impact estimé pourrait donc s'améliorer si les facteurs de blocage de la participation sont éliminés. Il s'agira d'ajuster le contenu et le dispositif de conseil à la situation des plus jeunes et des moins nantis, sur le plan foncier.

Pour une meilleure estimation et une bonne compréhension de l'effet causal de la participation au conseil agricole, une approche mixte combinant les méthodes qualitative et quantitative aurait été préférable. Dans le cadre de la présente étude, l'approche d'analyse qualitative n'a pas été prise en compte et seulement une analyse quantitative a été réalisée. Les limites des recherches purement quantitatives résident dans le fait qu'elles n'éclairent pas toujours d'une véritable force explicative les sujets étudiés. La mobilisation d'une approche qualitative, en complément des données quantitatives, aurait permis dans

le cadre de cette étude de mieux contextualiser les mécanismes d'impact et d'en approfondir la compréhension pour une analyse approfondie.

5. Conclusion

La présente étude a permis d'analyser l'impact du conseil agricole FFS piloté à travers le projet dénommé AVLANTO, par une université publique et des partenaires techniques réunis en consortium, sur le revenu agricole et la productivité de la terre issus de la production de plantains au Sud-Bénin. Dans la zone d'étude un dispositif participatif de conseil agricole a été développé et conduit au profit des producteurs de plantain, dans un contexte où les services publics de vulgarisation agricoles sont insuffisants et où la filière, n'est pas intégrée dans les politiques agricoles. Conformément au contexte de l'étude, l'approche quasi expérimentale combinant la méthode de la Double Différence et l'appariement par score de Propension a été adoptée. Les résultats obtenus suggèrent que la participation au conseil agricole piloté par le projet AVLANTO, a amélioré significativement le revenu agricole des participants mais également leur capacité à tirer un meilleur rendement de la terre. La productivité de la terre s'est accrue en moyenne de 2626 Kg/Ha et le revenu agricole quant à lui s'est accru en moyenne de 140000 FCFA. Néanmoins, un phénomène d'exclusion du conseil provoquée ou non, se développe facilement envers les producteurs les moins âgés et disposant d'un capital foncier relativement faible. Une atténuation de cette exclusion, pourrait permettre de renforcer l'impact d'un tel projet de conseil agricole.

Références bibliographiques

- Cai J., Shi G., & Hu R. (2016). Une analyse d'impact des champs-écoles paysans en Chine. *Durabilité*, 8(137): 1-15.
- Davis K., Nkonya E., Kato E., Mekonnen D. A., Odendo M., Miiro R., & Nkuba J. (2012). Impact of Farmer Field Schools on agricultural productivity and poverty in East Africa. *World Development*, 40(2): 402-413.
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) (2016). Farmer field school guidance document.
- Feder G., Murgai R., & Quizon J. B. (2004). The acquisition and diffusion of knowledge: The case of pest management training in farmer field schools, Indonesia. *Journal of Agricultural Economics*, 55(2): 217-239.
- Fougère D. (2010). Les méthodes économétriques d'évaluation. *Revue française des affaires sociales*, 10(1): 105-128.
- Gandonou E., Kpenavoun chogou S., & Adegbi A. (2019). Impact du conseil agricole privé sur l'efficacité technique des petits producteurs d'ananas au Bénin, *Économie rurale*, 368(2): 55-73.

- Gertler P.J., Martinez S., Premand P., Rawlings L.B. & Vermeersch C.M.J. (2016). *Impact Evaluation in Practice*, Second Edition. World Bank Group.
- Godtland E. M., Sadoulet E., de Janvry A., Murgai R., & Oortiz O. (2004). The impact of farmer field-schools on knowledge and productivity: a study of potato farmers in the Peruvian Andes. *Economic Development and Cultural Change*, 53(1): 63-92.
- Kpenavoun Chogou S., Abokini E., Togbe Euloge, Ahohouendo A., Odjo C., Egounlety Biokou A.G., Honfo F., Affokpon A., Adjadogbedji Bruce, Adimou J.-B., Nanoukon B. & Ahohouendo B. (2019). *Etude de référence du projet Avlanto-Bénin, Rapport Final*. Abomey-Calavi : FSA.
- van den Berg H., & Jiggins J. (2007). Investing in farmers: the impacts of farmer field schools in relation to integrated pest management. *World Development*, 35(4): 663-686.
- Winters P., Salazar L. & Alessandro M. (2010). *Designing Impact Evaluations for Agricultural*, Project Office of Strategic Planning and Development Effectiveness, Inter-American Development Bank. *Impact-Evaluation Guidelines Technical Notes No. IDB-TN-198*.

Analyse pollinique des miels du rucher de l'éco-centre de Komiguéa : référentiel melissopalynologique pour le contrôle de la qualité du miel

*Isabelle Houéfa KENALI¹, Monique Gbèkponhami TOSSOU¹

¹Laboratoire de Botanique et Ecologie végétale, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

*Auteur correspondant : Kenaliisabelle@gmail.com

Résumé

Les fraudes liées à la production du miel sont un phénomène récurrent au Bénin car il est un produit alimentaire très recherché par la population. Ce travail vise donc à contribuer au bien-être de la population à travers l'analyse pollinique des miels. Trente (30) échantillons de miel ont été récoltés à Komiguéa (N'dali), traités par la méthode d'acétolyse puis analysés au microscope photonique Jeulin® à divers grossissements. La détermination des taxons polliniques a été faite jusqu'au niveau famille ; genre et espèce suivi du calcul de la détermination spécifique (DDs). Les données polliniques ont été traitées et compilées dans le tableur Excel (2010). Au total, 87 taxa ont été identifiés appartenant à 29 familles dont les plus représentées sont les Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Lamiaceae et les Meliaceae. Parmi ces taxa, 67 ont été identifiés jusqu'au niveau espèce, soit un taux de 74,44 % ; 16 jusqu'au niveau famille, soit un taux de 17,77 % et 04 jusqu'au niveau genre, soit un taux de 4,44 %. La richesse pollinique a donné un total de 10855 pollens pour tout l'échantillonnage. Le nombre de grain de pollens compté a varié de 41 (échantillon K18) la valeur la plus basse Vb à 1715 (échantillon K36) la valeur la plus élevée (Ve). Le spectre pollinique a montré la dominance de *Myragina inermis* avec un taux de 13,24 % suivis de *Syzygium guineense*, Fabaceae, *Sterculia setigera*, *Senna siamea*, *Hyptis suaveolensis* et de *Khaya senegalensis*. La richesse taxonomique a varié de 7 à 20 taxa tandis que celle spécifique a varié de 4 à 15 espèces. La richesse spécifique est donc relativement proche de celle taxonomique. Cependant tous les échantillons analysés sont pauvres en taxons, mais sont de qualités. Les données palynologiques représentent la base pour le contrôle de la qualité des miels en dehors des autres paramètres complémentaires. **Mots clés** : Pollens, Miels, Taxa, Sécurité alimentaire, Borgou-Sud.

Pollen analysis of honeys from the Komiguéa eco-centre beekeeping: melissopalynological reference for honey quality control Abstract

Honey production fraud is a recurrent phenomenon in Benin, where honey is a highly sought-after foodstuff. This work therefore aims to contribute to the well-being of the population through the pollen analysis of honey. Thirty (30) honey samples were collected in Komiguéa (N'dali), treated using the acetolysis method and then analyzed using a Jeulin® photonic microscope at various magnifications. Pollen taxa were determined down to family, genus and species level, followed by the calculation of specific determination (DDs). Pollen data were processed and compiled in Excel (2010). A total of 87 taxa were identified, belonging to 29 families, the most represented of which are Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Lamiaceae and Meliaceae. Of these, 67 taxa were identified to species level (74.44%), 16 to family level (17.77%) and 04 to genus level (4.44%). Pollen richness gave a total of 10855 pollens for the whole sampling. The number of pollen grains counted ranged from 41 (sample K18) the lowest value Vb to 1715 (sample K36) the highest value (Ve). The pollen spectrum showed the dominance of *Myragina inermis* at 13.24%, followed by *Syzygium guineense*, Fabaceae, *Sterculia setigera*, *Senna siamea*, *Hyptis suaveolensis* and *Khaya senegalensis*. Taxonomic richness ranged from 7 to 20 taxa, while specific richness varied from 4 to 15 species. Specific richness is therefore relatively close to taxonomic richness. However, all the samples analyzed were poor in taxa, but of good quality. Palynological data represent the basis for honey quality control, apart from other complementary parameters.

Keywords: Pollens, Honeys, Taxa, Food security, South-Borgou.

Introduction

Depuis des millénaires, les abeilles font partie du patrimoine humain et les mellifères sont exploitées par l'homme en apiculture depuis 7000 ans (Crane 1990) et sont essentiels pour le maintien de la conservation et de la biodiversité (Crane, 1999). L'apiculture est l'élevage des abeilles pour la production des produits de la ruche (Kenali et al., 2021). Ainsi, les produits issus du travail de ce petit insecte sont utilisés depuis des millénaires et leurs emplois sont retrouvés dans de très nombreuses civilisations et autres croyances (ONU, 2019). Le rapport nutritionnel croît, car attire de plus en plus les consommateurs à cause de ses vertus. Au plan mondial, les statistiques approuvent que 71% de plantes produisent au moins 90% de nourriture qui est pollinisée par les abeilles (FAO, 2010). En Afrique de l'Ouest (Occident), le miel est la seule source abondante de matières sucrées dont on pouvait disposer (Canini *et al.*, 2005). En Afrique, le miel est un produit alimentaire très recherché et consommé. Au Bénin, il est commercialisé disponible un peu partout. Sur les étiquettes des pots de miels vendus sur les marchés ; dans les pharmacies, les supermarchés ; les appellations qui y figurent sont données sans aucune vérification des plantes mellifères réellement butinées par les abeilles. Ils n'ont donc subi aucun contrôle avant leur commercialisation. En outre, les consommateurs béninois attachent plus de valeur aux miels provenant de la zone septentrionale (Tossou et al., 2011). Les investigations menées par certains auteurs sur des miels commercialisés à Cotonou ont révélé que beaucoup d'entre eux ne correspondaient pas aux origines géographiques et botaniques indiquées par les appellations mentionnées sur les étiquettes. Un produit doit toujours être de bonne qualité. Il ne doit pas contenir de composants étrangers, de contaminants ou de résidus de pesticides (Amakpe et al., 2015). Toutefois, dans le miel certains groupes de substances sont toujours présents mais en quantité variable selon la source : eau, glucides, protéides ou substances azotées, acides organiques, lactones, substances minérales, oligo-éléments, vitamines, lipides, produits polluants comme le plomb, le cadmium et l'hydroxyméthylfurfural (Bogdanov *et al.*, 1996). Ces caractéristiques physico-chimiques en corrélation/synergie avec les analyses polliniques permettent ainsi d'apprécier la qualité du miel (Sotodonou., 2014). Sa composition varie avec la source florale utilisée par les abeilles, la période de récolte et les conditions géo-climatiques des régions concernées. Ce travail vise donc à contribuer au bien-être de la population à travers l'analyse pollinique des miels. La détermination du profil pollinique, s'avère indispensable pour toute typologie de miels avant sa commercialisation et reste donc une des méthodes de contrôle de la qualité du miel. Compte tenu des propriétés médicales et nutritionnelles de ce produit et sa rareté sur le marché, il est exposé à la fraude (Chefrou et al., 2009). Pour cela, les commissions internationales et européennes ont proposé des méthodes d'analyses suivies par les organismes de normalisation tels que le Codex Alimentarius ou les normes européennes pour le miel contrôlé de la qualité afin d'assurer que le miel est authentique en ce qui concerne les exigences législatives.

Sur ce, il urge d'effectuer obligatoirement dans un premier temps des analyses polliniques pour tous les échantillons de miels provenant de diverses localités du Bénin afin de confirmer le type de miel (monofloral/polyfloral) et aussi sa composition vis-à-vis de la diversité floristique de lieu de provenance.

II-Méthodologie

II-1- Milieu d'étude

II-1-1- Justification du choix du site

Au Bénin, la flore mellifère du pays et particulièrement celle de la région Nord-Est reste négligée et mal connue malgré la disponibilité des espèces mellifères (Yédomonhan, 2009). Les travaux portant sur l'inventaire visuel des plantes butinées par les abeilles ont été effectués au Sud et au Centre du Bénin. De ces résultats, 323 espèces végétales sont butinées par l'abeille mellifère (Yédomonhan *et al.*, 2009a et 2009b). A ces travaux s'ajoutent ceux de Balagueman *et al.* (2017) qui ont été effectués sur toute l'étendue du territoire, par contre les données de ces auteurs ont été collectées seulement durant un

trimestre (juillet à septembre) au cours du cycle annuel et ne permettent pas de disposer d'une liste exhaustive de la flore mellifère de la zone d'étude. La bonne connaissance des espèces du monde apicole de la zone nord du Bénin constitue un potentiel majeur pour le développement de l'apiculture moderne. Sur ce, il est important de développer l'activité apicole dans cette région car cela présente des avantages aussi bien pour l'apiculteur, la population que pour la conservation de la biodiversité.

II-1-2- Situation géographique

La présente étude a été conduite en zone est-soudanienne du Borgou précisément dans la commune de N'dali (district phytogéographique 6). Le Département du Borgou s'étend sur une superficie de 25856 km² soit 23 % du territoire national dont 13962 km² de terres cultivables soit 54 % de la superficie totale du département. Il est subdivisé en huit (8) communes. Il s'agit de Kalalè, N'dali, Pèrèrè, Nikki, Sinendé, Bembèrèkè, Parakou et Tchaourou. Des six anciens départements, le Borgou est le plus vaste. Il est limité au Nord par le département de l'Alibori, au Sud par les départements des Collines et de la Donga, à l'Est par la République Fédérale du Nigéria, et à l'Ouest par le département de l'Atacora. Du Sud au Nord, il s'étend sur 400 Km entre 8,5° et 12,5° de latitude et de l'Ouest à l'Est sur 180 Km entre 2,15° et 3,45° de longitude (INSAE, 2015). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1165,704473 mm d'eau pour la période de 1992 à 2022. La hauteur moyenne mensuelle d'eau est comprise entre 1,83 mm d'eau en décembre et 229,352 mm d'eau en septembre. On note à quelques mini-mètres près une même répartition de la pluie qui est unimodale pour cette période (1992-2022) et celle de 2022. La pluviométrie de l'année de collecte varie de 0 mm d'eau en janvier à 388,1 mm d'eau en septembre avec un total de 1377,6 mm d'eau en 2022. Il est caractérisé par un relief accidenté jaugé de plaines et de collines avec le Borgou-Sud qui est très peu arrosée en cours d'eau. Les principaux types de sols rencontrés dans ce département sont surtout les sols ferrugineux tropicaux, des sols ferralitiques, des sols sablonneux argileux ou argilo sableux et les sols granito gneissiques à caractère très varié selon les séquences topographiques. La végétation dans le Borgou est caractérisée par des types de savane à physionomie diversifiée où la densité des arbres diminue du Sud vers le Nord (INSAE, 2015).

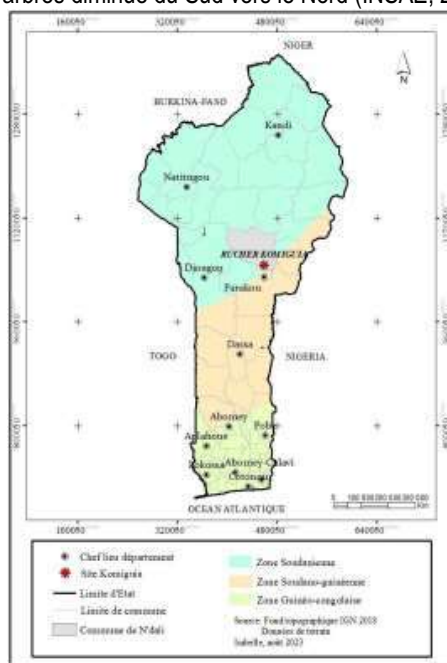


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude

II-2 Méthodologie

Le matériel utilisé dans le cadre de cette étude comprend un rucher de 30 ruches de types kenyanes (Photographie 1) disposé en quiconque suivi du matériel biologique qui est du miel. Les autres outils sont présentés dans le tableau I tels que les équipements de terrain, de laboratoire et d'observation.



Photographie 1 : Rucher montrant la disposition alignée des ruches dans le Centre de Eco-Centre le Rucher de Komiguéa

Tableau I. Matériels

| Objectif de recherche | Outils d'investigations | Données à collecter |
|--|--|---------------------|
| Analyser le contenu pollinique des miels du rucher dans la zone soudanienne au Bénin | <ul style="list-style-type: none"> - Abeilles mellifères (<i>Apis mellifera</i>) - <i>Adansonii</i> et le rucher Combinaison d'apiculteur (accoutrement, paire de gants et paire de bottes) - Tube de conservation - Peson - Marqueur indélébile - Hotte aspirante - Agitateur magnétique - Bain-marie ; Centrifugeuse ; Plaque chauffante ; Vernis ; Acides (acétique, anhydride et sulfurique) ; Alcool (éthanol et butanol tertiaire) - Gélatine glycinée (GG) colorée avec de la fuchsine ; - Lames et lamelles - Tubes à centrifugation à fond conique de capacité moyenne de 40 ml ; Pipette graduée - Microscope Jeulin ® à caméra intégrée | Le miel |

II-2-1 Echantillonnage

Après maturation des miels dans les rayons, trente (30) échantillons de miels ont été récoltés dans le rucher Eco-centre le Rucher de Komiguéa. Ils sont ensuite stockés et conservés dans des flacons stériles, hermétiquement fermé et gardé à la température ambiante au laboratoire de l'unité palynologique du Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LaBEV). Cette technique est utilisée pour protéger les composés sensibles à la chaleur et à la lumière.

II-2-2 Traitement des échantillons de miels (l'acétolyse)

Les échantillons de miel récoltés ont été codés et examinés (provenance géographique, couleur, texture) puis traités suivant la méthode acétolysant de Erdtman (1969) et analysés dans le laboratoire de l'unité palynologique du LabeV. Cette méthode permet d'étudier de façon précise la morphologie et d'identifier les grains de pollen. Ce faisant, elle facilite une observation fine et rigoureuse de la structure de la paroi pollinique, élément qui devient indispensable dans le cas des régions où la flore mellifère est mal connue.

II-2-3 Protocole du traitement

Le traitement des échantillons de miel a consisté à prélever 10 grammes de miel de chaque échantillon qu'on a versé dans un bécher puis dilué dans 20 ml d'eau distillée et on a homogénéisé à l'aide d'un agitateur. La solution est centrifugée pendant 10 minutes à 3000 tours-minute et le liquide surnageant a été jeté de façon à ne conserver que le culot de pollen. Ce culot a été ensuite mélangé à 10 ml d'acide acétique avant d'être centrifugé à nouveau 10 minutes à 3000 tours-minute. Le surnageant a été éliminé. Un mélange de 9 volumes d'anhydride acétique pour 1 volume d'acide sulfurique a été versé goutte à goutte. Ainsi 2 ml de ce mélange ont été versés sur le culot. La solution a été portée au bain marie à 100°C pendant 3 minutes puis centrifuger. Au culot obtenu a été ajouté de l'éthanol pure (70°C) puis de l'éthanol et de l'eau distillée.

Toutes ces étapes sont suivies de centrifugation. Le culot étant prêt, est monté entre lames et lamelles.

II-2-3 Identification des grains de pollen, comptage et détermination

L'identification des grains est réalisée à l'aide du microscope Jeulin® à différents grossissements. Les objectifs *4, *10, *40 et *100 ; combinés à l'oculaire 10 sont utilisés pour le comptage et l'identification. Le comptage se basera sur un balayage complet de toute la lamelle. Il sera effectué suivant les lignes horizontales successives de la droite vers la gauche. La morphologie des grains est variable et caractéristique. Les déterminations ont été faites par comparaison avec les lames de référence réalisées

avec les espèces en floraison récolté sur le site d'étude. Aussi de nombreux ouvrages d'illustration des pollens et de spores (Chouia, 2014 ; Schweitzer, 2009 ; Clément, 2002 ; Sowunmi, 1973 et 1995 ; Bonnefille et Riollet, 1980 ; Ybert, 1979 ; Faegri et Iversen, 1975 ont été aussi consultés. La nomenclature utilisée était celle de Akoègninou *et al.*, (2006) en synergie avec Wordplants et Africanplants dans l'actualisation des noms scientifiques et des familles. Les déterminations ont été effectuées soit au niveau espèce, genre ou famille.

II-2-4 Statistiques

Les données collectées sont saisies et traités dans Microsoft Excel (tableur Excel, 2019) au fur et à mesure au cours de l'analyse pollinique. Celles-ci ont permis de construire le spectre pollinique et de déterminer les différents types de variation au niveau taxonomique que spécifique. Ensuite les calculs du Degré de Détermination Spécifique (DDS) des taxa et de la densité relative ont été aussi réalisées. Quelques photographies ont été prises aux microscopes photoniques et électronique.

III- Résultats III-1-Richesse des familles dominantes sur le site autour du rucher de Komiguéa

Sur le site, autour du rucher les familles dominantes ont été les Fabaceae, les Poaceae, les Asteraceae, les Combretaceae, les Malvaceae et les Rubiaceae. (Figure 1).

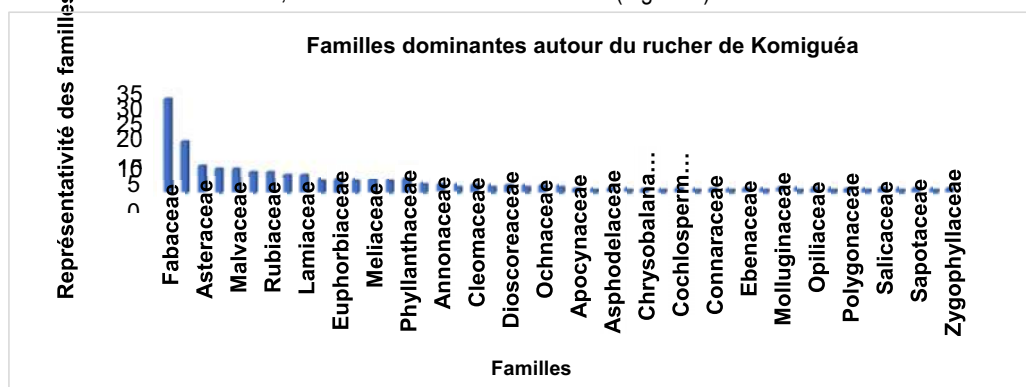


Figure. 1 Famille des espèces dominantes autour du rucher de Komiguéa III-2. Variation de la composition pollinique des miels du site III-2.1. Richesse pollinique (Rp) et spectre pollinique (Sp)

Les analyses polliniques réalisées ont montré, que les trente (30) échantillons de miel ont permis d'identifier 87 taxa appartenant à 29 familles. Les familles les mieux représentées étaient les Fabaceae, les Poaceae, les Asteraceae, les Lamiaceae, les Rubiaceae et les Meliaceae (tableau 1). Ces taxons polliniques, ont été dénombrés jusqu'aux familles, aux genres, et aux espèces de la façon suivante :

- 16 taxa ont été identifiés jusqu'au niveau famille, soit un taux de 17,77 % ;

- 04 taxa qui ont été identifiés jusqu'au niveau genre, soit un taux de 4, 44 % ;
- 67 taxa ont été identifiés jusqu'au niveau espèce, soit un taux de 74, 44 %.

Les indéterminés ont représenté un taux de 3,33 %. La richesse pollinique a donné un total de 10 855 pollens dans les trente échantillons de miel. Par échantillon une nette variation a été notée et qui dépendait strictement des activités de butinage des abeilles mellifères autour du rucher. Par échantillon, les grains de pollens ont varié de 41 à 1715 pollens., La valeur la plus basse (Vb) a été celle de l'échantillon K18 avec 41 pollens et la valeur la plus élevée (Vb) a été celle de l'échantillon K36 avec 1715 pollens. Le spectre pollinique des échantillons de miels analysés a été représenté dans le tableau ci-dessous avec la grande proportion qui a été représentée par *Mytagina inermis* (Rubiaceae) occupant la première place avec un taux de 13, 24 % soit 1437 grains de pollens. Ont suivis respectivement : *Syzygium guinense* (Myrtaceae) avec 13,20 % soit 1433 grains de pollens; Fabaceae avec 07,88 % soit 856 grains de pollens ; *Sterculia setigera* (Sterculiaceae) avec 07,34 % soit 756 grains de pollens ; *Flueggea virosa* (Phyllanthaceae) avec 06,90 % soit 746 grains de pollens ; *Senna siamea* (Fabaceae) avec 06,80 % soit 739 grains de pollens; *Hyptis suaveolensis* (Lamiaceae) avec 05,01 % soit 544 grains de pollens et *Khaya senegalensis* (Meliaceae) avec 04,80 % soit 520 grains de pollens.

III-2.2. Richesse taxonomique (Rt) et Richesse spécifique (Rs)

La richesse taxonomique et la richesse spécifique ont été présentées dans le tableau ci-dessous. **Tableau 1. Degré de Détermination Spécifique (DDS) des taxa**

| Echantillons | | Richesse taxonomique (Rt) « Taxa » | Richesse spécifique (Rs) « Espèces » | DDs (%) | Interprétation |
|--------------|------|---------------------------------------|---|---------|----------------|
| 1 | K14 | 15 | 11 | 73,33 | Bonne |
| 2 | K10 | 13 | 08 | 61,53 | Bonne |
| 3 | KS13 | 14 | 10 | 71,42 | Bonne |
| 4 | KS3 | 15 | 11 | 73, 33 | Bonne |
| 5 | K01 | 09 | 07 | 77,77 | Bonne |
| 6 | K02 | 16 | 11 | 68,75 | Bonne |
| 7 | K11 | 12 | 10 | 83,33 | Très bonne |
| 8 | K07 | 14 | 11 | 78,57 | Bonne |
| 9 | K12 | 09 | 05 | 55,55 | Bonne |
| *10 | *K18 | 06 | 04 | 66,66 | Bonne |
| 11 | K04 | 13 | 09 | 69,23 | Bonne |
| 12 | K32 | 18 | 14 | 77,77 | Bonne |
| 13 | K67 | 09 | 05 | 55,55 | Bonne |
| 14 | K34 | 10 | 06 | 60 | Bonne |
| 15 | K37 | 10 | 06 | 60 | Bonne |

| | | | | | |
|------|------|----|----|-------|------------|
| 16 | K13 | 10 | 08 | 80 | Très bonne |
| 17 | K66 | 11 | 06 | 54,54 | Bonne |
| 18 | K36 | 17 | 12 | 70,58 | Bonne |
| 19 | K24 | 17 | 13 | 76,47 | Bonne |
| 20 | K35 | 09 | 06 | 66,66 | Bonne |
| 21 | K03 | 13 | 08 | 61,53 | Bonne |
| 22 | K09 | 14 | 12 | 85,71 | Très bonne |
| 23 | K08 | 07 | 06 | 85,71 | Bonne |
| 24 | K16 | 12 | 08 | 66,66 | Bonne |
| 25 | K19 | 11 | 07 | 63,63 | Bonne |
| **26 | K17 | 20 | 15 | 75 | Bonne |
| 27 | KS12 | 18 | 14 | 77,77 | Bonne |
| 28 | K15 | 17 | 11 | 64,70 | Bonne |
| 29 | K05 | 13 | 10 | 76,92 | Bonne |
| 30 | K06 | 17 | 13 | 76,47 | Bonne |

La richesse taxonomique et la richesse spécifique ont varié d'un échantillon de miel à un autre. *A priori*, la richesse spécifique était relativement proche de la richesse taxonomique (figure 2). Ainsi, le degré de détermination spécifique (DDs) a varié en fonction des différents échantillons de miel. Au total, la richesse taxonomique a varié de 07 à 20 taxa tandis que la richesse spécifique a varié de 4 à 15 espèces. La plus basse valeur de taxons et d'espèces a été obtenue dans l'échantillon 10 (K18) et la plus élevée a été enregistrée dans l'échantillon 26 (K17).

En tenant compte de la répartition établie pour la variation de la richesse taxonomique, tous les échantillons de miels analysés à Komiguéa sauf l'échantillon 26 (K17) se retrouvent dans la classe C0 codant pour des miels pauvres en taxons. Ils sont donc pauvres en taxons. Avec 20 taxa, K17 est donc moyennement riche en taxon. Quant au DDs, tous les échantillons ont eu une bonne détermination spécifique.

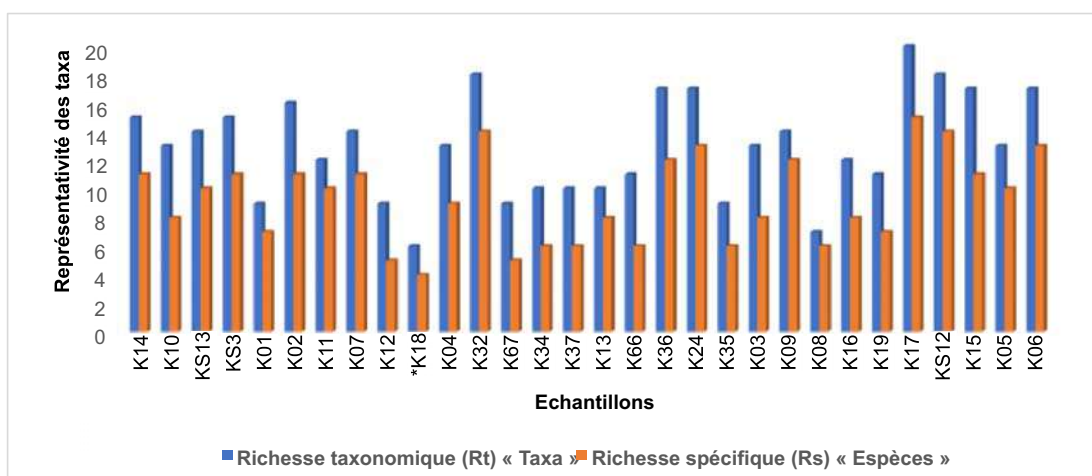


Figure 2. Relation entre la richesse taxonomique et la richesse spécifique III-2.3. Densité relative

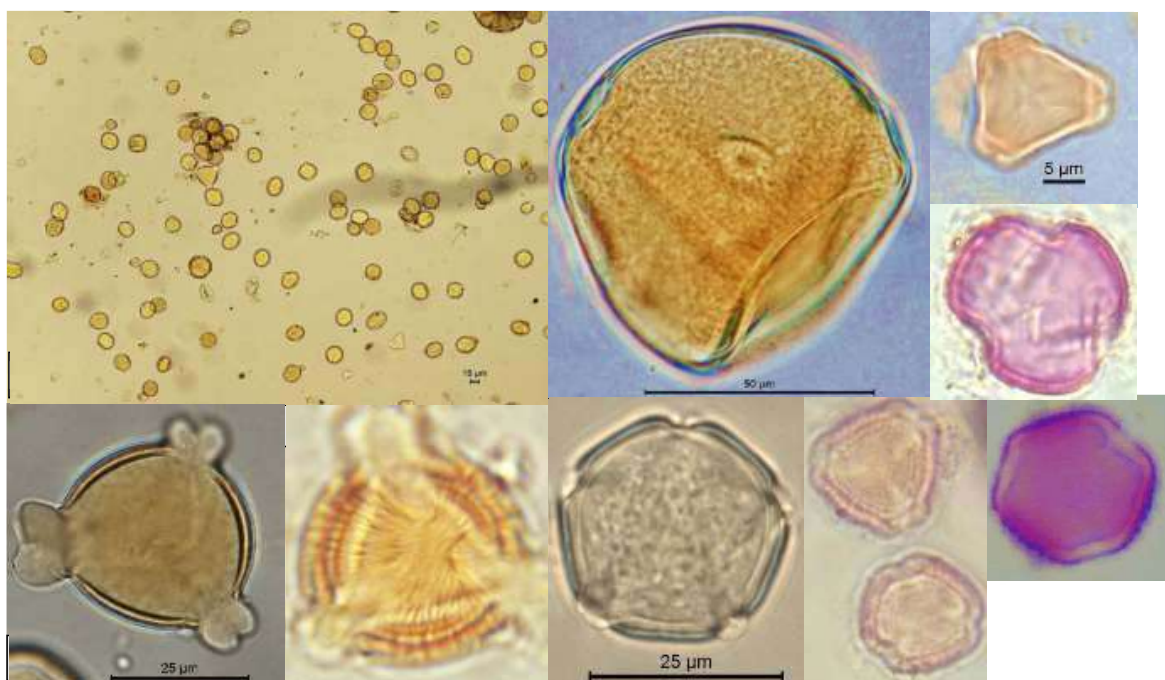
Après le dénombrement, sur les 30 échantillons, seuls les échantillons K07, K17 et K36 ont permis de d'évaluer/calculer la densité relative. Au total, quatre classes de pollen ont été distinguées suivant les valeurs des densités obtenues. La densité relative (Dr) des pollens par taxons identifiés a varié en général d'un échantillon à un autre ou bien d'une appellation à une autre. Par conséquent un pollen dominant dans un échantillon pouvait ne plus l'être dans un autre et pouvait devenir soit un pollen d'accompagnement, soit isolé important ou encore isolé (tableau 2). Les miels de Komiguéa sont conventionnellement multifloral à dominance de *Myragina inermis*, *Ocimum basilicum*, Asteraceae, *Sterculia setigera*, de *Khaya senegalensis*, de *Chamaecrista rotundifolia*, de *Senna occidentalis* et de *Aspilia bussei*.

Tableau 2. Répartition des richesses taxonomiques en fonction des classes de dominance

| Échantillons | K07 | K36 | K17 |
|--|--|---|---|
| Pollens dominants $Dr \geq 45\%$ | <i>Myragina inermis</i> | Néant | Néant |
| Pollens d'accompagnements ou importants $16 \leq Dr \leq 45\%$ | Néant | Asteraceae <i>Ocimum basilicum</i> | <i>Sterculia setigera</i> <i>Syzygium guinense</i> |
| Pollens Isolés Importants $3\% \leq Dr \leq 16\%$ | <i>Khaya senegalensis</i> | Cyperaceae <i>Hyptis suaveolensis</i> Lamiaceae <i>Pennisetum glaucum</i> <i>Richardia scabra</i> <i>Sesamum alatum</i> | Fabaceae <i>Hyptis suaveolensis</i> <i>Khaya senegalensis</i> <i>Parkia biglobosa</i> |
| Échantillons | K07 | K36 | K17 |
| Pollen Isolés $Dr \leq 3\%$ | <i>Amaranthus viridis</i> <i>Aspilia bussei</i> <i>Chamaecrista rotundifolia</i> <i>Cussonia arborea</i> <i>Hyptis suaveolensis</i> <i>Hyparhenia type</i> <i>Parkia biglobosa</i> <i>Pseudocedrela kotschy</i> <i>Syzygium guinense</i> <i>Trichilia emetica</i> | <i>Albizia zygia</i> Combretaceae <i>Euphorbiaceae</i> Fabaceae <i>Flueggea virosa</i> <i>Imperata cylindrica</i> Poaceae <i>Sporobolus pyramidalis</i> <i>Syzygium guinense</i> | <i>Ageratum conzoides</i> <i>Bidens bipinnata</i> <i>Senna siamea</i> <i>Combretum collinum</i> <i>Detarium microcarpum</i> <i>Isoberlinia doka</i> <i>Monotes Kerstingii</i> <i>Ptilostigma thoningii</i> |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | <i>Securidaca longepedunculata</i> <i>Anacardium occidentale</i> | | <i>Pentadesma butyracea</i> Rubiaceae <i>Sesamum alatum</i> <i>Anacardium occidentale</i> <i>Terminalia macroptera</i> |
|--|---|--|---|

III-2.3. Quelques photographies des pollens dominants retrouvés dans les échantillons



A : Plage de miel ; **B** : Poaceae ; **C** : *Sygygium guinense* ; **D** : *Senna siamea* ; **E** : Fabaceae ; **F** : *Anacardium occidentale* ; **G** : *Pentadesma butyraceae* ; **H** : *Sterculia setigera* ; **I** : *Mitragyna inermis*.

IV- Discussion

L'analyse pollinique des 30 échantillons de miel a permis d'identifier 87 taxa polliniques. Cette diversité taxonomique est majoritaire à celles obtenues lors des travaux antérieurs où 32 taxons polliniques ont été identifiés par Fohounfo (2002) dans les miels de la zone guinéenne ; aux 45 taxons déterminés par Tossou et al., (2011) dans les miels de la zone soudano-guinéenne et aux 43 taxons inventoriés par Koudégan et al. (2012) dans les miels d'Azianfokopé-Takpla à Lomé. Par contre elle est inférieure aux 121 taxons identifiés par Tossou et al. (2005) dans les miels de la forêt classée de la Lama au sud du Bénin, aux 262 taxons déterminés par Koudégan (2015) dans la zone guinéenne du Togo. Cette différence de diversité taxonomique peut être liée au nombre d'échantillons de miel analysés, à leur

période de récolte et à la diversité floristique des types de formations végétales ayant servi de source de butinage aux abeilles (Sowunmi, 1976 ; Agwu et al., 1989). Elle peut être également être liée à la superficie de la zone d'étude ainsi qu'aux différences existant (activités anthropiques des hommes) entre les zones agro-écologiques et écologiques.

Le spectre pollinique établi présente une somme variant d'un échantillon à un autre de 41 à 1715 grains de pollens par échantillon. Cette valeur obtenue est supérieure à celle obtenue par Zanou (2016) avec les miels échantillonnés à Coby, Kouandé et à Tanguéta qui varient entre 0 et 21 grains de pollens mais inférieure à celles obtenues par Tossou et al., (2011) et Kénali et al., (2021) respectivement dans les miels vendus dans les marchés de Cotonou qui varient entre 1200 et 2500 grains de pollen et les miels récoltés dans la commune de Djidja qui varient de 380 à 10340 grains de pollen. Cependant, la pauvreté pollinique constatée chez certains échantillons peut s'expliquer par le fait que ces miels peuvent être surtout des miels de nectar (Ahouandjinou, 2018). Ceci pourrait aussi dépendre de la baisse de la production alimentaire liée à l'agriculture écologique incluant la perte de la biodiversité végétale causées par les activités anthropiques de l'homme dans ce milieu défavorisant les services de pollinisation (Greenpeace, 2013). Au-delà de l'incidence que peut induire la méthode de comptage des grains de pollens, la richesse pollinique dénombrée pour chaque échantillon de miel permet de montrer que la stratégie de butinage des abeilles mellifères peut varier en fonction de multiples facteurs complémentaires, comme la production des fleurs, la qualité de leur production en pollens et en nectars, le caractère très sélectif des plantes récoltées, la compétition entre les abeilles, etc, (Lobreau-Callen *et al.*, 1986).

Par ailleurs, les fabaceae représentent la famille la plus diversifiée en diversité floristique (plantes mellifères) et en taxa. Cette abondance remarquée dans la zone d'étude est une caractéristique générale de toutes les typologies de formations végétales naturelles rencontrées dans les zones guinéenne et soudanienne du Bénin (Sawadogo, 1993 ; Aloma, 2000 ; Nombré, 2003).

Conclusion

La méliissopalynologie permet de contrôler la qualité et l'origine géographique des miels produits de la ruche. Pour assurer une bonne sécurité alimentaire à la population béninoise, il est nécessaire d'éviter la vente des miels frelatés. L'analyse pollinique reste donc l'une des méthodes fiables de détection des miels frelatés. Les miels de l'Eco-Centre le Rucher de Komigouéa analysés sont pauvres en taxons suite aux dommages résultants des activités anthropiques des hommes, mais sont de qualités renfermant les caractéristiques de propriétés physico-chimiques.

Références bibliographiques

- Ahouandjinou S. T. B., 2018.** Diversité des plantes mellifères et potentialités de production du miel en zone ouest soudanienne au Bénin. Thèse de doctorat, département de Biologie Végétale. Université d'Abomey-Calavi (Bénin). 321 p.
- Akoegninou, A., Burg, W.J.V.D., Van der Maesen, L.J.G., 2006.** Flore analytique du Bénin, Wageningen University papers. Backhuys Publ., Wageningen.
- Aloma S., 2000.** Étude des facteurs de production de miel dans deux zones écologiques différentes au sud du Togo : Les sites d'Aképé et d'Agotimé-Nyitoé. Mémoire de DEA, Université du Bénin-Togo, 36p.
- Amakpé, F., Akouèhou, G.S., de Graafa, D.C., Sinsin, B., 2015.** Determination of the silvo-melliferous

- regions of Benin : a nation wide categorisation of the land based on melliferous plants suitable for timber production. *J. Agric. Rural Dev. Trop. Subtrop.* 116, 143–156.
- Andrada, A.C., Telleria, M.C., 2005.** Pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from south of Caldén district (Argentina): botanical origin and protein content. *Grana* : 44, 115–122. <https://doi.org/10.1080/00173130510010459>
- Agwu C O C, Akanbi T O.1985.** A palynological study of honey from four vegetation zones of Nigeria. *Pollen et Spores* : 25 (3-4), 335-346.
- Balagueman, O. R., Detchi B. Y., Biaou S. S. H., Kanlindogbé C., NATTA. A. K. 2017.** Diversité de la flore mellifère le long du gradient pluviométrique au Bénin. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron* :7 (1) ISSN : 1840-8494. 64 -72p.
- Chouia A., 2014.** Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain zaâtout. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère en Biologie. Université Mohamed Khider-Biskra. 102 p.
- Clément M.C., 2002.** Méliissopalynologie en Nouvelle-Calédonie, importance des spectres polliniques dans la typification des miels. Mémoire pour l'obtention du Diplôme des Hautes Études Pratiques, Paris. 60 p.
- Crane E., 1990.** Bees and Beekeeping. Science practice and word resources. Heinemann Newnes, 614 p.
- Greenpeace., 2013.** Le déclin des abeilles - Analyse des facteurs qui mettent en péril les pollinisateurs et l'agriculture en Europe. Laboratoires de recherche de Rapport Technique.48 p.
- Erdtman G. 1969.** Pollen and spores preparations : the acetolysis method. In handbook of palynology, Munksgaard, Copenhagen, 213-216.
- FAO. 2010.** Le rôle des abeilles dans le développement rural, manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles.238 p.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique). 2015.** Recensement Général de la Population et de l'Habitat 4 : que retenir des effectifs de population en 2013 ? MDAEP, Cotonou, Bénin, 35 p.
- Kénali I., Zanou A.R.S., Mama A., Amakpé F., Tossou M., Mensah G. & Akoègninou A., 2021.** Contenu pollinique des miels récoltés dans un champ de *Cajanus cajan* (L.) Millsp (Fabaceae) dans la commune de Djidja (Bénin). *Ann. Sci. Limousin*, 30.
- Koudégnan C. M., Etorh M. T., Guelly K. A., Batawilla K., Akpagana K., 2012.** Inventaire des taxons polliniques des miels de la Zone Guinéenne du Togo: cas des zones écofloristiques IV et V. *European Scientific Journal*; édition 8 (26) : 37–50.
- Koudégnan C.M., 2015.** Contribution de la Palynologie à la caractérisation des miels et à la connaissance de la flore mellifère de la zone guinéenne du Togo. 115p.
- Lobreau-Callen D., Darchen R. & Le Thomas A. 1986.** Apport de la palynologie à la connaissance des relations abeilles / plantes en savanes arborées du Togo et du Bénin. *Apidologie*, 17, (4) : 279306.
- Nombré I., 2003.** Etude des potentialités mellifères de deux zones du Burkina Faso: Garango (Province du Boulgou) et Nazinga (Province du Nahouri), Doctorat spécialité, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 109 p.
- ONU., 2019.** Journée Mondiale des abeilles. Volons au secours des abeilles – Célébrons la diversité des abeilles et des systèmes apicoles, <https://www.un.org/fr/observances/bee-day>

- Sawadogo M., 1993.** Contribution à l'étude du cycle des miellées et du cycle biologique annuel des colonies d'abeilles *Apis mellifica adansonii* Lat. à l'Ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina-Faso, 152p.
- Schweitzer P., 2009.** Laboratoire d'Analyses et d'Écologie Apicole. 4p.
- Sowunmi M. A., 1973.** Pollen grains of Nigerian plants. I Woody species. Grana 13, 145 -186.
- Tossou, G. M., Akoègninou A., Yédomonhan H., Batawila K., Akpagana K., 2005.** Analyse pollinique des miels de la forêt classée de la Lama (Bénin) et son apport à la connaissance de la flore apicole. J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), série A, 7 (1) : 83-92.
- Tossou, G.M., Yedomonhan, H., Azokpota, P., Akoegninou, A., Doubogan, P., Akpagana, K., 2011.** Analyse pollinique et caractérisation phytogéographique des miels vendus à Cotonou (Bénin). Cah. Agric. 20, 500–508.
- Ybert, J.-P., 1979.** Atlas de pollens de Côte d'Ivoire. IRD Editions.
- Yédomonhan, H., 2009.** Plantes mellifères et potentialités de production du miel en zones guinéenne et soudano-guinéenne au Bénin. Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi.
- Zanou, A.R.S., 2016.** Inventaire des plantes en fleur et analyse pollinique des miels de la zone Ouest soudanienne du département de l'Atacora (Bénin) au cours de la saison des pluies. L'Université d'Abomey-Calavi (Bénin).

TOXICITE AIGUË ET SUB-AIGUË DES EXTRAITS DES FEUILLES DE *ERIOSEMA ERICI* ROSENII ET DE *NEOBOUTONIA MELLERI*

ELION ITOU Romaric De Garde^{1,2,3,4} et Mambéké Hono Mavie^{1,4}

¹ Laboratoire de physiologie animale, Faculté des sciences et Techniques, Université Marien Nguabi, BP69, Brazzaville, Congo

² Institut National de Recherche en Sciences de la Santé, Cité Scientifique de Brazzaville (Ex ORSTOM), Route de l'Auberge de Gascogne (Chateau d'eau), Congo

³ Laboratoire de Biochimie et Pharmacologie, Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Nguabi, BP 69, Brazzaville, Congo

⁴ Laboratoire de Pharmacodynamie et de Physiopathologie Expérimentales, Faculté des sciences et Techniques, Université Marien Nguabi, BP69, Brazzaville, Congo

Résumé

Des interactions synergiques ont été observées entre les combinaisons de plantes ; cependant, certaines combinaisons de plantes ont entraîné une toxicité accrue. Cette étude a été entreprise afin d'évaluer les toxicités aiguë et subaiguë des extraits aqueux et l'hydroéthanolique d'une combinaison de plantes médicinales congolaises faite des feuilles de *Eriosima erici* (Fabaceae) et de *Neoboutonia melleri* (Euphorbiaceae) suivant les protocoles de l'OCDE n° 425 et 407. Les effets de ces extraits ont été évalués sur l'état général, la mortalité, l'évolution pondérale ainsi que sur les paramètres hématologiques et biochimiques. Concernant la toxicité aiguë, l'administration d'une dose unique de 5000 mg/Kg, avec l'extrait hydroéthanolique a entraîné une réduction de la mobilité et une polyurie dès la première heure suivant l'administration avec une diminution pondérale significative. Cependant, aucune mortalité n'a été observée. La DL50 est estimée supérieure à 5000 mg/Kg. Concernant la toxicité subaiguë, l'administration quotidienne d'une dose de 600 mg/kg des deux extraits pendant 28 jours aux rats a bien été tolérée. Cependant, on note des modifications de paramètres hématopoïétiques (VGM et globules blancs) et biochimiques (ASAT, ALAT, urée, acide urique et tryglycerides) avec une réversibilité des effets observés avec l'extrait hydroéthanolique après arrêt du traitement. Malgré leur bonne marge de sécurité dans le milieu traditionnel, cette recette devrait être prise avec précaution chez des personnes présentant des troubles hépatiques.

Mots clés : toxicité aiguë, toxicité subaiguë, combinaison de plante, *Eriosema erici*, *Neoboutonia melleri*

***Auteur correspondant:** Elion Itou Romaric De Garde, Maître de Conférences-CAMES, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Nguabi, BP69, Brazzaville, Congo

E-mail: romaricelion@gmail.com

Tel : (00242)066607836/ 044062760

I. Introduction

L'utilisation des plantes médicinales est en croissance dans la plupart des pays du monde. Cette utilisation est principalement fondée sur l'idée que les plantes sont un moyen naturel de traitement dénué de tout risque. Les consommateurs croient souvent que naturel est le synonyme d'inoffensif. (Zekkour, 2008). Or, selon l'Organisation mondiale de la santé l'utilisation des plantes médicinales bien que bénéfique peut présenter des effets indésirables et la connaissance de leurs effets indésirables est grandement nécessaire (Mmbulaheni et al., 2019). On estime que 4% des plantes, dans le monde sont

toxiques, à de divers degrés (Rockett, 2015). De ce fait, la toxicité des plantes mérite une plus grande attention. Par conséquent, l'impact toxicologique des plantes médicinales chez l'homme, en particulier dans les périodes sensibles, suscite de grandes inquiétudes. La toxicité des plantes médicinales peut résulter d'une exposition aiguë ou chronique (Jitäreanu et al., 2023). Malgré les bienfaits tirés des plantes médicinales, certaines peuvent constituer une menace pour la santé des utilisateurs, en raison de risques potentiels effets ou effets secondaires pouvant être liés à des surdosages ou à des effets toxiques des principes (Mmbulaheni et al., 2019 ; Anywar et al., 2021). Cela peut entraîner une toxicité aiguë et la mort des patients (Anywar et al., 2021). Plusieurs études ont montré que certaines plantes médicinales sont toxiques pour différents organes tels que le foie, le cœur, les reins (Ayuba et al., 2021). Par exemple, en Afrique du Sud, la toxicité aiguë résultant de la prise de plantes médicinales a été estimée à environ 80 000 par an (Mmbulaheni et al., 2019). Au Congo, les populations comme partout dans les pays sous-développement fait aussi recours à la médecine traditionnelle pour se soigner. Ceci a été documenté par plusieurs travaux (Ibara et al., 2017). Dans ce contexte, ces populations sont aussi exposées aux indésirables des plantes médicinales. Dans leur mode de préparation, les tradipraticiens utilisent la plupart du temps une combinaison d'au moins deux plantes dans le but d'augmenter l'efficacité thérapeutique avec des concentrations plus faibles, d'atténuer certains effets indésirables. La thérapie combinée, bien que fréquemment utilisée, peut également être dangereuse lorsque l'interaction est antagoniste, car elle peut entraîner une toxicité plus élevée (Mmbulaheni et al., 2019). C'est pourquoi, cette étude a été entreprise afin d'évaluer la toxicité in vivo d'une combinaison de plantes faite des feuilles de *Eriosima erici* (Fabaceae) et *Neoboutonia melleri* (Euphorbiaceae), deux plantes médicinales congolaises utilisées comme purgatives, vermifuge, antipaludique ; mais aussi dans le traitement des douleurs abdominales et des maux d'estomac.

I.1. Objectif général

Evaluer la toxicité in vivo des feuilles de *Eriosima erica* (Fabaceae) et *Neoboutonia melleri* (Euphorbiaceae)

I.2. Objectifs spécifiques

Spécifiquement il s'agit de :

- Evaluer la toxicité aiguë in vivo des extraits aqueux et hydro éthanolique des feuilles de *Eriosima erici* et de *Neoboutonia melleri*
- Evaluer la toxicité subaiguë in vivo des extraits aqueux et hydro éthanolique des feuilles de *Eriosema erici* et de *Neoboutonia mulleri*

I.3. Hypothèse

Les extraits aqueux et l'hydroéthanolique de la recette en administration unique ou répétée ne sont pas toxiques

II. Matériel et méthodes

Ces travaux ont menés dans le Laboratoire de Pharmacodynamie et de Physiopathologie Expérimentales de la Faculté des sciences et Techniques (Université Marien Ngouabi) pour le traitement des animaux et dans le Laboratoire de Biochimie et Pharmacologie, Faculté des Sciences de la Santé (Université Marien Ngouabi) pour l'analyse des paramètres biochimiques et hématologiques.

II.1. Matériel végétal et préparation des extraits

Le matériel végétal était des feuilles de *Eriosema erici* et de *Neoboutonia mülleri* récoltées à Mossendjo dans le Département du Niari (République du Congo) en septembre 2020. L'identification a été faite à l'herbier national où les échantillons de plantes ont été comparés aux échantillons de référence de l'herbier numéro 5640 et 1900 respectivement pour *E. erici* et *N. melleri*. Ensuite, ces feuilles ont été pulvérisées séparément à l'aide d'un mortier. L'extrait aqueux de la recette a été préparé par décoction. 12,5 g de poudre d'*Eriosema erici* et 12,5 g de poudre de *Neoboutonia melleri* ont été mélangés avec 500 ml d'eau distillée dans un ballon chauffant et bouillis pendant 15 minutes. Après filtration, le décocté a été concentré à une température de 55°C à l'aide d'un évaporateur (Thermosi SR 1000). L'extrait hydroéthanolique de la recette a été préparé par macération. 12,5 g de poudre d'*Eriosema erici* et 12,5 g de poudre de *Neoboutonia Melleri* ont été mélangés avec 500 ml de solution hydroéthanolique à 50 %. Le mélange est laissé macérer sous agitateur magnétique pendant 48 heures. Après filtration, la macération hydroéthanolique a été évaporée. Les extraits aqueux et hydroéthanoliques de la recette obtenue ont été conservés pour évaluer la toxicité aiguë et subaiguë.

II.2. Matériel animal

Le matériel animal était constitué des rats Wistar mâles de poids corporels compris entre 100 et 150 g et des souris albinos Swiss femelles de poids corporels compris entre 25 et 30 g. Tous ces animaux âgés de trois mois nous ont été fournis par l'animalerie de la Faculté des Sciences et Techniques de Université Marien NGOUABI. Ils ont été maintenus dans les conditions standards et soumis à un rythme d'éclairage nocturne-diurne (12 heures d'éclairage, 12 heures d'obscurité), à la température ambiante de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ avec accès libre à la nourriture et à l'eau du robinet.

II.3. Méthodes

II.3.1. Evaluation de la toxicité aiguë des extraits de la recette chez la souris

La toxicité aiguë a été évaluée selon la ligne directrice n° 425 de l'OCDE 2022. Pour cela, trois lots de trois (3) souris chacun, mis à jeun (24 h avant) ont été constitués et traités avec les différentes doses de l'eau distillée àrai (5 mL/Kg, témoin négatif), de l'extrait aqueux (5000 mg/kg) et de l'extrait hydroéthanolique (5000 mg/kg). Après administration, les animaux ont été placés dans des cages pour observations macroscopiques. Ces observations ont porté sur l'état et le comportement général (agressivité, mobilité, vocalisation, état des selles, convulsions, formes, piloerection....) de chaque animal durant cinq heures. La mortalité a été évaluée sur une période de 48 h et l'évolution pondérale a été notée tous les 2 jours pendant 14 jours (Elion Itou et al., 2023).

II.3.2. Evaluation de la toxicité subaiguë des extraits de la recette chez le rat

L'étude de toxicité subaiguë a été réalisée suivant la ligne directrice n° 407 de l'OCDE 2008. A cet effet, 5 lots de 5 rats ont été constitués. Avant le traitement, le sang des animaux des différents lots a été

prélevé au niveau de la veine retro-orbitale pour le dosage des paramètres hématologiques et biochimiques. Après cela, les animaux ont été traités par voie orale chaque matin durant 28 jours comme avec de l'eau distillée (5 mL/kg) ; l'extrait aqueux (600 mg/kg) et l'extrait hydroéthanolique (600 mg/kg). Chaque lot des extraits utilisés a été doublé afin de constituer un lot supplémentaire. 28 jours après traitement, les animaux des différents lots (sauf les lots supplémentaires) ont été anesthésiés à l'éther diéthylique et leur sang a été prélevé au niveau de la veine retro orbitale comme précédemment pour les analyses. Ensuite, ils ont été sacrifiés après anesthésie à l'éther diéthylique. Le cœur, le foie, la rate et les reins ont été prélevés pour des observations macroscopiques (couleur et forme) et l'évaluation pondérale. En fin, pour voir la persistance ou la réversibilité des effets toxiques, les animaux des lots supplémentaires, 3 et 5 respectivement pour l'extrait aqueux et hydroéthanolique ont été observés 14 jours après arrêt du traitement. Les mêmes analyses ont été faites après ces 14 jours d'observation.

▪ Analyses biochimique et hématologique

Les prélèvements sanguins ont été réalisés par la ponction au niveau du sinus retro orbital des rats préalablement anesthésiés par l'éther diéthylique. L'échantillon du sang est récupéré dans deux tubes. Le premier tube contenant l'EDTA a servi pour les analyses hématologiques en utilisant un automate de type Yumizen H550. Ces analyses ont porté sur le nombre des globules rouges, des globules blancs, des plaquettes...). Le deuxième tube, sec a été centrifugé à l'aide d'une centrifugeuse de marque (TD4A-WS DEESK) à 3000 tours pendant 15 minutes. Le sérum obtenu est conservé à -20°C pour les analyses des paramètres biochimiques (Aspartate amino-transférase ; lanine-amino-transférase; bilirubine directe; bilirubine totale ;Trigl: triglycéride ; cholestérol total ; lipoprotéine de haute densité;lipoprotéine de basse densité , Créatinine...). Les mesures sont effectuées à une longueur d'onde caractéristique pour chaque paramètre. Le dosage des paramètres analysés est accompli par des kits spéciaux prêts à l'emploi en utilisant un spectrophotomètre de type Sinothinker.

II.3.3. Analyse statistique

Le logiciel Excel 2016 a permis de traiter les données. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm erreur standard (Moyenne \pm ESM). Les résultats des différents tests sont analysés par le test-*t* de Student au seuil de 0.05 ($p < 0.05$).

III. Résultats

III.1. Toxicité aiguë

Les résultats (figure 1) montrent qu'aucun changement de l'état et du comportement général des souris n'a été observé dans les groupes de souris traités avec l'extrait aqueux de la recette à la dose de 5000 mg/kg. Cependant, une modification de la mobilité et une polyurie ont été observées chez les animaux traités à l'extrait hydroéthanolique comparée aux animaux témoins traités à l'eau distillée. Aussi, Aucune

mortalité n'a été enregistrée pendant la durée de l'expérience. Par ailleurs, on note une diminution significative du poids relatif ($p < 0.05$) des souris traitées avec l'extrait l'hydroéthanolique aux jours 2 comparé aux souris témoins avec des valeurs respectives de 107.37g et 124.99 g (figure 1). Par contre, aucune différence significative de poids ($p > 0.05$) n'a été observée pour des souris traitées avec l'extrait aqueux pendant les 14 jours comparés au témoin.

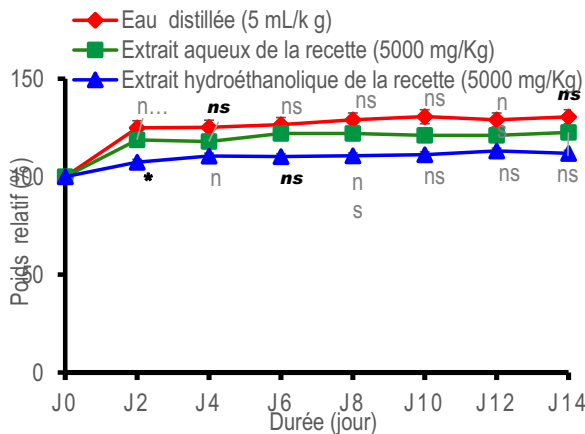


Figure 1 : Effet des extraits aqueux et l'hydroethanolique sur l'évolution de poids relatif chez les souris swiss.

III.2. Toxicité subaiguë

28 jours de traitement, les deux extraits utilisés à l'unique dose de 600 mg/kg ont été bien tolérés, aucune mortalité n'a été enregistrée. Concernent le poids des organes nobles (tableau 1), les résultats montrent qu'après 28 jours de traitement, l'extrait aqueux de la recette à la dose de 600 mg/kg provoque une augmentation significative ($p < 0.05$) du poids du foie des rats comparés aux rats témoins. 14 jours après arrêt du traitement, on remarque une persistance de l'augmentation du foie ($p < 0.05$) auquel s'ajoute une augmentation significative de la rate ($p < 0.01$) comparé au témoin. S'agissant de l'extrait hydroéthanolique, on remarque également une augmentation significative ($p < 0.01$) du foie après 28 de traitement comparé au animaux témoin. Néanmoins, deux semaines après arrêt du traitement, aucune modification des organes analysés (foie, rate, cœur et reins) n'a été observée en comparaison au lot témoin. Aussi, les observations macroscopiques ont montré aucune variation de texture et de coloration des organes des animaux traités comparées au groupe contrôle. Concernent l'effet des extraits aqueux et hydroéthanolique de la recette sur les paramètres hématologiques (tableau 2) des rats les résultats obtenus montre qu'après 28 jours de traitement, on remarque une augmentation significative ($p < 0.001$) du VGM pour les rats traités aux extraits aqueux et hydroéthanolique de comparée à J0, avec des valeurs respectives de 49.49 ± 0.6 et $50.17 \pm 0.25 \mu\text{m}^3$. A cela s'ajoute une augmentation du nombre des globules blancs ($p < 0.01$) pour les deux extraits de la recette comparé à J0. Quatorze (14) Jours après arrêt du

traitement, on note une persistance de l'augmentation du VGM ($p < 0.001$) pour les deux extraits de la recette. Concernant l'effet des extraits aqueux et hydroéthanolique sur les paramètres biochimiques des rats (tableau 3), les résultats obtenus montrent que les biomarqueurs hépatiques, transaminases (ASAT et ALAT) ont augmenté de manière significative ($p < 0,01$) pour l'extrait hydroéthanolique après 28 jours de traitement. Après 14 jours d'arrêt du traitement, on note une réversibilité de la concentration en transaminases. Aussi, l'extrait aqueux de la recette a montré une augmentation significative ($p < 0.05$) d'ALAT durant les 28 jours de traitement avec persistance 14 jours après arrêt de traitement comparé au jour initial. S'agissant du bilan lipidique (tableau 3), l'extrait aqueux de la recette à la dose de 600 mg/kg n'a montré aucune modification des paramètres lipidiques comparé au jour initial (J0). Par contre, l'extrait hydroéthanolique en comparaison au jour initial a montré une augmentation significative des triglycérides ($p < 0.05$) et de HDL ($p < 0.01$) durant les 28 jours de traitement avec une réversibilité d'effet 14 jours après arrêt du traitement. Concernant les paramètres myocardiques (CK-MB, LDH et Trp Ic), aucune différence significative ($p > 0.05$) n'a été observée durant 28 jours de traitement puis 14 jours après arrêt de traitement pour les deux extraits comparé au jour initial (tableau 4). L'évaluation des biomarqueurs rénaux a montré quelques modifications (tableau 4). Pour l'extrait aqueux à la dose de 600 mg/ kg, on note une augmentation de la concentration en protéine ($p < 0.01$) 28 jours après traitement comparé à J0 avec une réversibilité de cet effet. Par ailleurs, le traitement avec l'extrait hydroéthanolique pendant 28 jours a provoqué une diminution significative de la concentration en acide urique ($p < 0.01$) et en urée ($p < 0.001$) par rapport au jour initial (J0) avec une réversibilité d'effet après du traitement.

Tableau 1 : Effet des extraits aqueux et l'hydroéthanolique sur le poids des organes nobles des différents groupes de rats

| Organes | Traitement de quatre (04) semaines | | | Deux (02) semaines après Traitement | | |
|---------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Eau distillée (5mL/Kg) | EA (600 mg/Kg) | EHE (600 mg/Kg) | EA (600 mg/Kg) | EHE (600 mg/Kg) | EHE (600 mg/Kg) |
| Coeur | 0.78±0.026 | 0.807±0.052 ^{ns} | 0.808±0.043 ^{ns} | 0.8005±0.044 ^{ns} | 0.832±0.041 ^{ns} | 0.832±0.041 ^{ns} |
| Foie | 5.67±0.132 | 6.07±0.099 [*] | 6.03±0.017 [*] | 6.4±0.001 [*] | 5.75±0.056 ^{ns} | 5.75±0.056 ^{ns} |
| Rate | 0.584±0.013 | 0.615±0.037 ^{ns} | 0.577±0.013 ^{ns} | 0.695±0.002 ^{**} | 0.554±0.022 ^{ns} | 0.554±0.022 ^{ns} |
| Rein D | 0.545±0.094 | 0.595±0.044 ^{ns} | 0.551±0.005 ^{ns} | 0.575±0.009 ^{ns} | 0.563±0.039 ^{ns} | 0.563±0.039 ^{ns} |
| Rein G | 0.339±0.022 | 0.385±0.022 ^{ns} | 0.390±0.045 ^{ns} | 0.342±0.019 ^{ns} | 0.324±0.011 ^{ns} | 0.324±0.011 ^{ns} |

Les résultats sont exprimés en moyen ± erreur standard (ESM), avec n=5 par lot. ns: différence non significative; *p <0.05; **p <0.01 différence significative comparé au contrôle (eau distillée)

| Paramètres | Traitement | | | | | |
|---------------------------|----------------|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | ED (5mL/kg) | | EA recette (600 mg/Kg) | | EHE recette (600 mg/Kg) | |
| | J28 | J0 | J28 | J14 | J0 | J14 |
| GR (10 ⁶ /µL) | 8.74 ± 0.16 | 8.09±0.25 | 8.31 ± 0.24 ^{ns} | 7.89 ±0.30 ^{ns} | 7.26±0.02 ^{ns} | 8.34 ± 0.23 ^{ns} |
| Hb (g/dL) | 15.23 ± 0.23 | 15.06±0.77 | 14.70 ± 0.42 ^{ns} | 14.35±0.46 ^{ns} | 14.1±0.76 ^{ns} | 14.93 ±0.47 ^{ns} |
| Ht (%) | 40.06 ± 0.84 | 40.05 ± 0.79 | 39.06 ±0.45 ^{ns} | 41.40± 0.74 ^{ns} | 40.11± 0.74 ^{ns} | 14.76 ± 0.37 ^{ns} |
| VGM (µm ³) | 46.13±0.39 | 48.5-±0.78 | 46.98 ± 0.46 ^{ns} | 49.49±0.6 ^{**} | 50.16±0.34 ^{**} | 41.37±0.6 ^{ns} |
| Plq (10 ³ /µL) | 1036.27 ± 7.38 | 931.53± 5.93 | 987.76±19.9 ^{ns} | 998.30±18.69 ^{ns} | 974.59± 6.55 ^{ns} | 47.30 ± 0.36 ^{ns} |
| GB (10 ³ /µL) | 7.06 ± 0.01 | 7.13± 1.11 | 7.80± 0.67 ^{ns} | 9.71±0.45 ^{**} | 7.98±0.08 ^{ns} | 51.63± 0.08 ^{**} |
| | | | | | | 1098.02±54.7 ^{ns} |
| | | | | | | 7.54± 1.11 ^{ns} |
| | | | | | | 9.44±0.64 ^{**} |
| | | | | | | 8.01±0.11 ^{ns} |

Tableau 3 : Effet des extraits aqueux et l'hydroéthanolique de la recette sur les biomarqueurs hépatiques et lipidiques des différents groupes de rats.

| Organe | Paramètres | Traitement | | | | | | | | | |
|---------|----------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--|---------------------------|---------------------------|--|--|
| | | Traitement de 28 jours (quatre semaines) | | | | | 14 jours après traitement (deux semaines de repos) | | | | |
| | | ED (5mL/kg) | | EA (600 mg/Kg) | | EHE (600 mg/Kg) | EA (600 mg/Kg) | | EHE (600 mg/Kg) | | |
| | | J0 | J28 | J0 | J28 | J0 | J28 | J14 | J14 | | |
| Foie | Glycémie (g/L) | 1.15±0.13 | 0.98±0.09 ^{ns} | 1.00±0.34 ^{ns} | 0.91±0.01 ^{ns} | 0.98 ±0.01 ^{ns} | 0.91 ±0.04 ^{ns} | 0.90 ±0.02 ^{ns} | 0.89 ±0.03 ^{ns} | | |
| | ASAT (U/L) | 66.81±0.452 | 66.74±0.343 ^{ns} | 66.6±0.802 ^{ns} | 65.91±0.180 ^{ns} | 65.87±0.235 ^{ns} | 67.46±0.272 ^{**} | 64.33±0.257 ^{ns} | 65.80±0.785 ^{ns} | | |
| | ALAT (U/L) | 39.33±0.421 | 39.86±0.326 ^{ns} | 39.25±0.403 ^{ns} | 41.91±0.682 [*] | 39.10±0.318 ^{ns} | 41.66±0.954 [*] | 42.62±0.554 [*] | 38.96±0.170 ^{ns} | | |
| | BD (mg/mL) | 0.81±0.025 | 0.79±0.014 ^{ns} | 0.81±0.197 ^{ns} | 0.80±0.028 ^{ns} | 0.83±0.048 ^{ns} | 0.80±0.072 ^{ns} | 0.81±0.003 ^{ns} | 0.82±0.082 ^{ns} | | |
| | BT (mg/mL) | 0.55±0.030 | 0.56±0.010 ^{ns} | 0.55±0.059 ^{ns} | 0.56±0.053 ^{ns} | 0.56±0.015 ^{ns} | 0.57±0.007 ^{ns} | 0.56±0.022 ^{ns} | 0.56±0.006 ^{ns} | | |
| Lipides | Trigl (g/L) | 1.02±0.102 | 1.14±0.03 ^{ns} | 0.89±0.021 ^{ns} | 1.06±0.119 ^{ns} | 1.16±0.057 ^{ns} | 1.71±0.184 [*] | 1.17±0.038 ^{ns} | 0.985±0.030 ^{ns} | | |
| | CT (g/L) | 1.43±0.006 | 1.09±0.082 ^{ns} | 1.03±0.238 ^{ns} | 1.05±0.006 ^{ns} | 1.05±0.069 ^{ns} | 1.00±0.028 ^{ns} | 1.00±0.038 ^{ns} | 1.03±0.076 ^{ns} | | |
| | HDL (g/L) | 1.05 ±0.070 | 1.07±0.069 ^{ns} | 0.93±0.022 ^{ns} | 0.91±0.039 ^{ns} | 0.92±0.012 ^{ns} | 1.06±0.014 ^{**} | 0.89±0.001 ^{ns} | 0.93±0.043 ^{ns} | | |
| | LDL (g/L) | 0.32±0.032 | 0.32±0.026 ^{ns} | 0.32±0.045 ^{ns} | 0.33±0.062 ^{ns} | 0.34±0.060 ^{ns} | 0.31±0.098 ^{ns} | 0.31±0.016 ^{ns} | 0.35±0.014 ^{ns} | | |

Les résultats sont exprimés en moyen ± erreur standard (ESM), avec n=5 par lot. ns: différence non significative; *p <0.05; **p <0.01 différence significative comparé à J0. ED : eau distillée ; EA : extrait aqueux ; EHE : extrait hydroéthanolique ; ASAT: aspartate amino-transférase; ALAT : alanine-amino-transférase ;

BD : bilirubine directe; BT : bilirubine totale ; Trigl: triglycéride ; CT : cholestérol total ; HDL_c: lipoprotéine de haute densité; LDL_c: lipoprotéine de basse densité ;

Tableau 4 : Effet des extraits aqueux et l'hydroéthanolique sur les biomarqueurs myocardiques et rénaux des différents groupes de rats.

| Organes | Paramètres | Traitement | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|--|
| | | Traitement de quatre (04) semaines | | | | | Deux (02) semaines après Traitement | | | | |
| | | ED (5mL/Kg) | | EA (600 mg/Kg) | | EHE (600 mg/Kg) | EA(600 mg/Kg) | | EHE (600 mg/Kg) | | |
| J0 | J28 | J0 | J28 | J0 | J28 | J14 | J14 | J14 | J14 | | |
| Coeur | Ck-MB (U/L) | 225.45± 5.82 | 230.56± 1.77 ^{ns} | 215.67± 1.11 ^{ns} | 212.08± 1.87 ^{ns} | 228.49± 6.65 ^{ns} | 255.63± 22.79 ^{ns} | 215.50± 4.97 ^{ns} | 243.81± 26.71 ^{ns} | | |
| | LDH (U/L) | 1382.12 ±113.98 | 1401.73±93.80 ^{ns} | 1393.58±118.38 ^{ns} | 1317.29±121.63 ^{ns} | 1370.24±143.6 ^{ns} | 1375.86±140.6 ^{ns} | 1364.84±185.6 ^{ns} | 1374.41± 63.78 ^{ns} | | |
| | Tpr Ic (ng/mL) | 0.06±0.002 | 0.071±0.002 ^{ns} | 0.071±0.012 ^{ns} | 0.076±0.029 ^{ns} | 0.06±0.004 ^{ns} | 0.061±0.006 ^{ns} | 0.075±0.01 ^{ns} | 0.062±0.004 ^{ns} | | |
| Reins | Créat (mg/L) | 7.80± 0.179 | 7.72±0.099 ^{ns} | 8.23±0.170 ^{ns} | 7.80±0.795 ^{ns} | 7.76±0.177 ^{ns} | 8.22±0.187 ^{ns} | 8.14±0.418 ^{ns} | 7.50±0.404 ^{ns} | | |
| | A urique (mg/L) | 37.38±2.574 | 38.06±0.179 ^{ns} | 36.48±3.235 ^{ns} | 38.02±0.321 ^{ns} | 38.56±0.611 ^{ns} | 32.29±0.596 ^{**} | 37.12±2.429 ^{ns} | 37.6±0.564 ^{ns} | | |
| | Urée (mg/L) | 0.39±0.060 | 0.40±0.007 ^{ns} | 0.41±0.041 ^{ns} | 0.43±0.016 ^{ns} | 0.41±0.049 ^{ns} | 0.355±0.009 ^{**} | 0.39±0.024 ^{ns} | 0.38±0.041 ^{ns} | | |
| | Albumine (g/L) | 40.42±0.149 | 40.87±0.596 ^{ns} | 38.99±0.140 ^{ns} | 39.52±0.218 ^{ns} | 40.10±0.492 ^{ns} | 40.97±0.707 ^{ns} | 38.54±0.813 ^{ns} | 41.77±0.944 ^{ns} | | |
| | Protéine (g/L) | 56.07±0.181 | 57.69±0.901 ^{ns} | 56.41±0.231 ^{ns} | 61.52±0.210 ^{**} | 59.69±0.992 ^{ns} | 59.78±0.877 ^{ns} | 57.65±0.711 ^{ns} | 59.80±0.158 ^{ns} | | |

IV. Discussion

Ce travail a été mené pour évaluer les toxicités aiguë et subaiguë des extraits aqueux et hydroéthanolique des feuilles de *Eriosema erici* et *Neoboutonia melleri*. Il apparait que l'extrait hydroéthanolique administrée en aigu à la dose unique de 5000 mg/Kg cause une diminution de la mobilité et une polyurie chez les souris durant la première heure suivant l'administration comparé au contrôle (l'eau distillée). Cela supposerait un effet sédatif et diurétique de cet extrait à forte dose. Aussi, aucune mortalité n'a été enregistrée durant les 14 jours d'expérimentation. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les composés contenus dans cet organe de la plante ne seraient pas toxiques par voie orale ou l'association de ces deux plantes atténuerait l'effet toxique. Par conséquent, la dose létale 50 (DL50) est estimée supérieur à 5000 mg/Kg et selon le système de classification globalement harmonisé (GHS), ces extraits sont classés dans la catégorie 5 et considérés comme des substances non toxiques par voie orale (Unies, 2011). Par ailleurs, l'analyse de l'évolution pondérale en essais aigu a montré une diminution non significative du poids corporel des animaux traités avec l'extrait aqueux et une diminution significative ($P < 0.05$) à J2 pour l'extrait hydroéthanolique comparée au témoin. Le changement du poids corporel est utilisé comme un indicateur des effets indésirables des composés chimiques (Hilaly et al., 2004). Les résultats observés pourraient s'expliquer par une baisse de la consommation alimentaire due à l'effet anorexique probablement exercé par l'extrait aqueux. Des résultats similaires sont obtenus par Etamé et al., (2018) qui ont travaillé sur l'étude de la toxicité aiguë et subaiguë de l'extrait au vin de palme des rhizomes de *Curcuma longa*. L'usage en aigu des plantes médicinales est une pratique plutôt rare en médecine traditionnelle, les traitements prennent généralement plusieurs jours, c'est ainsi que l'évaluation des effets de ces deux extraits liés à un usage répété de plantes médicinales s'avère judicieuse. En effet, le traitement en subaigu des rats pendant 28 jours (4 semaines) avec les deux extraits à une dose de 600 mg/kg a montré une augmentation significative du poids du foie avec persistance 14 jours après arrêt du traitement pour l'extrait aqueux. L'augmentation remarquable du foie peut être attribuée à l'augmentation de la circulation en raison des demandes accrues pour la détoxification des composés, ou à une inflammation du foie occasionnée par des lésions tissulaires hépatiques qui s'expliqueraient par la fuite des enzymes du tissu vers le plasma provoquée par l'altération de la perméabilité membranaire (Layachi et Kechrid., 2012). Quand la cellule du foie est endommagée par des substances hépatotoxiques, on remarque une diminution ou une augmentation des enzymes comme les transaminases (ASAT et ALAT). Par ailleurs, nous avons noté dans cette étude une augmentation du volume de la rate avec l'extrait hydroéthanolique 14 jours après arrêt du traitement. Cette augmentation pourrait s'expliquer par une apparition tardive des signes de toxicité ; mais aussi par un effet immunomodulateur de cet extrait sur le système immunitaire de l'organisme du fait que la rate est un organe du système immunitaire impliqué dans la maturation des cellules qui luttent contre les infections (Leuenberger et Sartori, 2010). Cette

observation pourrait être confirmée par les variations des paramètres hématologiques observées ; car il est important de savoir que la rate, et la moelle osseuse sont des organes érythropoïétiques qui sont souvent la cible des médicaments (Oluwafemi et al., 2014), surtout dans l'os et la moelle où la production de globule rouge a lieu (Adeneye et al., 2006). En effet, l'administration journalière des extraits de la recette durant 4 semaines révèle une augmentation considérablement ($p < 0,01$) du VGM et des globules blancs comparé aux témoins. Une hausse des globules blancs suggère un effet immunostimulateur de ces extraits (Abdallah et al. 2017). Le taux élevé du VGM pourrait être expliqué par une action des deux extraits sur la lignée érythrocytaire. Les résultats similaires ont été obtenus par Kouadio et al., (2022) qui ont travaillé sur l'effet des extraits des feuilles de *Ficus sycomorus* sur les paramètres hématologiques et biochimiques des rats Wistar. En outre, dans cette étude nous n'avons pas noté une augmentation significative du volume du cœur et des reins. Néanmoins, l'absence totale de toxicité ne peut pas se justifier par une variation du volume de l'organe car les manifestations peuvent se limiter au niveau moléculaire avant d'atteindre les tissus entiers et les organes (Koné et al., 2009). Malgré cela, il ressort de cette étude aucune modification significative des marqueurs myocardiques (LDH, Ck MB, Troponine C) pour les deux extraits comparé au jour initial. Cela supposerait que ces deux extraits ne causeraient pas des troubles myocardiques. Par contre, les paramètres rénaux ont montré une diminution de l'acide urique et de l'urée pour l'extrait hydroéthanolique. L'urée est la principale forme d'élimination des déchets azotés à partir des protéines et des acides aminés. Ces résultats suggèrent que l'extrait hydroéthanolique ne perturberait pas les acides nucléiques (ADN et ARN) et les protéines en causant leur catabolisme. Ce constat est important pour la protection de la fonction rénale car il est connu qu'une diminution d'au moins 50 % de la filtration glomérulaire peut entraîner une hypercréatinémie (Adler et al., 2003). Le bilan lipidique est un examen sanguin qui cible les composés lipidiques du sang : le cholestérol, les triglycérides, LDL et HDL. Dans cette étude, aucune modification de ces paramètres n'a été observée avec l'extrait aqueux comparée au jour initial. Toutefois, une augmentation non significative ($p > 0,05$) des HDL et significative ($p < 0,05$) des triglycérides par rapport au jour initial ont été observées avec l'extrait hydroéthanolique de la recette. L'augmentation du taux du HDL est un facteur de protection du muscle cardiaque de par son effet bénéfique contre les complications cardiovasculaires notamment l'athérosclérose. Cela suggère que cet extrait pourrait donc prévenir les complications cardiovasculaires (Djyh et al., 2020). Les résultats semblables ont été obtenus par Amadi et al., (2019) sur l'effet biochimique de *piper Guineense* chez les femelles diabétiques.

Conclusion

L'étude de la toxicité aiguë des extraits aqueux et hydroéthanolique des feuilles de *E. erici* et *N. mülleri* à 5000 mg/kg a permis d'affirmer que ces extraits ne sont pas toxiques avec une DL50 supérieure à 5000 mg/kg. Cependant, administré en subaiguë durant 4 semaines par voie orale à la dose de 600 mg/kg, les

deux extraits augmentent le poids des organes (foie et rate) avec une réversibilité deux semaines après arrêt du traitement pour l'extrait hydroéthanolique. Dans les perspectives de recherche, il est souhaitable que des études phytochimiques pour mettre en évidence la relation structure chimique-activité biologique ; mais aussi pharmacologiques avec des doses thérapeutiques choisies pour justifier son utilisation traditionnelle. Malgré leur bonne marge de sécurité dans le milieu traditionnel, la recette devrait être prise avec précaution chez des personnes présentant des troubles hépatiques.

Références bibliographiques

Abdallah OAM, Khaled MMF, Ayman SF, Maged IM, Ali M. (2017). Immunostimulant effects of *Moringa Oleifera* extract on cyclophosphamide induced immunosuppression in rats. *Benha Veterinary Medical Journal*, 32(2): 147-150.

Adeneye A.A, Ajagbonna, O.P. (2006). Preliminary toxicity and phytochemical studies of the stem bark of aqueous extract of *Musanga cecropioides* in rats. *J. Ethnopharmacol.* 105, 374-379.

Anywar G., E. Kakudidi , R. Byamukama , J. Mukonzo , A. Schubert , H. Oryem-Origa and C. Jassoy (2021). A Review of the Toxicity and Phytochemistry of Medicinal Plant Species Used by Herbalists in Treating People Living With HIV/AIDS in Uganda. *Front. Pharmacol.* 12:615147. doi: 10.3389/fphar.615147

Ayuba V, Ansari RA, Ogbonnaya E, Rabiou KM, Omolabake OO, et al. (2021) Toxicological Evaluation of Selected Medicinal Plants on Hepatic and Renal Functions. *Int J Biopro Biotechnol Advance*, 7(3): 343-347.

Djyh BN, Tra BIO, Oungbé MD, Gnahoué GL, Kra AKM, D'almeida MAK, Djaman AJ. (2020). Effects of Repeated Administration of Extracts from *Arachis hypogaea* Hulls on Blood Parameters and Histological Organization of Heart, Liver and Kidneys of Rats *International Journal of Biochemistry Research & Review*, 29(1): 20-33.

Elion Itou RDG, Etou Ossibi AW, Boukongo R.P, Mambeke H.M, ,Morabandza C. J. and Abena AA (2023). Acute toxicity and laxative effect of the aqueous extract of the leaves *Crossopteryx febrifuga* (Benth) in rats. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 17 (1) : pp 10-16

Etamé-Loe G, Dibong SD, Yinyang J, Elimbi M, Ngoule CC, Kidik PC, Ngene JP, Tankeu SE, Okalla EC, Ngaba GP, Nda MJP, Nnanga NE. (2018). Étude de la toxicité aiguë et subaiguë de l'extrait au vin de palme des rhizomes de *Curcuma longa* Linn. *J Appl Biosci.*;132(1):13452-13460.

Hilaly, J.E., Israili, Z.H., Lyouss, B., (2004). Acute and chronic toxicological studies of *Ajuva Iva* in experimental animals. *Journal of Ethnopharmacology* 91 : 43–50.

Ibara J.R, Elion Itou RDG, Etou Ossibi A, Ouamba JM, Diatewa M, Abena AA (2007). Enquête ethnobotanique à propos de plantes médicinales Congolaise présumées antiulcéreuses. *Phytothérapie*; 5: 118-120

Jităreanu Alexandra, Adriana Trifan, Mădălina Vieriu, Ioana-Cezara Caba, Ioana Mărtu, and Luminita Agoroaei (2023). Current Trends in Toxicity Assessment of Herbal Medicines: A Narrative Review. *Processes*, 11, 83. <https://doi.org/10.3390/pr11010083>

- Koné M, Bléyééré NM, Yapo AP, Vangah MO, Ehilé EE. (2009).** Evaluation de la toxicité d'un extrait aqueux de *Sacoglottis gabonensis* (Baille) Urban (Humiriaceae) chez les rongeurs, une plante utilisée dans le traitement de l'ulcère de Buruli en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 3(6): 1286-1296.
- Kouadio A.L., Gnahoue., Kple M.K.T., Abizi G., Kone S.D., Kra MKA. (2022).** Effet des extraits des feuilles de *Ficus sycomorus* sur les paramètres hématologiques et biochimiques des rats Wistar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16(2): 680-69
- Layachi N. et Kechrid Z. (2012).** Combined protective effect of vitamins C and E on cadmium induced oxidative liver injury in rats. *African Journal of Biotechnology*, 11(93): 16013-16020
- Leuenberger M., Sartori C. (2010).** La rate: entre mystère et découvertes. 6 : 2080-5.
- Mmbulaheni Ramulondi , Helene de Wet , Sandy van Vuuren (2019).** Toxicology of medicinal plants and combinations used in rural northern KwaZulu-Natal (South Africa) for the treatment of hypertension. *Journal of Herbal Medicine*, 16 : 100251p
- Nations Unies (2011).** Système Général Harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH). 4^{ème} Edition. Annabel MAISON. Nation Unies, New York et Genève.
- OCDE. (2008).** Test No. 407: Repeated Dose 28-day Oral Toxicity Study in Rodents. Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing.
- OCDE. (2022).** Ligne directrice de l'OCDE pour les essais de produits chimiques : N° 425. Toxicité aiguë par voie orale: méthode de l'ajustement des doses
- Oluwafemi AO., Basiru OA., Babatunji EO., Adebola BO. (2014).** Hematological properties of *Irvingia gabonensis* in males adult rats. *Journal of pharmaceutical and scientific innovation*, 3(5): 434-436.
- Ouahchia C., Hamida-Saida C., Hamaidi-Chergui F., Loubna M., Deradji S., Hemma R., NOUAR N. and SAIDI F. (2017).** Acute and subacute toxicity of methanolic extracts of *Inula viscosa* L. (*Dittrichia viscosa* L.), *Revue Agrobiologia*, 7(2): 562-573. .
- Rockett P. (2015).** *Ten thousand poisonous plants in the word*. Raintree.32p
- Zekkour M. (2008).** Les risques de la phytothérapie, monographies des plantes toxiques les plus usuelles au Maroc. Rabat . Thèse de doctorat de *Pharmacie*, Université MOHAMED V-SOUISSI, Faculté de Médecine et de Pharmacie.

Impact of moringa oleifera leaf powder on the reduction of moderate anemia among women of reproductive-age in Benin: a community-based study.

Flora T. F. Lalèyè*, **Nadia Fanou- Fogny**, **Polycarpe A. P. Kayodé**

*School of Human Nutrition and Food Science and Technology, Faculty of Agronomic Sciences,
University of Abomey-Calavi, Benin*

* Corresponding author: Tél : 97 39 92 75 ; 01 BP 526 Cotonou, Benin ; E-mail : laleyflora@yahoo.fr

ABSTRACT

Anemia poses a serious threat to the health of women of childbearing age as well as to that of pregnant women and adolescents. This, in turn, contributes significantly to maternal mortality and morbidity. The goal of this study was to assess the impact of Moringa oleifera leaf powder (MOLP) consumption on the prevalence of anemia in women of reproductive age. This experimental study was conducted in the municipality of Abomey-Calavi (district of Akassato) through three months. Thus, 7 g of MOLP were mixed with ready-to-eat food and administered 5 days a week to 78 mildly or moderately anemic women of childbearing age in the intervention group, while 4 to 7 mg of bioavailable iron from Lucky Iron Fish (LIF) were released daily in meals taken by 81 women of the control group with the same clinical characteristics as those of the intervention group. Hemoglobin levels were measured monthly for three months. Analysis of the data shows that MOLP consumption reduced the prevalence of global anemia from 100% to 68.3% after two months and to 62.2% after three months. By comparison, however, the prevalence of anemia fell from 100% to 74.1% after three months in the women who used LIF. These results show that MOLP makes it possible to correct anemia by increasing hemoglobin levels in women and improves their anemia status. On the other hand, the average frequency consumption of MOLP decreased during the experimentation due to the appearance of some side effect (hunger, nausea) following regular consumption. Study suggests that for better effectiveness, it would be necessary to improve its odor and the bioavailability of the iron it contains. In light of the above, the regular consumption of MOLP is recommended to people with mildly or moderate anemia.

Keywords: Bioavailability of iron, hemoglobin levels, mildly and moderately anemia, MOLP and LIF, women of childbearing age.

INTRODUCTION

Women of childbearing age are those between 15 and 49 years of age. They have a positive impact on the socio-economic development of countries through their contributions to agriculture and trade. They also play an evident role in household food and nutritional security. Indeed, women of childbearing age make business decisions, own property, decide what to feed to their children and when [1]. Moreover, there is evidence that the participation of women in the household decision-making process is associated with improved health outcomes for children under five [2]. However, women of childbearing age are the population segment with the greatest number of individuals affected by anemia. Blood loss due to

menstruation is the main factor that induces anemia for them [3]. Anemia is defined as a condition in which the hemoglobin (Hb) level is lower than normal ($Hb < 120$ g/dL), resulting in a decrease in the oxygen-carrying capacity of red blood cells to tissues [4]. Its occurrence can be severe ($Hb < 80$ g/dL), moderate ($80 < Hb < 109$ g/L) or mild ($109 < Hb < 119$ g/dL) [5]. According to the WHO (World Health Organization) estimates, the worldwide prevalence of anemia in women of reproductive age is about 29% (a total of 528.7 million women of reproductive age), with about 38% of pregnant women and about 29% of non-pregnant women [6]. These values are sufficiently high and make anemia a public health problem in the world, given the impacts of its consequences on vulnerable groups in both developed and developing countries.

In Benin, about 58% of women of childbearing age suffer from anemia, of which 26% are of the mild form, 30% of the moderate form, and 2% of the severe form [7]. The causal relationship between anemia and physical work capacity was demonstrated by Haas and Brownlie [8]. These authors have shown that anemia is associated with a decrease in work capacity (endurance, energy efficiency, voluntary activity and work productivity). It also affects cognitive function such as attention, memory, and learning on a wide range of tasks in those women [9]. On the other hand, maternal anemia is associated with complicated deliveries that include the risk of preterm delivery, stillbirth, perinatal morbidity, and low birth weight, and these, in turn, increase maternal morbidity and mortality [10, 11]. In order to combat anemia, several strategies are proposed and include iron supplementation, artificial iron fortification, biofortification, diet modification, nutrition education and antiparasitic treatment. While these strategies have helped to improve the prevalence of anemia, they remain insufficient in addressing the condition [12]. Recently, a new approach to combat iron deficiency anemia (using "Lucky Iron Fish") is the use of cast iron cookware, in the form of fish, to increase the overall iron content of foods [13]

Lucky Iron Fish (LIF) is a dietary strategy deployed as a treatment for iron deficiency anemia in people with mild to moderate iron deficiency at the community level [14]. According to Armstrong, the use of LIF results in a 43% reduction in the prevalence of anemia [14]. The efficacy of LIF in the treatment of mild to moderate iron deficiency and iron deficiency anemia has already been proven in several countries such as Guatemala and Cambodia [14]. Also, the use of LIF for 12 months in an experimental study of 169 anemic women in Cambodia resulted in a 46% reduction in the prevalence of anemia in this group [15]. However, additional research is needed regarding both the efficacy and safety of LIF-based nutritional interventions; this represents a limitation to this approach [16]. Taking these limitations into account, *Improving and Promoting the Use of Moringa oleifera Leaves (MOL) for Better Maternal and Child Nutrition in Benin (FortiMoringa for short)* is a project aiming to enhance the contribution of MOL to better nutrition of vulnerable groups of people in Benin. The project seeks scientific validation for scaling up Moringa

oleifera (MO) as a valuable local food resource as well as a source of income in order to improve maternal and early childhood nutrition and health [17].

In Benin, out of the 30,700 plant species inventoried in forest ecosystems [18] many plants were used by local populations as food plants and others as medicinal plants, including *Moringa oleifera* [18]. Several studies have shown that the leaves of MO have great nutritional value due to their high vitamin, mineral, and amino acid contents, turning it into an ideal food supplement [19,20]. Similarly, Coulibaly et al have studied the impact of *Moringa Oleifera* leaf powder (MOLP) on erythrocyte parameters in phenylhydrazine-induced anemic Wistar rats; and their results showed that MOL have excellent therapeutic efficacy, thus confirming the use of this dietary supplement in the treatment of anemia [21]. The present study aims at evaluating the impact of MOLP consumption on anemia in women of childbearing age in Akassato district, Commune of Abomey-Calavi, Republic of Benin.

MATERIAL AND METHOD

Study design

This study represents the experimental research phase of the FortiMoringa project. It is a randomized and non-blinded experimental study that took place in the Akassato district, municipality of Abomey-Calavi, where the prevalence of anemia among women of childbearing age reaches 60.2% [7], recorded to be higher than that observed nationwide. The Akassato district offers some level of control over this intervention. In fact, it is an area spared from the dense city traffic and, at the same time, it also benefits from the presence of a number of urban infrastructures (hospitals, better roads, etc). Moreover, *Moringa oleifera* plants are readily available in this district, which has contributed to the easier acceptance of MOLP as a test food. The experimental protocol was approved by the National Health Research Ethics Committee (CNER) in Benin; participants were well informed and their informed consent was obtained before the start of the study. The experiment was implemented and monitored by a team of six well-trained nutritionist assistants, under the control of two supervisors, and under the general supervision of the principal investigator.

Participants and sampling

Women aged range from 15 to 49 were the target of this study. An initial screening for anemia was done in order to recruited women with moderate and mild anemia, and those women in whom clinical examinations have diagnosed pregnancy, fever, chronic illness, and those who could not comply with the study protocol were excluded from the study. Two groups of anemic women of childbearing age were formed: one intervention group and one control group. The control group represented an intervention

group from “Lucky Iron Fish project” which, aimed to reduce the prevalence of anemia among women of reproductive age in the Commune of Adjohoun. A minimum sample size of 75 anemic women per group was estimated to be sufficient to detect a minimal change in anemia prevalence, considering a test power of 86%, a 5% significance level, and a nonresponse rate of 3%, using the G-Power 3.1.9.7 software [22].

Description of the intervention

❖ Test Feed for experimental group

The test feed used (MOLP: moringa oleifera leaf powder) comes from the experimental Moringa plantation which was set up by the *Laboratory of Genetics, Horticulture and Seed Sciences (GBioS)*, of the *Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi (FSA, UAC)*, within the framework of the FortiMoringa project. Both the MOLP and the process were developed and standardized for the FortiMoringa project at the laboratory of LABIO, at the School of Nutrition Sciences, and Food Technology (ENSTA), FSA, UAC. One tablespoon of MOLP, corresponding to 7g is consumed per day, 5 times per week for three months. The powder is mixed with a ready-to-eat food that suits the individual. All women were followed throughout the study. Follow-up is conducted at least once a week during a home visit.

❖ Control group

Lucky Iron Fish (LIF) was used by the women in the control group. This is a product promoted by the NGO *Care International Benin-Togo*, as part of community-based interventions to reduce anemia in women. LIF is used as a food ingredient in the cooking water of various foods and, when used as directed, releases 4 mg to 7 mg of bioavailable iron in each meal, according to the instructions for use described by Armstrong et al [14]. Recommendation was made to the women to use LIF in the preparation of liquid and semi-solid meals every day. On the days of use, at least one dish was supposed to be prepared with the LIF, according to the instructions mentioned in the information note used by the project for the nutritional education of women.

Experimentation plan

During the intervention phase, complete data at the end of three months were obtained from 78 women in the intervention group and 81 women in the control group (Fig. 1). The remaining data were missing due to drop-outs and absence. A parallel study design was used for this purpose. A food consumption survey and anemia screening were done after two months and then after three months of MOLP consumption and LIF use. Socio-demographic characterization of the women was done during the group interviews.

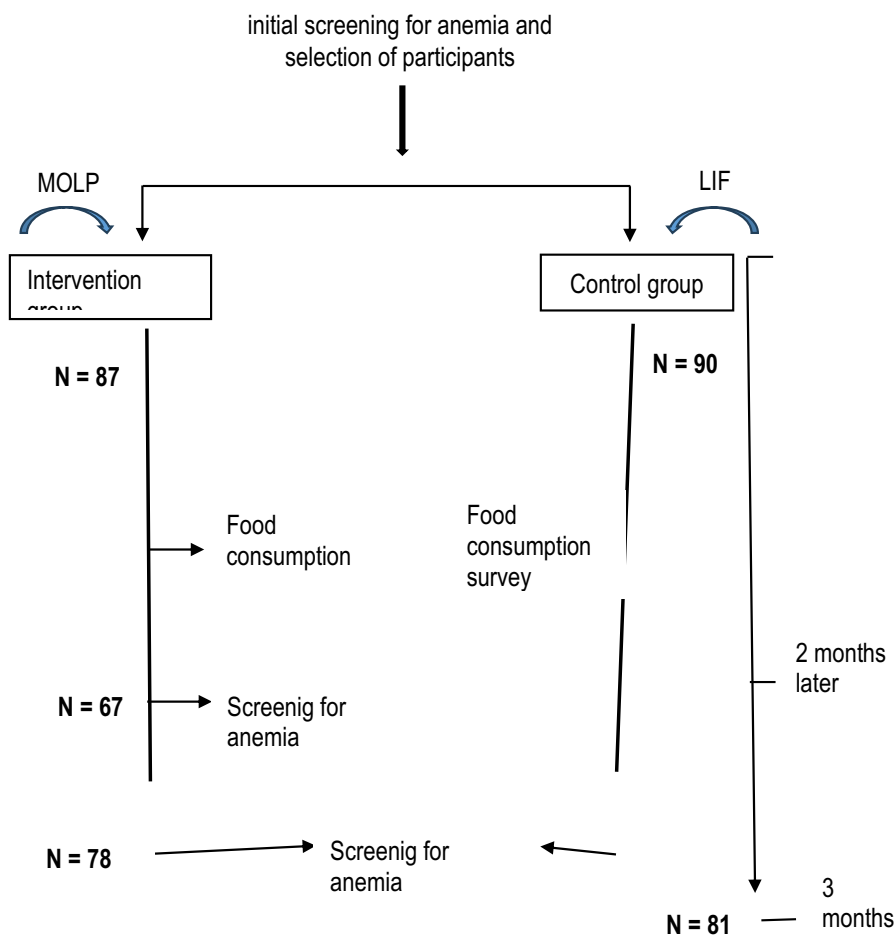


Figure 1: Study design

Evaluation of MOLP consumption on mild to moderate anemia in women

Hemoglobin test was performed following the protocol written by Gautam et al., [5]. After a finger prick, blood was collected in a micro-cuvette for on-site analysis using a battery-operated HemoCue HB 301 portable analyzer.

Statistical analysis

Data were processed with the Excel 2013 spreadsheet program. The Pearson Chi-square test was used to determine within each group the relationship between meeting iron needs and MOLP or LIF consumption. To compare the means of hemoglobin levels between the intervention and control groups, Student t test was used. Data were analyzed with SPSS software (SPSS Version, 21.0. Armonk, NY: IBM Corp). Values associated with a p-value <0.05 are significant.

RESULTS

Socio-demographics characteristics of women in the intervention group.

The socio-demographics characteristics such as main occupation, level of education, and marital status of the women who received moringa oleifera leaf powder (MOLP) are summarized in the Table1 overall, 60.92% of the women are uneducated, 2.30% have attended the higher school and more than 50% are married. As for the main occupation, some of them (32.18%) work in small businesses and handicrafts (32.34%), 14.94% are housewife, while 3.45% are farmer

Table 1: Socio-demographic characteristics of women who received MOLP (n = 87)

| Characteristics | Proportions (%) |
|--|-----------------|
| Main occupation | |
| Small business | 32.18 |
| Seamstress / Hairdresser | 32.34 |
| Housewife | 14.94 |
| Schoolgirls / hairdresser-trainee | 12.65 |
| Farmer | 3.45 |
| Other (student, Evangelist, secretary, washerwoman) | 4.60 |
| Level of education | |
| No education / Kindergarten | 60.92 |
| Primary (CI-CM2 without CEP) | 16.09 |
| Secondary (CEP / 6 ^{ème} -Tle without Baccaalaureate) | 20.69 |
| Higher education | 2.30 |
| Marital status | |
| Single / widowed / divorced or separated | 32.18 |
| Married, monogamous | 43.68 |
| Maried, polygamous | 24.14 |

Frequency consumption of MOLP

The average weekly frequency of MOLP consumption was 2.67 times per week, instead of the 5 recommended by the experimental protocol (Fig. 2). The frequency consumption decreased gradually over the weeks, from more than 4 to less than twice per week. Moreover, only 3.4% of the women remained compliant with the prescriptions related to the frequency consumption throughout the experiment.

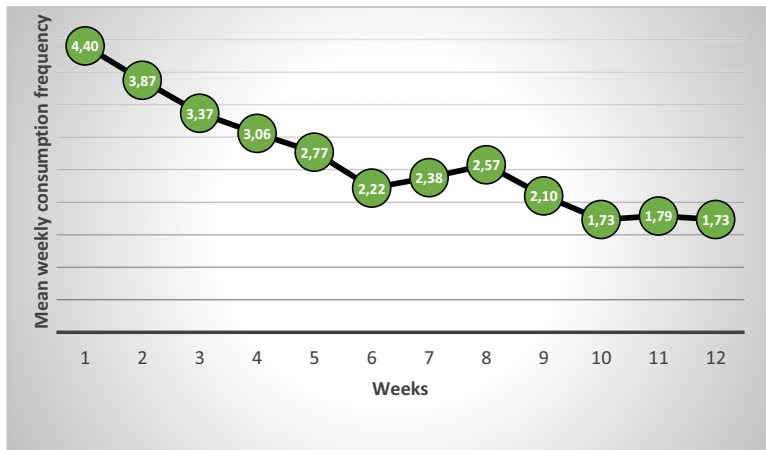


Figure 18: Weekly consumption frequency of MOLP (N = 87)

Food consumption survey

Results of the different foods consumed with MOLP are shown in Fig. 3. Women used to consume MOLP with tea, soft drink, vegetable sauce, porridge, fruits juice, tomato sauce, honey, and simple water. The most commonly food used are porridges (sorghum porridge, simple corn porridge locally known as *Wôcoco*, fermented corn porridge also known as *gbahoungba*, Akassa porridge), Only 4% of women liked to consumed the orange juice with MOLP due to its capacity to mask the odor of MOLP.

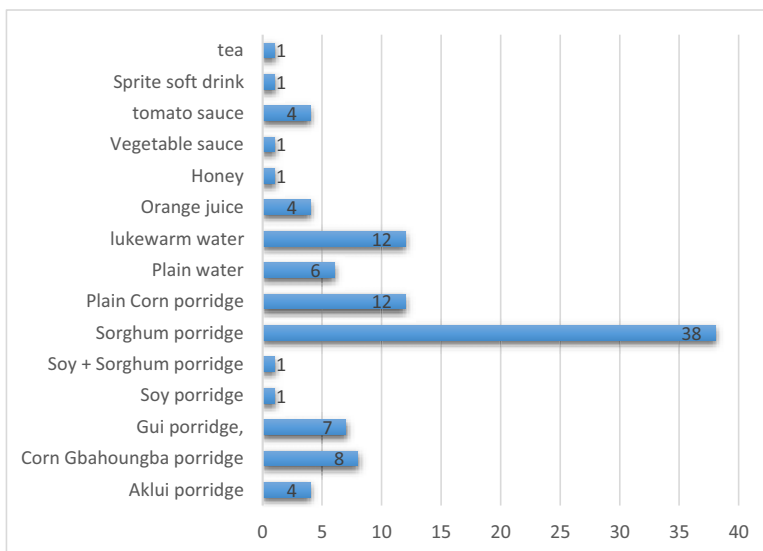


Figure 3: Different foods added to MOLP for consumption (n = 87)

Contribution of MOLP to women's dietary iron intake

MOLP consumption increased significantly the daily iron intake of women in the intervention group ($p = 0.000$), compared to the control ones (Table 2). Overall, the mean value increased from 17.21 ± 11.93 mg to 20.43 ± 11.93 mg.

Table 2: Adequacy of women's iron intake in relation to the recommended dose with or without MOLP

| | Intervention Group (N=69) | | | Control Group (N=122) | | |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| | with MOLP | without MOLP | p-value | with LIF | without LIF | p-value |
| Mean iron intake (mg/day) | 20.43 ± 11.93 | 17.21 ± 11.93 | 0.000 ^a | 23.02 ± 12.70 | 17.52 ± 12.70 | 0.000 ^a |
| [minimum - maximum] | [4.22 – 59.12] | [1.00 - 55.90] | | [7.90 – 80.90] | [2.40 – 75.40] | |
| Iron requirement coverage (%) | 52.2 | 43.5 | 0.000 ^b | 65.6 | 43.4 | 0.000 ^b |

a: p-value obtained with the student t-test at a significance level of 5%

b: p-value obtained with the Chi-square test at a significance level of 5%

MOLP: *Moringa oleifera* Leaf Powder

LIF: Lucky Iron Fish

Hemoglobin levels and prevalence of anemia

Table 3 shows the hemoglobin levels of women in the two groups (MOLP and control) at different stage of the intervention. In the MOLP group, a significant increase of hemoglobin levels was observed after two months ($p = 0.028$) and three months ($p = 0.016$) while in the control group (women who used LIF instead) the opposite was observed ($p = 0.181$). The increase average observed in the MOLP group were respectively $+ 0.52 \pm 1.22$ g/dl (after 2months), and $+ 0.49 \pm 1.48$ g/dl (after three months). On the other hand, there was no significant difference between the increase in hemoglobin levels observed in the moringa group and the LIF group ($p=0.444$). furthermore, the analysis of anemia rates showed that after three months of MOLP consumption, the prevalence of anemia decreased from 100% to 62.2% (Tab. 3) compared to 74.1% among women who used LIF for three months.

Table 3: Hemoglobin levels and prevalence of anemia in both intervention and control group at different periods

| | | Experimental Group (MOLP) | | | | | | |
|---|----------|--|------------------------------|-----------------------|---------|------------------------------|-----------------------|---------|
| | | Baseline (n = 87) | 2 months later (n = 67) | Difference | p-value | 3 months later (n = 78) | Difference | p-value |
| Hemoglobin level (g/dl) (M ± ET) [minimum - maximum] | | 10.91 ± 0.84 [8.40 - 11.9] | 11.38 ± 1.26 [7.7 - 14.4] | + 0.52 ± 1.22 g/dl | 0.028 | 11.36 ± 1.49 [6.5 - 15.2] | + 0.49 ± 1.48 | 0.016 |
| Prevalence of anemia (%) | Overall | 100 | 68.3 | 31.7 | n/a | 62.2 | 37.8 | n/a |
| | Moderate | 47 | 34.9 | 12.1 | 0.429 | 32.4 | 14.6 | 0.052 |
| | Slight | 53 | 31.7 | 21.3 | 0.109 | 28.4 | 24.6 | 0.275 |
| | | LIF Group | | | | | | |
| | | Baseline (n = 90) | 2 months later | Difference | p-value | 3 months later (n = 81) | Difference | p-value |
| Hemoglobin level (g/dl) (M ± ET) [minimum - maximum] | | 10.80 ± 0.95 [8.1 - 11.9] | - | - | - | 11.07 ± 1.4 [6.7 - 14.8] | + 0.28 ± 1.29 g/dl | 0.181 |
| Prevalence of anemia (%) | Overall | 100 | - | - | - | 74.1 | 25.9 | n/a |
| | Moderate | 50 | - | - | - | 46.9 | 3.1 | 0.077 |
| | Slight | 50 | - | - | - | 25.9 | 24.1 | 0.379 |
| | | Experimental Group (MOLP) and LIF Group | | | | | | |
| Difference between increases in hemoglobin levels | | p = 0.444 | | | | | | |

*n/a : not applicable ; MOLP : Moringa oleifera Leaf Powder ; LIF : Lucky Iron Fish

DISCUSSION

This study aimed to assess the impact of Moringa Oleifera leaf powder (MOLP) on anemic women of childbearing-aged through a community-based intervention in the Akassato district, Commune of Abomey-Calavi in the Republic of Benin. The results obtained reveal that MOLP consumption reduced the prevalence of global anemia from 100% to 68.3% after two months and to 62.2% after three months. As the results shows the effectiveness of MOLP in the fight against iron deficiency anemia, study suggest that moringa oleifera leaves can be used to combat iron deficiency anemia in women of childbearing age.

Likewise, our results were similar to those of Semado et al., [23]; Gnamlin et al., [24]; Thenmozhi et al., [25]; ARFP., [26]; Kholoud et al., [27]; Rathnayake et al., [28]; Mekonnen Daba, [29]; Aboubacar et al., [30]; Gnamlin et al., [31]; Idohou-Dossou et al., [32]; and Adegbite et al., [33] who detected a positive effect of Moringa oleifera leaf on the reduction of iron deficiency anemia. The supplements iron will not be readily available to most individuals due to the low purchasing power of rural communities; whereas the moringa tree is available and accessible to households, especially in rural areas. The results of this study and other studies [23-33] suggest the use of MOLP to develop iron-rich-food that could improve the iron status in people.

Moringa oleifera leaf powder has been found to contain most of the essential nutrients needed for good health [34-37]. The analysis of anti-anemic properties revealed that moringa oleifera leaf extract corrected phenyl hydrazine-induced anemia by correcting hemoglobin level on D7 at a dose of 300 mg extract/kg body weight/day [23]. In addition, the results of the present study are consistent with the study of Idohou-Dossou et al., [32] who found an improvement in anemia in anemic lactating women after consumption of 100 g of moringa leaf powder per week for three months [32]. Another study also showed that consumption of Moringa oleifera leaves as a dietary supplement significantly improved hemoglobin levels in anemic prenatal women [11]. In 2023, research titled "Aqueous leaf extract of Moringa Oleifera effectively treats induced hemolytic anemia in wistar rats in northern part of Benin" conducted in by Semado et al., [23] have concluded that Moringa oleifera leaves showed good therapeutic efficacy and can be considered and exploited for transformation into improved traditional medicines in the treatment of anemia. Regarding this, we strongly recommend people with mild or moderate anemia to incorporate moringa oleifera leaf in their daily food consumption.

On the other hand, it is noted that MOLP was more effective than LIF in reducing anemia. This observed trend is not surprising, because even though the effectiveness of LIF has been proven by previous studies, it has been clearly concluded that a significant improvement in hemoglobin levels and a noticeable

reduction in iron deficiency anemia is achieved only after a duration of use between 6 to 12 months, or more [13, 15, 24, 31, 38]. Gnamlin et al., [24] have confirmed this agreement during the study titled “effect of the use of LIF on the prevalence of anemia in women of reproductive age through a community-based intervention in the southern part of Benin”. Their finding revealed that, in the treatment group, women’ mean concentration of hemoglobin increased from 9.45g/dl to 12.95g/dl after 6 months of intervention, and was significantly higher than that of women of the control group. likewise, Amonstrong et al., [39] had reported (in their research: The Lucky Iron Fish: a simple solution for iron deficiency) that daily use of the Lucky Iron Fish for at least 6 months, can restore circulating and stored levels of iron and reduce the prevalence of anaemia by 43%.

The aim was not to compare the two products, but rather to respect the ethical principles that the control group should not be left without any care. In addition, moringa oleifera leaves contain vitamin C, which facilitates the absorption of iron and makes it bio-accessible [27], making the leaves even more effective than LIF.

Besides, is worthwhile noting that, the occurrence of adverse effects was mentioned by these women as a reason for their non-compliance with the protocol (a decrease of MOLP consumption during experimental period). Similar observation was obtained on the previous study conducted by Amonstrong et al., [39]. In addition, given that these are personal feelings and perceptions reported by the participants, it is not objectively possible to attribute these reasons directly to the moringa leaf powder, especially since it was consumed with different vehicle foods and in an uncontrolled environment. Future research could confirm this through sensory testing and verify the safety of combining moringa leaf powder with different foods such as fruits juices, soft drinks, or porridges. Diarrhea and vomiting were observed during the intervention. However, such cases were also observed during similar interventions by Idohou-Dossou [32] et al and by Adegbite et al [33].

CONCLUSION

This study aimed to assess the effect of the use of moringa oleifera leaf power (MOLP) on the prevalence of anemia among women of childbearing-aged through a community-based intervention in the Akassato district, Commune of Abomey-Calavi in the Republic of Benin. Results revealed that a steady consumption of MOLP improved the iron status of women suffering from mild and moderate anemia when its used 4 times per week for at least 3 months. For prospective research, it would be worthwhile to work on the improvement of the taste. In addition, research is needed to and the palability of the moringa oleifera leaf powder such as the bleaching the leaves before processing into powder will make the iron content more readily available.

.Although iron-rich food supplements could be developed to improve the iron status in people, the supplements will not be readily available to most individuals due to the low purchasing power of rural communities; whereas the moringa tree is available and accessible to households, especially in rural areas. In addition, process improvement studies and taste tests, if they can be conducted, will improve the palatability of the moringa leaf powder. For example, bleaching the leaves before processing into powder will make the iron content more readily available.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

REFERENCES

1. Chipili G, Msuya J, Pacific R and Majili SZ. Women Empowerment and the Nutrition Status of Children Aged Between 6-59 Months. *J Nutr Health Sci* 2018, 5(3):305.
2. Allendorf K. Do Women's Land Rights Promote Empowerment and Child Health in Nepal? *World Development* 2007, 35: 1975-88.
3. Deepa L. Sekhar, Laura E. Murray-Kolb, Allen R. Kunselman, Carol S. Weisman and Ian M. Paul. Association between menarche and iron deficiency in non-anemic young women. *PLOS ONE* 2017, [Doi.org/10.1371/journal.pone.0177183](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177183).
4. Deepa L. Sekhar, Laura E. Murray-Kolb, Allen R. Kunselman, Carol S. Weisman and Ian M. Paul. Differences in Risk Factors for Anemia Between Adolescent and Adult Women. *Journal of women's health* 2016, 25:5, Doi: 10.1089/jwh.2015.5449
5. Gautam S, Min H, Kim H and Jeong HS. Determining factors for the prevalence of anemia in women of reproductive age in Nepal: Evidence from recent national survey data. *PLoS ONE* 2019, 14(6): e0218288
6. World Health Organization. The global prevalence of anaemia in 2011. Geneva: World Health Organization. 2015 [Consulté le 05/07/2021].
7. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (INSAE) et ICF International. Enquête Démographique et de Santé du Bénin 2017-2018. INSAE et ICF International : Rockville, Maryland, USA, 2019
8. Jere D. Haas and Thomas Brownlie. Iron-Deficiency Anemia: Reexamining the Nature and Magnitude of the Public Health Problem. *American Society for Nutritional Sciences*, 2019. <https://academic.oup.com/jn/article-abstract/131/2/676S/4686866>.

9. Laura E Murray-Kolb and John L Beard. Iron treatment normalizes cognitive functioning in young women. *Am J Clin Nutr* 2007. 85: 778–87.
10. Mithun Mog and Koustav Ghosh. Prevalence of anaemia among women of reproductive age (15–49): A spatial-temporal comprehensive study of Maharashtra districts. *Clinical Epidemiology and Global Health* 2021, 11: 100712.
11. Thenmozhi P, Nirmala M and Subalakshmi P. Moringa oleifera leaves soup on hemoglobin among antenatal mothers. *International Journal of Herbal Medicine* 2020, 8(5): 103-107.
12. Organisation mondiale de la Santé. Cibles mondiales de nutrition 2025 : note d'orientation sur l'anémie [Global nutrition targets 2025: anaemia policy brief]. Genève (WHO/NMH/NHD/14.4), 2017. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
13. Rodríguez-Vivaldi AM. and Beerman K. Testing the efficacy of the Lucky Iron Fish® in reversing iron deficiency anemia in rural, impoverished regions of Guatemala. *Journal of Global Health Reports* 2018, 2.
14. Armstrong GR. The Lucky Iron Fish: a simple solution for iron deficiency. *Blood Adv.* 2017;1:330. PubMed, <https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2016000521>.
15. Charles CV, Dewey CE, Hall A, Hak C, Channary S and Summerlee AJ. A randomized control trial using a fish-shaped iron ingot for the amelioration of iron deficiency anemia in rural Cambodian women. *Trop Med Surg* 2015, 3:1000195. <https://doi.org/10.4172/2329-9088.1000195>.
16. Alves C, Saleh A and Alaofè H. Ironcontaining cookware for the reduction of iron deficiency anemia among children and females of reproductive age in low- and middle-income countries: A systematic review. *PLoS ONE* 2019, 14(9): e0221094. <https://doi.org/10.1371/journal>.
17. Food and Business Knowledge Platform. ARF projects are funded by the NWO-WOTRO Science for Global Development funding instrument Food & Business Research (FBR) Factsheet final research findings ARF-3. Improving and promoting the use of Moringa Oleifera leaves for a better maternal and early childhood nutrition in Benin (FortiMoringa), 2019 [accédé 10 juillet 2021].
18. Chaddha S, and Mittal A. 2016. Role of flavonoids in the treatment of hemolytic anemia. A review. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 3, 212-216
19. Rathnayake ARMHA, Navaratne SB and Uthpala TGG. Moringa olifera plant and the nutritional and medicinal properties of moringa olifera leaves. In *Trends & Prospects in Processing of Horticultural Crops* 2019; 251-268. Eds Ivi Chakraborty, Prodyut Kumar Paul, Arghya Mani, Arun Kumar Tiwary and K. Prasad. Today & Tomorrow's Printers and Publishers, New Delhi - 110 002, India.
20. Mekonnen Daba. Miracle Tree: A Review on Multi-purposes of Moringa oleifera and Its Implication for Climate Change Mitigation. *Journal of Earth Science & Climatic Change* 2016, Doi: 10.4172/2157-7617.1000366.

21. Aboubacar Coulibaly, Narcisse Boua Gngorran, Jean-Baptiste N'guessan Oussou, Mathieu Nahou-nou Bleyere. Evaluation of Moringa Oleifera Lam Leaves (Moringaceae) Diets Against Induced Ane-mia in Wistar Rats. *EAS Journal of Nutrition and Food Sciences* 2020, 2: 3. Doi: 10.36349/eas-jnfs.2020.v02i03.004.
22. Richard S. Balkin and Carl J. Sheperis. Evaluating and Reporting Statistical Power in Counseling Research. *Journal of Counseling & Development* 2011, 89.
23. Semado FM, Tchogou AP, Medoatinsa SE, Agbogba F, Abissi Y, Kassa R, Lokonon JE, Hougbe-me A, Agbonon A, Gbenou JD, Baba-Moussa L, Senou M. (2023). Aqueous leaf extract of Moringa Oleif-era effectively treats induced hemolytic anemia in wistar rats in northern Benin. *Journal of Biosciences and Medicines*. Vol.11, 154-164 No.8, August 2023. doi: 10.4236/jbm.2023.118013
24. Gnamlin Lidwine, Achamou Mourichide, Boyiako Bernadette, Adoukonou Annick and Fanou-Fogny Nadia. 2021. Effect of the use of Lucky Iron Fish in a community-based intervention on the prevalence of anemia in women of reproductive age in Benin. *Roforum working document series*. ISSN 1607-9345, 2021, No. 19 (1): 525-530. Available from <http://repositoryruforum.org>
25. Thenmozhi P, Nirmala M and Subalakshmi P. Moringa oleifera leaves soup on hemoglobin among antenatal mothers. *International Journal of Herbal Medicine* 2020, 8(5): 103-107.
26. Food and Business Knowledge Platform. ARF projects are funded by the NWO-WOTRO Science for Global Development funding instrument Food & Business Research (FBR) Factsheet final research findings ARF-3. Improving and promoting the use of Moringa Oleifera leaves for a better maternal and early childhood nutrition in Benin (FortiMoringa), 2019 [accédé 10 juillet 2021].
27. Kholoud K. Khoja, Mohamad F. Aslam, Paul A. Sharp and Gladys O. Latunde-Dada. (2021). In vitro bioaccessibility and bioavailability of iron from fenugreek, baobab and moringa. *Food Chemistry* 2021, 335: 127671
28. Rathnayake ARMHA, Navaratne SB and Uthpala TGG. Moringa olifera plant and the nutritional and medicinal properties of moringa olifera leaves. In *Trends & Prospects in Processing of Horticultural Crops* 2019; 251-268. Eds Ivi Chakraborty, Prodyut Kumar Paul, Arghya Mani, Arun Kumar Tiwary and K. Prasad. Today & Tomorrow's Printers and Publishers, New Delhi - 110 002, India.
29. Mekonnen Daba. Miracle Tree: A Review on Multi-purposes of Moringa oleifera and Its Implication for Climate Change Mitigation. *Journal of Earth Science & Climatic Change* 2016, Doi: 10.4172/2157-7617.1000366.
30. Aboubacar Coulibaly, Narcisse Boua Gngorran, Jean-Baptiste N'guessan Oussou, Mathieu Nahou-nou Bleyere. Evaluation of Moringa Oleifera Lam Leaves (Moringaceae) Diets Against Induced Ane-mia in Wistar Rats. *EAS Journal of Nutrition and Food Sciences* 2020, 2: 3. Doi: 10.36349/eas-jnfs.2020.v02i03.004.

31. Gnamlin Lidwine, Nadia Fanou-Fogny, Adoukonou Anick, Bernadette Boyiako, Mourichide Achamou
Sensory and sociocultural acceptability of lucky iron fish among women of reproductive age (15-49years-old) in Benin. Roforum working document series. ISSN 1607-9345, 2021, No. 19 (1): 531-539. Available from <http://repositoryruforum.org>
32. Idohou-Dossou N, Diouf A, Gueye AL, Guiro AT and Wade S. Impact of daily consumption of Moringa (*Moringa oleifera*) dry leaf powder on iron status of Senegalese lactating women. African journal of food, agriculture, nutrition and development 2011, 11(4).
33. Adegbite OA, Omolaso B, Seriki, SA, and Shatima C. Effects of Moringa oleifera leaves on hematological indices in humans. Ann Hematol Oncol 2016, 3 (8), 1107.
34. Senou M, Tchogou AP, Assogba F, Agossadou A, Dougnon TV, Agbangan DCP, Laleye A, and Loko F. 2017. Study of biological tolerance of aqueous extract of sorghum bicolor. Journal of applied biloscience, 109, 10640-10648. <https://doi.org/10.4314/jab.v109i1.8>
35. Tchogou AP, Senou M, Dougnon TV, Agbangnan DCP, Gbenou J, Laleye A, and Loko F. 2016. The aqueous extract of cocos nucifera L. effectively treat induced anemia. Experimental study on wistar rats. International journal of biology, 8, 1-9. <https://doi.org/10.5539/ijb.v8n3p1>
36. Tchogou AP, Senou M, Agbangan DCP, Agbangan A, Assogba F, Dougnon TV, Klotoe JR, Gbenou J, Sezan A, Laleye A, and Loko F. 2017. Test of the safety of cocos nucifera L. root aqueous extract. Journal of chemical, biological and physical sciences, 7, 282-291.
37. Tchogou AP, Senou M, Agbogba F, LOkonon JE, Medoatinsa SE, Agbangan DCP, Loko F, Agbanon A, and Sezan A. 2021. Efficacy of butanolic fraction of cocos nucifera's root aqueous extract on induced anelia treatment. International journal of biology, 13, 8-15. <https://doi.org/10.5539/ijb.v13n1p8>
38. Rappaport AI, Whitfield KC, Chapman GE, Yada RY, Kheang KM, Louise J, and Green TJ. Randomized controlled trial assessing the efficacy of a reusable fish-shaped iron ingot to increase hemoglobin concentration in anemic, rural Cambodian women. The American journal of clinical nutrition 2018,106 (2), 667-674.
39. Armstrong GR. The Lucky Iron Fish: a simple solution for iron deficiency. Blood Advances 2017;1:330–330 pp

Potentialités, contexte et historique des aménagements hydro-agricoles au Bénin**HOUNSOU B. Mathieu***Département de l'Eau pour l'Agriculture et la Société (DEAS) de l'Institut National de l'Eau (INE) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC)**E-mail : hounsoumat@gmail.com***Résumé**

L'épuisement des sols des plateaux, souvent surexploités, le développement des cultures de rente dans un contexte de pression démographique et de changements climatiques, entraînent une réduction considérable des superficies agricoles emblavées sur les terres des plateaux pour les cultures vivrières. Ceci amène les populations rurales à rechercher d'autres terres cultivables d'où l'utilisation et la valorisation progressives des terres irrigables comme les vallées, les plaines inondables et les bas-fonds dont les superficies sont estimées à plus de 130 millions d'hectares en Afrique de l'Ouest et plus de 375 000 hectares au Bénin. La mise en valeur de ces écosystèmes dépressionnaires constitue ainsi une alternative intéressante pour stabiliser les systèmes de production en milieu rural. Mais le principal obstacle auquel se heurte l'intensification de leur mise en valeur est la non-maîtrise de l'eau qui sans aménagement reste largement tributaire des aléas climatiques. Or le bilan de tous les aménagements réalisés pourtant à grands frais aboutit à un constat d'échec marqué par l'abandon pur et simple de la quasi-totalité des infrastructures et équipements. Cette étude a pour but de retracer l'histoire de cette filière pourtant incontournable grâce à la recherche documentaire, les visites et observations de ces anciens sites. Les actions dans le domaine hydro-agricole peuvent être regroupées en trois périodes. Les expériences des années 1960-1980, puis de début des années 90 avec la réhabilitation partielle ou totale de certains anciens grands périmètres. La dernière période est celle qui part de 1996 à nos jours et est marquée par l'implication des structures de recherche qui placent en amont des aménagements, des études préalables des caractéristiques des sites. Tirant leçons des expériences passées, une nouvelle approche d'intervention prenant en compte les préoccupations réelles des populations avec la mise en place d'ouvrages simples, reproductibles et gérables par les communautés bénéficiaires. Ces constats doivent amener les spécialistes à prendre conscience sur les projets d'aménagement et de mise en valeur des bas-fonds.

Mots clés : aménagement, hydro-agricole, changements climatiques, écosystèmes dépressionnaires.

Abstract

The exhaustion of the soils of the high lands, often overexploited, and the development of cash crops in a context of demographic pressure and climate change, are leading to a considerable reduction in the agricultural areas sown on the high lands for food crops. This leads rural populations to look for other arable land, hence the progressive use and development of irrigable land such as valleys, floodplains and lowlands whose areas are estimated at more than 130 million hectares in West Africa and more than 375,000 hectares in Benin. The development of these depression ecosystems therefore constitutes an interesting alternative for stabilizing production systems in rural areas. But the main obstacle facing the intensification of their development is the lack of control over water which, without development, remains largely dependent on climatic hazards. However, the assessment of all the developments carried out at great expense leads to a failure marked by the pure and simple abandonment of almost all of the infrastructure and equipment. This study aims to retrace the history of this essential sector through documentary research, visits and observations of these ancient sites. Actions in the hydro-agricultural field can be grouped into three periods. The experiences of the 1960s-1980s, then the beginning of the 90s with the partial or total rehabilitation of certain former large areas. The last period is that which starts from 1996 to the present day and is marked by the involvement of research structures which place preliminary research of the characteristics of the sites of developments. Drawing lessons from past experiences, a new intervention approach taking into account the real concerns of the populations with the implementation of simple, reproducible and manageable works by the

beneficiary communities. These observations should lead specialists to become aware of projects for the development and development of lowlands.

Key words: Development, hydro-agricultural, climate change, depression ecosystems.

Introduction

L'épuisement des sols des plateaux souvent surexploités, le développement des cultures de rente comme le coton et la pression démographique, réduisent considérablement les superficies agricoles emblavées sur les terres exondées (plateaux et versants). Ceci amène les populations rurales à rechercher d'autres terres cultivables par l'utilisation et la valorisation progressives des bas-fonds. Ainsi la mise en valeur de ces écosystèmes dépressionnaires constitue ainsi une alternative intéressante pour stabiliser les systèmes de production en milieu rural. De même, la variabilité du climat impacte beaucoup les rendements agricoles. Et selon la Giz (2012), cette variabilité du climat se manifeste dans l'espace et dans le temps sur toute l'étendue du territoire. Ces situations problématiques des terres exondées ont conduit les paysans à s'intéresser de plus en plus à la mise en valeur des terres de bas-fonds autrefois considérés comme des zones marginalisées et répulsives ; mais dotées d'une richesse naturelle aussi bien minérale qu'organique (Delville et al., 1996 ; Mama et al., 1998 ; Agbossou et Danvi, 2000 ; Biaou, 2012). Ces terres procurent des revenus supplémentaires plus importants que ceux obtenus de l'exploitation des mêmes superficies sur les terres exondées (plateaux).

Selon Kindjinou (2013), les bas-fonds sont en effet, des agro écosystèmes où l'on trouve des terres fertiles et les meilleures conditions hydriques pour l'introduction de nouvelles spéculations (riziculture, arboriculture, maraîchage, culture fourragère). Leur exploitation constitue alors l'une des stratégies d'adaptation des agriculteurs au changement climatique (Ilboudo *et al.*, 2020). En effet, les périodes de sécheresse que la zone soudano-sahélienne a connues, depuis les années 1968 à 1970 ont renforcé l'idée selon laquelle l'agriculture ne peut être uniquement basée sur la pluviométrie, trop aléatoire (Poda, 1997).

Le Bénin dispose de plusieurs espaces de bas-fonds (258 000 hectares) auxquels s'intéressent davantage les paysans face à la dégradation sans précédent des terres du plateau (Hounsou, 2003).

Dans certaines régions, ces zones constituent les seules terres dont la mise en valeur pourrait assurer une subsistance alimentaire et des revenus substantielles aux populations (Delville, 1996).

En effet, leurs conditions humides particulières conduisent à une utilisation prioritaire pour plusieurs usages. Mais le principal obstacle auquel se heurte leur exploitation agricole est la non-maîtrise de l'eau qui sans aménagement reste largement tributaire des aléas climatiques. Mais depuis les années 60 le Bénin s'est lancé avec l'appui de plusieurs partenaires techniques et financiers dans le développement des aménagements hydro-agricoles partant des grands aménagements jusqu'à la petite irrigation de nos jours. L'objectif de cette synthèse est de faire un état des lieux/historique des aménagements hydroagricoles au Bénin afin d'en ressortir les points d'échec et les perspectives d'amélioration des approches de mise œuvre de ces infrastructures hydrauliques agricoles.

Démarche méthodologique

Cette étude a pour but de retracer l'histoire des aménagements hydro-agricoles au Bénin. En effet avec les problèmes de l'agriculture pluviale et les effets de plus en plus prononcés des changements climatiques, la mise

en valeur des écosystèmes naturellement humides devient une grande opportunité. Malheureusement cette filière pourtant incontournable ne prend. Cette étude fait le point de cette filière et ceci grâce à la recherche documentaire, les visites et observations d'anciens sites et des échanges avec les acteurs du domaine.

1 – Potentialités et Contexte de l'aménagement des bas-fonds

La superficie occupée par les bas-fonds en Afrique subsaharienne est estimée à 130 millions d'hectares et à plus de 50 millions d'hectares les bas-fonds en Afrique de l'Ouest ce qui représente plus de 5% de la superficie des terres cultivables. Ces chiffres représentent 30% de l'aire totale de la production rizicole (Delville *et al.*, 1996 ; ADRAO, 2006). La sécheresse des années 1970, a conduit les modes agricoles traditionnels à subir de profondes mutations (raccourcissement de la durée ou à l'abandon pur et simple de la jachère). C'est ce qui a permis le déclin de la mise en valeur agricole de ces terres autrefois jugées incultes. Au Bénin, des 375000 ha de bas-fonds et de terres irrigables dont dispose le pays environ 20% sont exploités et 10% seulement sont aménagés en 1994 (Houndagba et Mama, 1994 ; Agbossou 1999 ; Hounkpétin, 2003, Aklé, 2015). En effet, le principal obstacle à l'utilisation intensive des bas-fonds est la maîtrise de l'eau qui sans aménagement reste largement tributaires des aléas climatiques (Agbossou, 1999). La mise en valeur des bas-fonds est une activité complexe compte tenu des conditions assez difficiles de travail car l'extrême diversité des situations et la grande difficulté de la non-maîtrise des écoulements hydriques sont les deux contraintes majeures à la mise en valeur agricole. Ces zones constituent un capital très important de développement et d'intensification de la production agricole et sont des zones potentielles d'agriculture sécurisée et diversifiée (Wopereis *et al.*, 2002).

Cependant, la richesse naturelle et la bonne alimentation en eau des bas-fonds font d'eux l'objet d'un intérêt accru. Les conditions écologiques permettent d'y pratiquer non seulement une agriculture moins aléatoire, mais également des cultures de contre saison et de pâturage en saison sèche (Agbossou, 1999 ; Hounkpétin, 2003). Il est clair que ce regain d'intérêt est dû à la dégradation continue et à l'appauvrissement des ressources en sol des plateaux (Agbossou, 1999).

En dépit des difficultés rencontrées, l'exploitation des bas-fonds a permis donc aux producteurs de diversifier leurs activités et leurs sources de revenus. Aussi, la mise en valeur des bas-fonds permet aux producteurs de tirer profit des potentialités pédologiques et hydrologiques disponibles et des opportunités socio-économiques (Souberou *et al.*, 2018). Cependant, l'analyse des différentes utilisations des terres a montré que les bas-fonds constituent des atouts importants pour l'agriculture car malgré l'absence d'ouvrage de maîtrise d'eau, les rendements sont acceptables (Hounsou *et al.*, 2020). Ces bas-fonds et plaines présentent des atouts incontestables pour la production agricole dans la mesure où leur aménagement adapté permet de limiter les effets négatifs des aléas hydro-climatiques. C'est pourquoi la maîtrise de l'eau à des fins agricoles constitue un enjeu de taille dans les pays comme le Bénin où les besoins alimentaires sont en nette progression dans un contexte d'incertitudes climatiques (Abou *et al.*, 2018).

Mais la mise en valeur de ces écosystèmes spécifiques exige un changement dans les pratiques culturelles par rapport aux terres exondées. En effet l'alternance répétée des inondations en période de pluies et le dessèchement

des sols en saison sèche rend leur exploitation difficile et ceci nécessite un arrangement, une autre organisation des terres, donc un aménagement. En gros, les aménagements de bas-fond doivent permettre un meilleur contrôle de l'eau et demandent un investissement lourd selon la forme d'aménagement traditionnel ou moderne, le type sommaire ou définitif à vocation de maîtrise partielle ou totale de l'eau.

2 - Définition des concepts

2.1 - Les Bas-fonds

Les bas-fonds sont définis comme les parties les plus en amont du réseau hydrographique. Ce sont les têtes de cours d'eau situées dans les parties basses du paysage drainant l'eau du bassin versant. Ce sont des lieux privilégiés où se concentrent les eaux de ruissellement en saison des pluies où la recharge des aquifères est importante. Ils sont alors plus favorables de point de vue alimentation hydrique des plantes et constituent un capital très important de développement et d'intensification de la production agricole pour l'agriculture sécurisée et diversifiée. Si le terme de bas-fond désigne toujours des zones dépressionnaires, toutes les dépressions ne sont pas des bas-fonds (Jamin, 1995). En effet ce terme exclut les dépressions côtières, les deltas fluvio-marins, les lagunes, les mangroves, les grandes plaines des vallées alluviales, les deltas intérieurs, les lacs, les grands marais tourbeux, les thalwegs à forte pente.

Selon le Consortium Bas-Fonds (1995), les bas-fonds sont des "fonds plats ou concaves, des vallons et de petites vallées éventuellement parcourus par un cours d'eau d'écoulement temporaire qui sont inondés pendant des périodes variables et caractérisés par la présence de sols hydromorphes". Ils sont plus verts en saison sèche et peuvent être divisés en différentes parties en allant de la tête vers l'exutoire (Amont, médiane et aval). La largeur moyenne des bas-fonds varie entre 20 et 500 mètres, au-delà, on parlera de plaines alluviales. Leur fonctionnement met en jeu le fond de vallée et ses petites plaines alluviales, ainsi que les franges hydromorphes, les versants et les plateaux. Leurs sols ont en outre l'avantage d'être relativement plus riches que ceux des versants.

Aussi en raison de la forte croissance démographique et de la réduction des terres cultivables disponibles, l'exploitation des bas-fonds va se révéler très importante pour l'avenir des agriculteurs (Hounsou, 2003). Les conditions permettent d'y pratiquer non seulement une agriculture moins aléatoire que sur les versants et les plateaux en saison de pluies, mais également des cultures exigeantes en eau et de contre saison (Hounsou *et al.*, 2020).

2.2 - La place du bas-fond dans le paysage

Les bas-fonds se caractérisent par leur position dans la partie amont du réseau de drainage. En région tropicale, ce sont des fonds plats ou concaves des vallons, petites vallées et gouttières d'écoulement inondables qui constituent les axes de drainage élémentaires. Ce sont des axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques, des nappes phréatiques contenues dans l'épais manteau d'altération et alimenté par la pluie (Raunet, 1985). Le fonctionnement hydrographique des bas-fonds dépend essentiellement de deux facteurs :

- la géologie, qui détermine les grandes formes du paysage et le matériau à partir duquel se constitue le sol de bas-fond ;
- le climat, qui conditionne les volumes d'eau.

Pour comprendre leur fonctionnement, il faut prendre en compte tout le bassin versant et son réseau hydrographique. Par ces potentialités, les bas-fonds sont souvent saturés en eau par l'inondation.

En effet en plus de l'eau de la pluie, des ruissellements du plateau et des franges, l'eau vient aussi du drainage des bas-fonds d'un ordre inférieur du réseau et des flux dans le sous-sol. C'est pourquoi la mise en valeur d'un bas-fond appelle une bonne connaissance des caractéristiques physiques et socio-économiques du bassin versant et prend en compte le fond de vallée, les franges hydromorphes, les glaciers, les versants et les sommets contribuant à l'alimentation en eau du bas-fond par ruissellement ou par infiltration. L'unité du bas-fond peut être scindé en quatre (04) parties dont les caractéristiques sont distinctes (Figure 1).

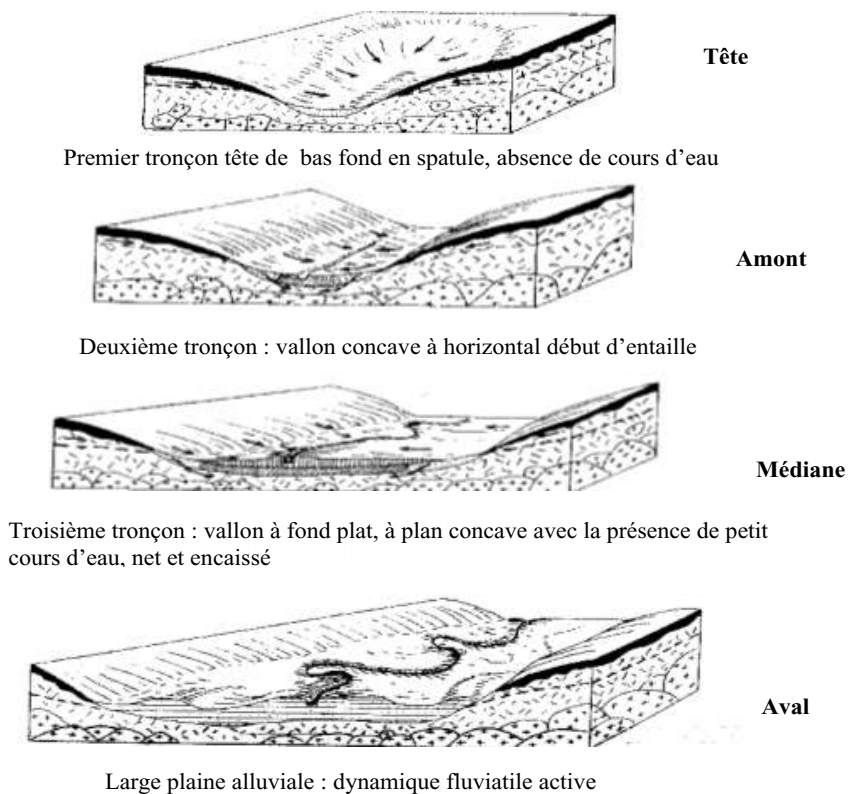
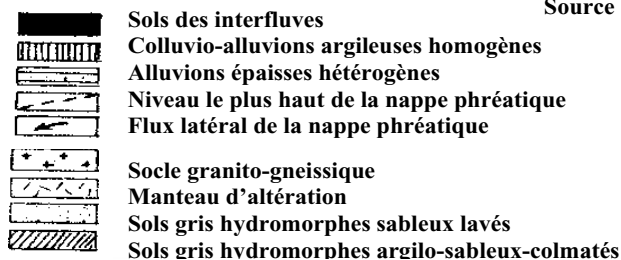


Figure 1 : Différentiation d'amont en aval dans le bas-fond



2.3 – Aménagement d'un bas-fond

Selon le petit Larousse (1992), l'aménagement signifie l'action d'aménager, de transformer, de modifier pour rendre plus pratique, plus agréable. Aménager un bas-fond consiste à réaliser les infrastructures hydro-agricoles permettant une meilleure maîtrise de l'eau. Il fait appel à la construction de divers ouvrages pour la mobilisation et/ou la bonne répartition de l'eau à la parcelle en vue d'un meilleur développement des plantes.

Du point de vue de l'agriculture, un aménagement de bas-fond est un ensemble d'infrastructures modifiant les flux hydriques pour mieux répartir la ressource en eau présente sur place pour permettre aux producteurs de mieux le valoriser en fonction de leurs objectifs de production.

En effet, chaque bas-fond est une entité complexe où de nombreux facteurs physiques, agronomiques et socio-économiques sont en interaction, y compris la taille du bassin versant et sa couverture végétale, l'organisation sociale et foncière, les systèmes de production (maîtrise de l'eau et type de sol, etc.).

Malgré leurs potentialités agricoles incontestables, les bas-fonds sont confrontés à d'énormes difficultés pour assurer une maîtrise d'eau même partielle. Leur aménagement constitue un outil de gestion rationnelle, de valorisation de l'eau et de production alimentaire. C'est pourquoi l'aménagement s'avère indispensable pour une exploitation rationnelle et durable de ces écosystèmes. En effet, il a été constaté que lorsqu'un aménagement est fonctionnel et que les techniques culturales améliorées y sont appliquées, l'influence des aléas climatiques sur les résultats est minimisée dans la majorité des cas (Verlinden et Dembélé, 2002).

En gros, les aménagements de bas-fond doivent permettre un meilleur contrôle de l'eau du bas-fond, mais ils demandent un investissement lourd.

À travers ces différentes définitions, le bas-fond est facilement reconnu par les critères topographiques, morphologiques, pédologiques et hydrologiques. La connaissance des caractéristiques propres à chaque bas-fond devient alors une impérieuse nécessité pour assurer leur mise en valeur durable.

3- Historique des aménagements hydro-agricoles au Bénin : atouts et contraintes

En Afrique, le bilan de tous les aménagements réalisés pourtant à grands frais a abouti à un constat d'échec marqué par l'abandon pur et simple de la quasi-totalité des infrastructures et équipements. Les raisons fondamentales de ces échecs sont liées à la mauvaise stratégie qui n'avait pas pris en compte tous les critères de durabilité dont les trois principaux sont d'ordre :

i) Sociologique : les préoccupations des populations bénéficiaires de ces investissements n'ont pas été prises en compte.

ii) Stratégique : les aménagements ont été réalisés clef en main sans la participation des bénéficiaires nationaux, réduits en ouvriers agricoles pour les travaux d'aménagement.

iii) Technique : les erreurs de conception, l'absence de pièces de rechange après le départ des coopérants (surtout chinois). Non renforcement des capacités des partenaires nationaux. Alors, le mode de fonctionnement des infrastructures et équipements a alors échappé aux paysans.

D'après la documentation, les actions dans le domaine hydro agricole au Bénin peuvent être regroupées en trois périodes. L'exploitation des ressources hydro-agricoles a été entreprise en 1966 sous forme de grands périmètres irrigués par des Sociétés d'État grâce au concours des partenaires techniques et financiers et les modes de mise en valeur des vallées, des plaines alluviales et des bas-fonds vulgarisés aujourd'hui ont été introduits par la coopération chinoise.

3.1-Première période : Expériences des années 60 à 80

Dans le cadre de la mise en œuvre de sa politique agricole en vue de l'augmentation de la production, le Bénin a déployé au cours des années 1966-1980, d'importants moyens pour promouvoir la maîtrise des paramètres d'irrigation.

A ce titre, plus de 10.000 ha de terres ont été mis en valeur grâce au financement du Projet PNUD/FAO/DAH/66/502 (1966-1972) qui avait pour objectif premier, d'étudier et de réaliser un aménagement pilote dans la basse vallée de l'Ouémé en rive gauche. Puis, il y a eu les Périmètres rizicoles aménagés grâce à la coopération chinoise par la Mission Chinoise de Formose sur les périmètres irrigués de Koussin-Lélé (1966-1972) pour 106 ha, de Domè pour 530 ha ainsi que d'autres Bas-fonds aménagés sous financement (PNUD, 120 ha, BOAD, 43 ha, FED, 40 ha et PDRI- ZOU, 73 ha (Zou). Ensuite, il y a eu la Société d'Aménagement et de Développement de la Vallée de l'Ouémé SADEVO (1972-1975) qui avait pour vocation d'étendre au niveau de l'ensemble de la vallée de l'Ouémé les attributions du Projet DAH/66/502, soit sur les périmètres d'Affamé (1000 à 1500 hectares) et de Sèdjè Dénou (120 hectares) sur financement FAD. Enfin, la Société Nationale d'Irrigation et d'Aménagement Hydro-agricole SONIAH (1975-1980) a pris la relève et devrait étendre les actions à l'ensemble du pays.

Il faut noter que pendant les années 80, les activités dans ce domaine ont connu le plus faible niveau de développement avec le départ de tous les partenaires, la mauvaise gestion des sites, le licenciement des agents et l'arrêt des travaux sur la plupart des périmètres.

3.2-Deuxième période : Expérience des années 1990

Les expériences en cours depuis 1990, se résument au Projet Ben/84/012 – Ben/91/002 "Inventaire, Etude et Aménagement de bas-fonds financé par le PNUD et la FAO (Cellules Bas-fonds, 2002). Ce projet a réalisé des micro-aménagements comportant comme moyen d'exhaure des dispositions traditionnelles (puisage direct, système de levier etc.), de petites motopompes (débit inférieur ou égal à 15 litres par seconde) et d'éolienne. Il s'est investi dans la réhabilitation partielle ou totale de certains des grands périmètres (Dévé dans le Mono) et par des actions pilotes d'aménagement de bas-fond avec plus de 422 ha de bas-fonds aménagés dotés des systèmes de maîtrise totale ou partielle de l'eau (Malanville, 223 ha par la BOAD et 150 ha par le Gouvernement Chinois), Mais d'autres n'ont pu être réhabilités à cause d'actes d'incivismes de la part des populations.

3.3-Troisième période : de 1990 à nos jours

Cette période dans le domaine hydro-agricole est marquée par l'implication des structures de recherche qui placent en amont des aménagements, des études préalables sur le site et/ou sur les variétés.

Au nombre de ces structures, on peut compter :

* Le CONSORTIUM BAS-FONDS, (1996-2004) dont l'approche est basée sur l'étude de caractérisation des bas-fonds avant leur aménagement.

* L'ADRAO (WARDA) (Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest) devenue aujourd'hui Africa Rice Center qui est en partenariat avec plusieurs institutions de recherches (tel que le CGRAI) et dont l'objectif est de promouvoir la filière rizicole en Afrique.

✓ **Constat d'ordre général**

Après l'échec des grands aménagements des années 60 et 80, la plupart des États Ouest Africains comme le Bénin, ont opté pour une approche d'intervention prenant en compte les préoccupations réelles des populations avant l'aménagement de leur bas-fond. Ainsi, dans toutes les expériences régionales en cours, l'approche participative est systématiquement employée. Ainsi l'approche « techniciste » des aménagements a évolué vers une conception beaucoup plus souple et pragmatique s'appuyant en priorité sur le fonctionnement physique et socioéconomique du site à aménager.

✓ **Nouvelle approche**

Tirant leçons des expériences passées, une réorientation stratégique qui privilégie la promotion de la petite irrigation ou de la mise en valeur des bas-fonds de conception simple, reproductible et gérable par les communautés bénéficiaires a été élaborée. Il s'agit d'une stratégie nationale en matière d'aménagement des bas-fonds. Cette stratégie nationale d'aménagement des bas-fonds découle de l'approche participative et intègre les facteurs et paramètres de durabilité que sont :

- la réalisation des aménagements, après des études socio-économiques légères et pertinentes ;
- la promotion d'un développement contractuel avec les communautés bénéficiaires ;
- la formation des exploitants et des agents d'encadrement à la base aux techniques d'aménagement, de conduite des cultures et de gestion des sites ;
- la diversification des cultures et des variétés suivant les différentes facettes géomorphologiques, pédologiques et hydrologiques des champs.

Il faut dire que cette approche a un coût qui n'est pas toujours à la portée des petites communautés sans soutien. Alors elle se simplifie sous la forme d'aménagement sommaire de bas-fond de moindre coût et qui soit facilement reproductible par les paysans. Cette approche a suscité la création de nouvelles structures qui interviennent dans la mise en valeur des bas-fonds. Depuis 1994, cette méthode est de plus en plus renforcée par l'approche de caractérisation adoptée par le Consortium Bas-fonds (CBF). Ainsi désormais, les nouvelles approches d'aménagement ou de mise en valeur des bas-fonds devraient être élaborées par les centres de recherche et mises en expérimentation.

Conclusion

L'histoire de l'aménagement hydro agricole au Bénin est indispensable à connaître pour mieux orienter les politiques actuelles. Les modes de mise en valeur des bas-fonds vulgarisés aujourd'hui ont été introduits par la coopération chinoise. Mais l'agriculture n'en profite pas encore assez de cette méthode car les défauts techniques de conception et les difficultés de la reproductibilité de ces aménagements ont connu un échec total. L'analyse de ce tableau historique des aménagements hydro agricoles révèle qu'au Bénin, la mise en valeur des périmètres

irrigués s'est intensifiée vers les années 75-77 pour amorcer une chute caractérisée par l'abandon pur et simple de la quasi-totalité de ces domaines.

En effet, les grands aménagements ont permis un tant soit peu d'assurer une maîtrise de l'eau au niveau des périmètres de bas-fond. C'est pourquoi de nos jours des approches plus réalistes sont proposées pour relancer la filière longtemps restée en léthargie.

Références Bibliographiques

- Abou M., Yabi I., Yolou I. et Ogouwalé E.** (2018) : Caractérisation des systèmes de production sur les sites d'aménagements hydro-agricoles dans le doublet Dangbo-Adjohoun au sud du Bénin Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(1): 462-478, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631, 3082-IJBCS DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1>.
- ADRAO (2006)**. Toxicité ferreuse dans les systèmes à base riz d'Afrique de l'ouest, Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO) Cotonou, Bénin. 196 pp.
- Agbossou K. E.** (1999) : Adaptation à l'agro-écologie guinéenne du sud Bénin du DIARPA (Mise au point en zone soudanienne). Rapport de l'atelier régional sur la gestion de l'eau en Afrique tropicale humide. ETSHER, Man Côte d'Ivoire ; pp. 106-116.
- Agbossou K. E. et Danvi, C. C.** (2000) : Diagnostic Rapide de Pré-Aménagement. Rapport provisoire.UNC/CBF, Cotonou (Bénin) 15 p.
- Aklé, G. B.** (2015) : Caractérisation hydraulique et agronomique des bas-fonds et Logbo et Wantégo (Commune de Covè, Département de Zou, Bénin) en vue de leur aménagement durable. Mémoire de Master en Sciences Agronomique, FSA/UAC 143 p.
- Biaou C. F.** (2012) : Fonctionnement et viabilité des organisations de producteurs exploitant les bas-fonds dans les Départements de l'Atacora et de la Donga au nord-ouest du Bénin. Bulletin de la recherche Agricole du Bénin N° 71, pp : 26-37.
- Cellules Bas-fonds (2002)** : Inventaire et mise en valeur des bas-fonds au Bénin, MAEP/DGR, 70 pages.
- Deville, P. L. et Boucher, L.** (1996) : Les Bas-fonds en Afrique Tropicale Humide. Collection le point sur, CF/CTA/GRET. 415p.
- GIZ. (2012)**. Bonnes pratiques de conservation des eaux et des sols : Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs au Sahel. 60p.
- Houndagba C. J. & Mama V. J.** (1994) : Caractérisation semi-détaillée des bas-fonds du département du zou et mise en place d'une base de données. In : Rapport annuel du CBF, Cotonou, Bénin, PP 2930.
- Houngpétin, C.** (2003) : Contribution à la mise en valeur du bas-fond Okéita dans la commune de Pobè (Département du plateau), Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, 104 p.
- Hounsou B. M.** (2003). Evaluation des aspects morpho-pédologiques et hydrologiques dans la caractérisation pour l'aménagement des bas-fonds dans le bassin versant de Tèwi : cas du bas-fond d'Adjanoudoho (commune de Dassa- Zoumè), Mémoire de DESS/FSA/UAC, 91 p.
- Hounsou B. M., Ahamidé B., Alofa M. V.** (2020) : Importance socioéconomique de la mise en valeur hydro-agricole des bas-fonds au Bénin : Cas du bas-fond de Kamougou, commune de Copargo European Journal of Scientific Research. ISSN 1450-216X / 1450-202X Vol. 158 No 1 November, 2020, pp.37 – 47. <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>
- Ilboudo A., Soulama S., Hien E. et Zombré P.** (2020) : Perceptions paysannes de la dégradation des ressources naturelles des bas-fonds en zone soudano-sahélienne : cas du sous bassin versant du Nakanbé-Dem au Burkina Faso

- Kindjinou A. (2013)**. Cartographie des bas-fonds à l'aide de la télédétection et des données secondaires et intensification culturale au Togo. Mémoire de Master (FAST, UAC) 70p.
- Mama, J. V., Houndagba, C. J., Agli, C. K. & Orekan, V. O. A. (1998)**. Connaissance et mise en valeur durable des bas-fonds durable des bas-fonds au Bénin. Actes du séminaire national à Bohicon du 07 au 09/10/98. UNC/CBF, Bénin. 136 p.
- Poda J-N. (1997)** : Les aménagements hydro-agricoles : un risque pour la santé des populations (in Les bas-fonds du Burkina Faso : contraintes et potentialités pour une mise en valeur durable). Les nouvelles des Bas-fonds, n° 003, Pp3-4.
- Souberou K. T., Barre I. O., Yabi I. et Ogouwalé E. (2018)** : Fondements géographiques de la valorisation agricole des bas-fonds au Sud du bassin versant de l'Oti (Bénin). *European Scientific Journal, ESJ*, **14**(21) : 1601–1623. DOI: 10.19044/esj.2018.v14n
- Raunet, M. (1985)**. Bas-fond et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative. *Agronomie tropicale*, vol 40 (3), 200 p.
- Verlinden E. et Dembélé Y. (2002)** : Les aménagements des bas-fonds en zone soudanienne au Burkina Faso : Diagnostics et perspectives. Actes de la 5^{ème} conférence inter régionale sur l'environnement et l'eau. Ouagadougou, Pp 618-629.
- Wopereis, M. C. S., Defoer, T., Idinoba P., Dugue, M. J. S. et Diack, S. (2002)** : Manuel technique pour APRA-GIR. Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO), Bouaké, Côte d'Ivoire. Edition préliminaire. 44p.

**Possibilités d'adaptation de l'approche du Diagnostic Rapide de Pré-Aménagement (DIARPA)
pour les aménagements de bas-fonds au Bénin**

HOUNSOU B. Mathieu

*Département de l'Eau pour l'Agriculture et la Société (DEAS) de l'Institut National de l'Eau (INE) de l'Université
d'Abomey-Calavi (UAC)*

E-mail : hounsoumat@gmail.com

Résumé

Le diagnostic rapide de pré-aménagement encore appelée diagnostic hydraulique d'un bas-fond est une méthode de mesure ou d'évaluation de critères explicatifs du fonctionnement du milieu qui, par leur combinaison, déterminent le type d'aménagement à retenir. C'est un outil d'aide à la décision pour le choix des aménagements hydro-agricoles en vue de l'intensification et de la pérennisation des productions agricoles de ces écosystèmes. Cet outil permet aux aménagistes de proposer des plans d'aménagement sur une base scientifique. Mais cette approche n'est pas encore très vulgarisée ou pratiquée dans tous les pays. L'objectif de cette étude est de mieux présenter l'approche et de voir dans quelle mesure elle peut être adoptée sur les bas-fonds du Bénin. Cet outil prend en compte des paramètres sélectionnés pour leur capacité explicative du fonctionnement hydraulique, leur simplicité de mesure et leur possible matérialisation sur des supports cartographiques ou autres. Pour atteindre cet objectif, la démarche est basée sur la recherche documentaire, l'exploitation d'anciens rapports et des échanges avec les anciens acteurs. Il s'agira d'exposer la méthode pour alerter la classe des chercheurs du domaine afin qu'ils puissent s'en approprier, l'amender et l'adapter aux réalités de notre pays le Bénin. Cette approche recommande divers types d'aménagement en fonction des conditions du milieu et s'appuie sur 7 indicateurs. Face à la grande diversité des bas-fonds, six schémas d'aménagement sont proposés. Chaque type est déterminé par une combinaison particulière des classes de valeurs de ces différents indicateurs dont 4 simples (2 pédologiques et 2 topographiques) et 3 complexes (hydrologiques). Les aménagements proposés par l'outil constituent des solutions techniques répandues et éprouvées permettant de prendre en compte la diversité du milieu. En effet, il faut reconnaître que les types d'aménagement proposés dans ce diagramme d'aide à la décision ne sont pas à considérer comme standards, car on doit y associer les critères socio-économiques pour être un outil d'aide à la décision à la fois pour les planificateurs, les partenaires au développement et les gouvernants.

Mots clés : pré-aménagement, diagnostic hydraulique, hydro-agricoles, pédologiques, topographiques.

Abstract

The rapid pre-development diagnosis, also called hydraulic diagnosis of a lowland, is a method of measuring or evaluating explanatory criteria for the functioning of the environment which, through their combination, determine the type of development to be retained. It is a decision support tool for the choice of hydro-agricultural developments with a view to the intensification and sustainability of agricultural production in these ecosystems. This tool allows planners to propose development plans on a scientific basis. But this approach is not yet widely popularized or practiced in all countries. The objective of this study is to better present the approach and to see to what extent it can be adopted in the lowlands of Benin. This tool takes into account parameters selected for their explanatory capacity of hydraulic functioning, their simplicity of measurement and their possible materialization on cartographic or other supports. To achieve this objective, the approach is based on documentary research, the exploitation of old reports and exchanges with former actors. This will involve exposing the method to alert the class of researchers in the field so that they can appropriate it, amend it and adopt it to the realities of our country Benin. This approach recommends various types of development depending on environmental conditions and is based on 7 indicators. Faced with the great diversity of the lowlands, six development plans are proposed. Each type is determined by a particular combination of classes of values of these different indicators, including 4 simple (2 pedological and 2 topographic) and 3 complicates (hydrological). The adjustments proposed by the tool constitute widespread and proven technical solutions making it possible to take into account the diversity of the environment. Indeed, it must

be recognized that the types of development proposed in this decision-making diagram are not to be considered as standard, because socio-economic criteria must be associated to turn into a decision-making tool. both for planners, development partners and governments.

Keywords : pre-development, hydraulic diagnosis, hydro-agricultural, pedological, topographical.

Introduction

Dans la nécessité d'assurer la sécurité alimentaire, les agriculteurs ont commencé à s'intéresser aux zones de bas-fonds qui sont des lieux privilégiés riches en eau et en terres fertiles. Ces zones constituent un capital très important de développement et d'intensification de la production agricole et regorgent de grandes potentialités pour une agriculture sécurisée et diversifiée (Wopereis *et al.*, 2002). Selon Kindjinou (2013), les bas-fonds sont en effet, des agro écosystèmes où l'on trouve des terres fertiles et les meilleures conditions hydriques. Mais leur mise en valeur sans un aménagement demeure une activité délicate et complexe compte tenu des conditions assez difficiles de travail. Ainsi, les aménagements de bas-fond doivent permettre un meilleur contrôle de l'eau du bas-fond en vue de faciliter son exploitation rentable et durable.

Le Diagnostic Rapide de Pré-Aménagement (DIARPA) d'un bas-fond est une méthode opérationnelle de mesure ou d'évaluation de critères explicatifs du fonctionnement du milieu qui, par leur combinaison, déterminent les caractéristiques du type d'aménagement le plus indiqué pour le site (Legoupil et Lidon, 1995). C'est un outil d'aide à la décision pour le choix des aménagements qui s'appuie sur sept (07) indicateurs facilement mesurables ou calculables et qui a vu le jour au Sud Mali. En effet, c'est depuis 1986 que le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) en collaboration avec les institutions de recherche Agronomique de l'Afrique de l'Ouest notamment celles du Mali et du Ghana a pu mettre au point cet outil pour l'intensification et la pérennisation des productions agricoles des zones de bas-fonds par la maîtrise partielle ou totale des écoulements hydriques. Selon Blanchet *et al.*, (1995), le DIARPA d'un bas-fond consiste à la mise en œuvre d'un ensemble de méthodes de caractérisation hydraulique, agronomique et socio-économique pour :

- Juger de la pertinence technique et socio-économique d'un aménagement hydro-agricole ;
- Déterminer le type d'aménagement adapté et en raisonner le dimensionnement dans les cas pertinents ;
- Proposer en fonction du niveau de la technicité des producteurs et du contexte socio-économique et institutionnel local des actions d'accompagnement agronomiques et organisationnelles nécessaires à l'optimisation de la mise en valeur du futur aménagement.

Le diagnostic posé permet de définir le type d'aménagement le plus approprié à un bas-fond à partir de ces caractéristiques et par voie de conséquence d'améliorer l'adéquation des aménagements réalisés aux caractéristiques physiques du terroir et aux conditions socio-économiques des communautés villageoises bénéficiaires.

Selon Berton (1988), il y a différents modes de valorisation de ces bas-fonds et qui permettent aux sociétés rurales Africaines, d'assurer leur autosuffisance alimentaire et de créer des surplus commercialisables. Delville *et al.* (1998) remarquent que cet équilibre des modes d'exploitation, est néanmoins modifié en cas d'aménagement où des

modèles techniques en particulier rizicole tendent, sauf exception, à spécialiser localement l'espace sur une seule valorisation. Pour une valorisation durable du bas-fond, il est nécessaire de tenir compte d'un schéma d'aménagement. La réussite de l'aménagement d'un bas-fond dépend largement des atouts et contraintes liés à sa mise en valeur mais également de l'adaptabilité du type d'aménagement aux conditions du milieu (Lidon et al., 1993).

1 – Démarche méthodologique et les paramètres physiques du diagnostic rapide de pré-aménagement

La démarche pour atteindre cet objectif est basée sur la recherche documentaire et l'exploitation d'anciens rapports. De façon concrète, il s'est agi des archives de Consortium Bas-Fonds, la structure régionale qui a expérimenté le DIARPA au Bénin, des documents de l'ADRAO (Africa Rice aujourd'hui) et des pays ayant validé l'approche, et des travaux de mémoire ayant abordé la thématique. Il y a eu aussi des échanges avec les acteurs ayant participé à l'approche.

Cet outil de diagnostic rapide ne prend en compte qu'un nombre limité de paramètres, qui sont des indicateurs sélectionnés pour leur capacité explicative du fonctionnement hydraulique, leur simplicité de mesure et leur possible matérialisation sur des supports cartographiques ou autres (Legoupil, 1997). Les paramètres du DIARPA sont hydrauliques, agronomiques, institutionnels et socio-économiques.

Parmi les sept (7) indicateurs du DIARPA, il y a 4 qui sont simples à savoir deux (2) pédologiques et deux (2) topographiques directement mesurables sur le site (perméabilité des sols, largeur du lit et pente longitudinale du bas-fond) et 3 indicateurs hydrologiques complexes, résultant de plusieurs mesures ou évaluations de paramètres (crue décennale, superficie, planimétrie du bassin versant et l'état de surface estimée du bassin versant). La question est de savoir est-ce que pour les bas-fonds du Bénin, il faut retenir seulement les 7 indicateurs surtout que les conditions hydro-climatiques ne sont pas les mêmes avec les pays où l'approche a été élaborée.

1.1 - Les indicateurs pédologiques

Les indicateurs pédologiques sont la perméabilité du sol, la présence et la profondeur d'une couche imperméable.

✓ La perméabilité du sol

La perméabilité du sol est un indicateur des pertes en eau par infiltration et la possibilité du maintien d'une lame d'eau en surface en absence d'une nappe phréatique affleurante. La perméabilité du sol du bas-fond est un critère principal pour le choix du type d'aménagement. La classe de perméabilité du bas-fond est mesurée par la vitesse de rabattement de la nappe pour un débit d'exhaure donné. Elle peut également être estimée par des tests simplifiés sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans un trou de tarière (méthodes de Porchet ou du double anneau de Muntz) (figure 1). La perméabilité du sol du bas-fond peut être estimée par des tests simplifiés sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans un trou de tarière (type essai Lefranc).

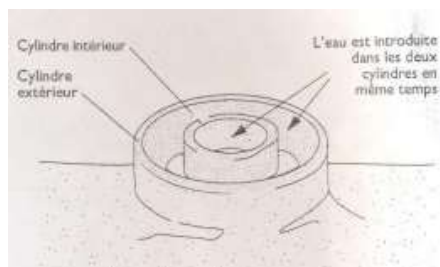


Figure 1 : Dispositif de double anneaux de Muntz pour la mesure de la perméabilité du sol

Une forte perméabilité conduit à des aménagements ayant un effet de régulation de la nappe. Par contre une faible perméabilité conduit à des types d'aménagement dont l'objectif sera d'améliorer la régularité de l'épandage des eaux de surface (crues).

✓ La profondeur du substrat imperméable

La présence et la profondeur d'une couche imperméable dans l'axe du bas-fond permet d'estimer la puissance de la nappe. **Puissance = Perméabilité K x Profondeur de la nappe).**

La présence et la profondeur d'un substrat imperméable détermine d'une part, l'importance du débit de fuite d'un éventuel aménagement et d'autre part, la possibilité de mise en valeur dans les petits bas-fonds à sol perméable, aménagement de type barrière « anti-drainage ».

1.2 - Les paramètres topographiques

La topographie a pour but d'obtenir une image cotée du terrain qui permet de connaître le fonctionnement du bas-fond dans son ensemble. Deux principaux indicateurs topographiques sont pris en compte parmi tant d'autres : la pente longitudinale du site et la présence ou le profil des axes d'écoulement.

✓ La pente longitudinale du site

La mesure de la pente longitudinale moyenne du site permet d'évaluer la zone d'influence des ouvrages et donc leur faisabilité économique. Elle est mesurée à partir d'une reconnaissance topographique sommaire ou d'un levé topographique classique au 1/2500 par exemple.

✓ La profondeur du lit

La présence et le profil en travers du ou des axes d'écoulement permettent d'estimer les caractéristiques des écoulements lors des crues (l'encassement du lit ayant une signification de concentration de l'écoulement et d'érosion).

✓ La morphométrie du bassin versant

La superficie, l'état de surface et l'indice général de pente du bassin versant sont obtenus à partir de la carte topographique. Ces différents facteurs participent à la détermination du débit de crue par mètre de largeur du bas-fond.

✓ La morphométrie du bas-fond

La morphométrie du bas-fond est déterminée à partir des éléments suivants : la longueur, la largeur moyenne et extrême, les pentes longitudinales et transversales du bas-fond, le lit mineur, sa profondeur et sa

largeur, l'importance du bourrelet de berge, les axes d'écoulement préférentiels permettant de caractériser les écoulements en particulier en période de crue et d'évaluer les possibilités de régulation.

1.3 - Les indicateurs hydrologiques

Au nombre des paramètres hydrologiques, on retient le débit de crue, la présence et la profondeur de la nappe d'infiltration à une date donnée (fin janvier), la présence d'un écoulement de base et l'estimation de la durée de couverture des besoins en irrigation. Pour une bonne application de ces indicateurs, on doit prendre en compte la fin réelle des saisons dans les différentes zones puisque les régimes climatiques diffèrent selon les positions géographiques des localités, des pays donc des bas-fonds à étudier.

✓ Débit de crue

Le débit de crue par mètre de largeur du bas-fond est un indicateur complexe résultant des paramètres (pluie décennale, surface du bassin, indice de pente et largeur du bas-fond).

✓ Des écoulements de base

L'estimation des écoulements de base résulte de l'exploitation de plusieurs paramètres obtenus à partir d'enregistrements de données et de séries de mesures sur le site : Ce sont des écoulements de surfaces liés à la vidange de la nappe phréatique du bassin versant. L'estimation de ce paramètre et de sa variabilité interannuelle font appel à l'intégration de plusieurs variables dont :

- * le suivi piézométrique de la nappe de versant alimentant le bas-fond. Ce suivi est réalisé à l'aide d'un dispositif de plusieurs piézomètres (Figure 2) ;
- * la mesure de la pluviométrie et le calcul de l'évapotranspiration ETP de l'année ;
- * la mesure du coefficient de tarissement de l'écoulement de base par l'estimation du débit d'étiage en fin de saison des pluies ;
- * l'enregistrement des dates d'apparition et de disparition des écoulements de base.

Les écoulements de base sont les écoulements de surface dus à la vidange de la nappe générale du bassin versant et du bas-fond. Sans écoulement de base, la réserve en eau en fin de saison des pluies est limitée à celle stockée par l'aménagement (Photo 1 et Photo 2).

L'évaluation de l'importance et de la variabilité des écoulements de base est indispensable pour les types d'aménagements basés sur le captage puis la diversion de ces écoulements car ils améliorent l'efficacité de tous les types d'aménagements.

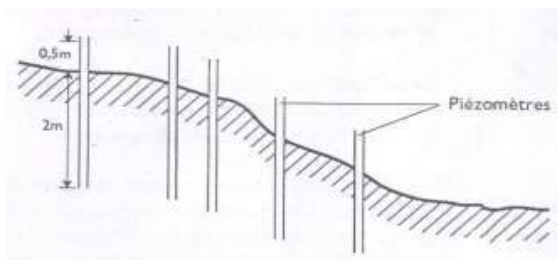


Figure 2 : Dispositif de piézomètres le long d'une topo séquence



Photo 1 : Limnimètre installé dans le Bas – fond pour enregistrer les lames d'eau d'eau



Photo 2 : Piézomètre installé dans le Bas – enregistrer les fluctuations de la nappe

2. Paramètres agronomiques

Les paramètres agronomiques regroupent le potentiel de production, l'occupation du bas-fond et les pratiques endogènes. Le potentiel de production du bas-fond est déterminé par la mise en place et au suivi d'une spéculation donnée. Ils s'appuient parfois sur les paramètres socio-économiques et des considérations institutionnelles (accès au crédit et aux subventions, capacité des villages ou des communautés rurales à participer à la conception, à l'exécution des travaux et la gestion des aménagements, respect de l'environnement naturel, etc.).

3 - Utilisation des indicateurs du diagnostic rapide pour la définition du type d'aménagement

L'intensification de la mise en valeur agricole d'un bas-fond suppose que l'on appréhende, de façon précise et en termes de risque, son fonctionnement hydraulique (Aklé, 2017). La compréhension du fonctionnement hydraulique d'un bas-fond est un préalable à son aménagement (Ahmadi et Témé, 1998).

. Le DIARPA a recommandé divers types d'aménagement en fonction des conditions du milieu (Agbossou, 1999). Les aménagements proposés constituent des solutions techniques répandues et éprouvées permettant de prendre en compte la diversité du milieu. Donc, non seulement les caractéristiques du milieu vont être prises en compte, les réalités climatiques et surtout hydrologiques seront des indicateurs sérieux sur lesquels l'approche va être adaptée afin d'être adoptée.

Ainsi l'approche qui est un outil d'aide à la décision pourra être développée à l'attention :

- des planificateurs dans la définition et le choix des programmes de développement et de mise en valeur des bas-fonds en fonction des potentialités et des contraintes ;
- des opérateurs du développement pour définir des types d'aménagement et des techniques adaptés aux caractéristiques du fonctionnement du bas-fond et répondre aux attentes et aux possibilités des populations concernées. Le diagramme des combinaisons des indicateurs du diagnostic rapide est utilisé comme une clé de détermination des aménagements types aux conditions du milieu. Chaque aménagement est déterminé par une combinaison des classes des valeurs de ces 7 différents indicateurs (Tableau 1).

Tableau 1 : Indicateurs physiques pour la détermination du type d'aménagement

| Paramètres | Indicateurs |
|-------------|---|
| Pédologie | Perméabilité du sol (m /s) |
| | Profondeur d'une couche imperméable |
| Topographie | Pente longitudinale moyenne du bas-fond (%) |
| | Axe d'écoulement |
| Hydrologie | Débit de crue par ml de largeur de bas-fond (l/s) |
| | Profondeur de la nappe d'inéflux du bas-fond (Début-Janvier (m) |
| | Durée minimale de couverture des besoins en irrigation par les écoulements de base (Mois) |

Source : Legoupil, 1995

ml : mètre linéaire

Les aménagements proposés constituent des solutions techniques répandues et éprouvées permettant de prendre en compte la diversité du milieu (Lidon et al., 1993 ; Danvi (1996) cité par Lawson, 2001). Les techniques d'aménagement proposées sont assez variées autour de quelques grands modèles et peuvent répondre à bon nombre de demandes.

Face à la grande diversité des bas-fonds et à leur complexité, les types d'aménagement proposés dans le diagramme d'aide à la décision ne sont pas à considérer comme standards car les caractéristiques de l'aménagement seront adaptées aux conditions spécifiques de chaque site. Au total, six types d'aménagement sont proposés avec des schémas bien définis (Tableau 2).

Du tableau, il sera ressorti les 6 cas suivants :

- ❖ les diguettes en courbes de niveau ;
- ❖ les diguettes déversantes simples en courbes de niveau ;
- ❖ les diguettes en courbes de niveau avec déversoirs centraux ou latéraux ;
- ❖ les diguettes déversantes sans masque d'étanchéité ;
- ❖ les diguettes déversantes avec masque d'étanchéité ;
- ❖ les ouvrages de déversions pour l'épandage des crues et pour le soutien de la nappe.

Tableau 2 : Détermination des types d'aménagement à partir des 7 indicateurs physiques

| | | Paramètres | | | | | | | Types d'aménagement |
|-------------|--|---|------------------|---|---|---|-------------|-------------|---|
| | | Topographiques | | | Hydrologiques | | | | |
| Indicateurs | Pédologiques | Pente longitudinale moyenne du bas-fond (%) | Axe d'écoulement | Débit de crue par ml de largeur de bas-fond (l/s) | Profondeur de la nappe d'infiltration du bas-fond (Début-Janvier (m)) | Durée minimum de couverture des besoins en irrigation par les écoulements de base | | | |
| 1 | Perméabilité (m/s) d'une couche imperméable | < 10 ⁻⁴ | Indifférent | Pas d'axe d'écoulement marqué | 1 l/s | Indifférent | Indifférent | Indifférent | Diguettes déversantes en courbes de niveau |
| 2 | | < 10 ⁻⁴ | Indifférent | Avec ou sans axe d'écoulement marqué | 20 l/s | Indifférent | Indifférent | Indifférent | Diguettes en courbes de niveau avec ouvrage de déversement des crues |
| 3 | | < 10 ⁻⁴ | Indifférent | Axe d'écoulement peu encaissé | 130 l/s | Indifférent | Indifférent | Indifférent | Seuils déversants sans masque d'étanchéité |
| 4 | | > 10 ⁻⁴ | < 2 m | Axe d'écoulement encaissé | 130 l/s | Indifférent | Indifférent | Indifférent | Seuils déversants avec masque d'étanchéité |
| 5 | | < 10 ⁻⁴ | Indifférent | Axe d'écoulement marqué | 2 l/s | Indifférent | Indifférent | 1 mois | Ouvrages de diversion pour l'épandage des écoulements |
| 6 | | > 10 ⁻⁴ | > 2 m | Axe d'écoulement encaissé | 200 l/s | < 2 m | 1 mois | 1 mois | Ouvrages de diversion pour la réinfiltration et la recharge de la nappe |

Source : Legoupil, 1993

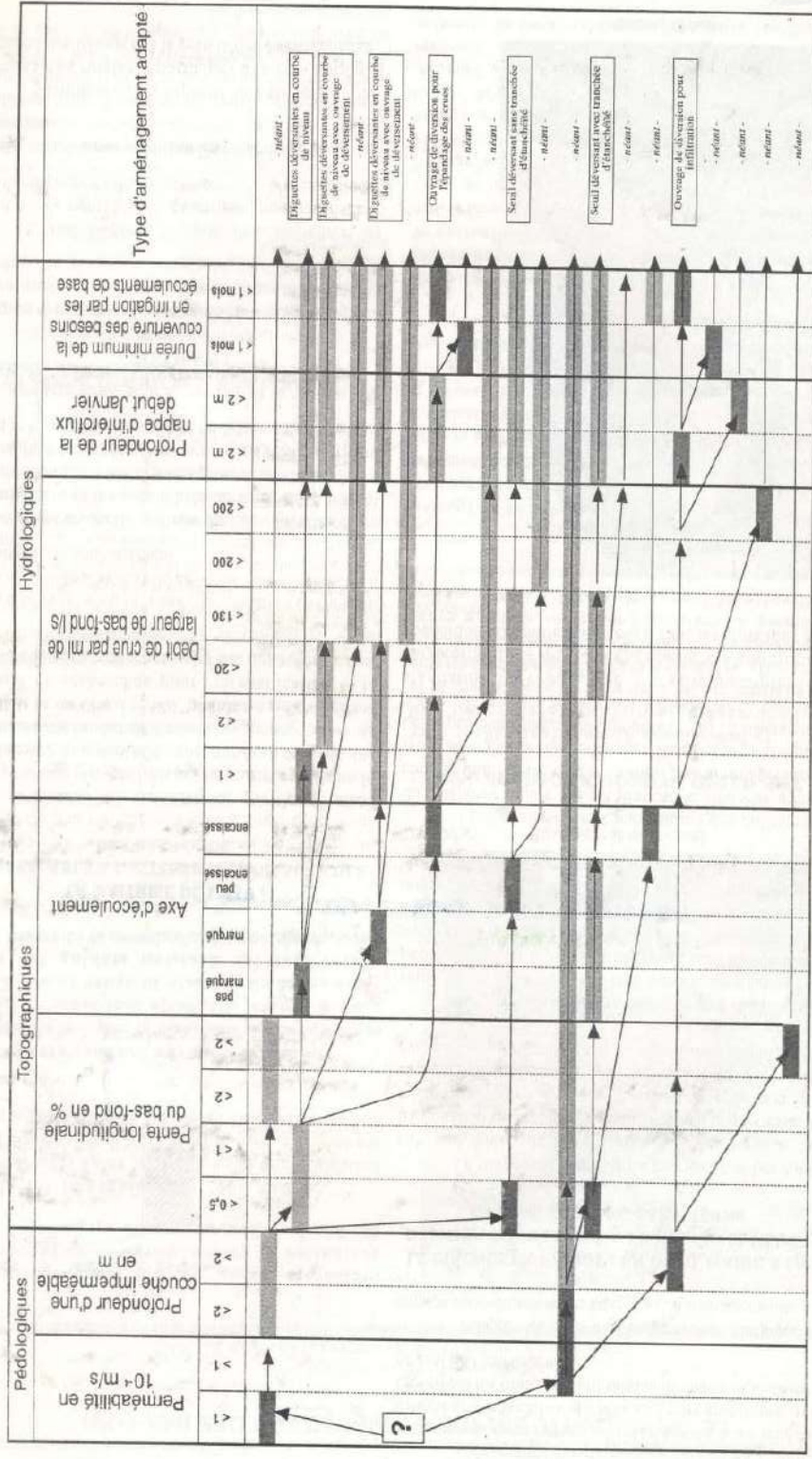


Figure 1 : Combinaison des différentes variables pour le choix des plans d'aménagement

4. Analyse des résultats de l'approche

Les bas-fonds étant des unités agro-écologiques particulières dominées par une hydromorphie presque permanente, trois éléments les caractérisent : la végétation (constituée d'hydrophytes), le sol (hydromorphe) et l'hydrologie. Mais ils se caractérisent également par leur fonctionnement hydraulique qui dépend du climat, de la topographie, de la structure du sol, du niveau de l'eau et du drainage (Ogban (1999) cité par Lawson (2001).

Le diagramme des combinaisons des indicateurs du diagnostic rapide est utilisé comme une clé de détermination des aménagements types aux conditions du milieu et la perméabilité du sol du bas-fond est un critère principal pour le choix du type d'aménagement. Une forte perméabilité conduit à des aménagements ayant un effet de régulation de la nappe. Cet aménagement sera du type seuil déversant avec tranchée d'étanchéité ou du type ouvrage de diversion permettant de soutenir la nappe par des canaux d'infiltration.

Une faible perméabilité conduit à des types d'aménagement dont l'objectif sera d'améliorer la régularité de l'épandage des eaux de surface (crues).

Mais il faut reconnaître que les types d'aménagement proposés dans ce diagramme d'aide à la décision ne sont pas à considérer comme standards car les caractéristiques de l'aménagement seront adaptées aux conditions hydro-climatiques spécifiques de chaque site. Or l'approche DIARPA a vu le jour dans les pays du sahel où la chaleur est souvent intense, les hauteurs de pluie annuelles sont faibles, et les cours d'eau ont des débits très limités surtout en saison sèche, contrairement aux pays de la zone subéquatoriale ou équatoriale comme le Bénin. Alors, en se basant seulement sur ces facteurs hydro-climatiques, on peut dire que les indicateurs de DIARPA ne sont pas suffisants pour une application dans les aménagements des bas-fonds au Bénin (Hounsou, 2003 ; Aklé, 2017).

➤ CAS DES BAS-FONDS DU BÉNIN

En matière de potentialités, le Bénin dispose d'importantes superficies de bas-fonds (258 000 ha). Ce sont des dépressions privilégiées où se concentrent les eaux de ruissellement où de recharge d'aquifère importante. Largeur moyenne entre 20 et 500 mètres. Ce terme exclut plaines alluviales, grandes vallées fluviales, dépressions côtières, deltas fluvio-marins, lagunes, mangroves, deltas intérieurs, lacs, grands marais tourbeux, thalwegs à fortes pentes (Jamin et Windmeijer, 1996). En effet, le Bénin dispose de 4 types (I, II, III et IV) de terres irrigables réparties dans tous les départements du pays. Mais, il n'y a que deux (02) types qui sont des bas-fonds (Danvi, 1995) et se retrouvent surtout dans les départements des Collines et ceux de la Donga, de l'Atacora, du Borgou, et du Zou. Compte tenu des conditions

hydrologiques et climatiques, les Bas-fonds de Types I et II avoisinent ceux de la zone d'élaboration du DIARPA, caractérisée par une limite d'hydromorphie de précipitation inférieure à 1000 mm et d'absence de cours d'eau d'ordre 1 pérennes. Or au Sud du pays, la plupart des vallées sont d'ordre 2 et supérieur, donc plus humides que ceux de la zone sahélienne d'application du DIARPA. Alors, ceci amène à penser à une gestion des surplus d'eau qu'il peut y avoir sur les bas-fonds du Bénin. Donc les plans d'aménagement à proposer ici seront des systèmes à dominance drainage du trop-plein que de rétention. Du coup, les ouvrages à prévoir dans un plan d'aménagement des bas-fonds dans les zones I et II doivent être robustes pour supporter les flux hydriques excédentaires de ces zones du Bénin. Par contre pour les zones III et IV, il faut encore plus de technicité pour réussir leur aménagement du fait de l'humidité plus importante. En effet, au sein d'un même pays, la diversité régionale peut aussi être très forte (Aklé, 2017). De même pour un même tronçon, les caractéristiques morpho-pédologiques des bas-fonds varient suivant que l'on soit en zone soudano-sahélienne ou soudano-guinéenne selon Albergel et al. (1993). Pour ces auteurs, la typologie propose des aménagements hydroagricoles. Ces aménagements sont classés en fonction de la pluviométrie annuelle. Mais les méthodes en vigueur sont jugées peu opérationnelles par les utilisateurs. En effet, cette méthode permet de définir le type d'aménagement le plus approprié et ses caractéristiques et par voie de conséquence d'améliorer l'adéquation des aménagements réalisés aux conditions socioéconomiques des communautés villageoises bénéficiaires et aux caractéristiques physiques du terroir (Prince Agbodjan, 1999).

➤ **POSSIBILITÉS D'APPLICATION DU DIARPA**

Les normes d'aménagement définies régionalement ne peuvent se généraliser sans précaution. Dans une même région, chaque bas-fond est un cas particulier qu'il faut observer, pour proposer un aménagement adopté (Aklé, 2017). Les études de sites pilotes doivent avoir lieu dans les bas-fonds du Bénin afin d'aboutir à une approche qui permettra de sécuriser les productions avec une maîtrise de l'eau. Le DIARPA a recommandé divers types d'aménagement en fonction des conditions du milieu. Ainsi, l'utilisation de l'approche DIARPA élaborée en milieu sahélien (Mali), pourrait avoir quelques insuffisances dans son adaptation en zone subéquatoriale comme notre zone d'étude.

Ce qu'il faut faire, c'est d'adapter cette approche aux aménagements au Bénin. Les expérimentations vont se baser sur, en plus des 7 indicateurs, d'autres paramètres physiques pouvant permettre d'aboutir à aménagements durables de ces bas-fonds du Bénin afin d'avoir une bonne maîtrise de l'eau pour l'agriculture.

Comme, perspectives : Quelques travaux ont abordé la question surtout dans le monde universitaire, mais, le bras technique de l'état en matière des aménagements et la mise en valeur des bas-fonds ne s'intéresse pas encore à la chose (DGR, CBF, MAEP).

Conclusion

Le Diagnostic rapide de Pré-Aménagement (DIARPA) permet d'aboutir au choix du type d'aménagement le plus approprié pour mettre en valeur de façon durable un bas-fond. C'est un élément d'un diagnostic plus global, qui doit intégrer les critères socio-économiques pour devenir un outil d'aide à la décision à la fois pour les opérateurs du développement et pour les planificateurs et pour les partenaires au développement.

Cette approche du DIARPA a fait ses preuves dans certains pays et méritent d'être appliquée dans les bas-fonds du Bénin afin de justifier les schémas d'aménagement en vigueur sur les sites. Ainsi les réflexions doivent continuer dans ce sens afin qu'une approche plus adéquate soit élaborée pour la réussite des aménagements hydroagricoles au Bénin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGBOSSOU, K. E. (1999) : Adaptation à l'agro-écologie guinéenne du sud Bénin du DIARPA (Mise au point en zone soudanienne). Rapport de l'atelier régional sur la gestion de l'eau en Afrique tropicale humide. ETSHER, Man Côte d'Ivoire, pp. 106-116.

AHMADI N. et TEME B. (1998) : Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali. Bilan et perspectives nationales, intérêt pour la zone de savane Ouest-Africaine. Actes du séminaire, Sikasso, Mali. Colloques, Montpellier, France, 498 pages.

AKLE B. G. (2017) : Caractérisation hydraulique et agronomique des bas-fonds de Logbo et Wantègo (commune de Covè, Département du Zou, Bénin) en vue de leur aménagement durable. Mémoire de Master, FSA, 143 pages.

ALBERGEL J., LAMACHERE J. M., LIDON B., VANDRIEL W., (1993) : Mise en valeur des bas-fonds au Sahel. Typologie, fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles. Rapport final d'un projet CORAF-R³, 335 Pages.

BERTON, S. (1988). La maîtrise des crues dans les bas-fonds. Petits et micro-barrages en Afrique de l'Ouest. Dossier n° 12 C F/GRET/ACCT. 474p.

BLANCHET, F., LEGOUPIL, J-C., LIDON. B (1995) : Fonctionnement hydrique, mise en valeur durable des zones de bas-fonds in JA IN, J. Y. et WINDMEIJER, P. N. (ed.) : Characterization of inland valley agro-ecosystems : a tool for sustainable use. Proceedings of the first scientific workshop of the inland valley Consortium, Bouaké, WARDA, 6/10 November 1995. Bouaké (Côte d'Ivoire), IVC/CBF, pp 47-76.

DANVI C. C. (1995). Cours de l'aménagement des bas-fonds rizicoles, ETSHER, Ouagadougou, 65p.

DEVILLE, P. L. & BOUCHER, L. (1996) : Les Bas-fonds en Afrique Tropicale Humide. Collection le point sur, CF/CTA/ GRET, 415p.

DEVILLE P. & BOUCHER L., (4 -7 Avril 1995) : Dynamiques de mise en valeur des bas-fonds en zones humides d'Afrique de l'Ouest. Communication au Colloque « Quel avenir pour les rizicultures de l'Afrique de l'Ouest ? » CIRAD-CA/REGARDS. Bordeaux 30 pages.

HOUNSOU B. M., (2003) : Evaluation des aspects morfo-pédologiques et hydrologiques pour la caractérisation et l'aménagement d'un bas-fond : cas du bas-fond d'Adjanoudoho (commune de Dassa-zoumè). Mémoire de DESS/AGRN à la FSA, 105 pages.

JAMIN, J. Y. et WINDMEIJER, P. N. (1996) : Revue des résultats pour la mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'Ouest. Actes du 4^e atelier annuel du Consortium Bas-fonds. ADRAO, Bouaké, 182 p.

LAWSON, M. L. (2001) : Etude du fonctionnement hydrologique et hydraulique d'un bas-fond en vue de sa mise en valeur : cas du bas-fond de Sedjè-Dénou (Zè). Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UNB, 142p.

LEGOUPIL, J. C., LIDON, B. et JAMIN J. Y. (1993) : Appui au programme CIRAD de mise en valeur et d'exploitation des bas-fonds au Sud-Mali et Nord-Ghana. CIRAD, Montpellier, France, rapport de mission.

LIDON B., BLANCHET F. et LEGOUPIL J.-C. (1995) : Le diagnostic rapide hydraulique d'un aménagement de bas-fond : choix du type, évaluation de l'impact en relation avec son coût. Actes du séminaire Sikasso, Mali, Pp 191-200.

PRINCE AGBODJAN, J. A. (1999) : Etude du fonctionnement hydraulique d'un bas-fond en vue de l'aménagement en zone soudano-guinéenne. Cas du bas-fond d'Akouégba (Glazoué), thèse d'Ingénieur agronome, FSA/ UNB, 167 p.

Wopereis, M. C. S.; Defoer, T., Idinoba P.; Dugue, M. J. S. et Diack, S. (2002) : Manuel technique pour APRA-GIR. Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO), Bouaké, Côte d'Ivoire. Edition préliminaire. 44 p.

Variabilité climatique et adaptation basée sur les écosystèmes : Cas de la Commune de Boukoubé en République du Bénin

Oscar TEKA (*Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi*) Email : tekaos@yahoo.fr

Etienne DOSSOU (*Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi*) Email : dossou.et@gmail.com

Rosos A. V. DJIKPO (*Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi*), Email: djikporosos@gmail.com

Résumé

Le changement climatique représente une des menaces qui entravent le développement du secteur agricole. La productivité des systèmes agricoles et forestiers subit des modifications interannuelles significatives suite aux irrégularités pluviométriques et thermiques. La présente étude a pour objectif d'identifier les impacts des changements climatiques et les techniques d'adaptation pertinentes pour l'amélioration de la résilience des communautés de la Commune de Boukoubé.—La méthodologie adoptée est basée sur la collecte de données qualitatives et quantitatives à travers la revue documentaire, des entretiens et des enquêtes structurées. Les données climatiques ont été obtenues à Météo-Bénin. Le traitement des données a permis de faire des prévisions des paramètres climatiques (températures, précipitations, nombre de jours de pluie, le début et la fin de la saison des pluies) extraites de la plateforme Africlim à l'horizon 2050 sous les scénarios RCP 4.5 et 8.5. Quant à l'évaluation des impacts du changement climatique sur les agroécosystèmes (productivité), elle est basée sur l'exploitation des statistiques agricoles et forestières. Les résultats révèlent un dérèglement du calendrier agricole suite au changement climatique (modification des dates de début et de fin de la saison, répartition anormale des précipitations). Les tendances futures sont globalement en défaveur des cultures du milieu. La variabilité observée dans les précipitations a des effets sur le rendement de certaines cultures et sur les écosystèmes forestiers. Dans les écosystèmes forestiers, il sera observé une amélioration de la décomposition de la matière organique du sol et de l'azote disponible qui favorisent la croissance des arbres, les rendements en bois et le stock du carbone dans la biomasse. De nouvelles pratiques d'adaptation basée sur les écosystèmes ont été proposées.

Mots-clefs : Changement climatique, adaptation, agroécosystèmes, Boukoubé

Introduction

Le réchauffement global croissant de la planète Terre est une menace grave pour l'humanité (GIEC, 2007). Parmi les problèmes les plus préoccupants de notre époque, la variabilité et les changements climatiques, la croissance démographique rapide et les mutations environnementales (empreinte écologique, déforestation, dégradation des sols, etc.) occupent les positions les plus en vue. Les questions de vulnérabilité et d'adaptation basées sur les écosystèmes se posent avec une extrême acuité. Le rapport du panel intergouvernemental sur le changement climatique, indique que le climat s'est réchauffé d'environ 0,74 °C (0.56 - 0.92) au cours du 20^e siècle, avec une accélération du réchauffement

au cours des 30 dernières années. Les impacts de ce réchauffement climatique sur la biodiversité sont nombreux et font état de 15 à 37 % d'extinction possible chez les espèces terrestres au cours des 50 prochaines années (Thomas *et al.* 2004). Chez les végétaux, le réchauffement climatique observé ces dernières années, même s'il était de faible amplitude, a déjà eu des conséquences écologiques observables, en particulier sur la phénologie des espèces et sur leur distribution. Une étude européenne sur les espèces végétales dans le cadre de sept scénarios de changement climatique a révélé que plus de la moitié des espèces pourraient être vulnérables ou menacées d'ici 2080. La perte et le renouvellement attendus des espèces par pixel se sont avérés très variables d'un scénario à l'autre (27-42 % et 45-63 % respectivement, en moyenne pour l'Europe) et d'une région à l'autre (2,5-86 % et 17-86 %, en moyenne pour les scénarios) (Thuiller *et al.* 2005). Or en Afrique, les ressources végétales ont, depuis des siècles, joué un rôle alimentaire et commercial important. Les populations rurales d'Afrique sont particulièrement exposées aux aléas climatiques (Lawin *et al.*, 2011). Sur le plan économique, l'agriculture représente environ 35 % du produit intérieur brut régional après les services (37 %) qui sont en net progrès dans tous les pays de la Communauté à cause de la Avant-propos tertiarisation accrue de l'économie mondiale, à laquelle la région n'échappe pas. L'agriculture est aussi le secteur sur lequel repose le développement des capacités exportatrices des États, y compris ceux dotés d'importants gisements énergétiques (pétrole, gaz naturel) comme le Nigeria (Blein *et al.* 2008). Leur économie et leur sécurité alimentaire sont étroitement dépendantes de l'agriculture pluviale qui représente près de 93 % des terres cultivées. Il faut rappeler que 80 % des céréales consommées en Afrique sub-saharienne proviennent de ce type de production (Sultan, 2011).

Au Bénin, la plupart des écosystèmes des différentes régions agro-écologiques sont aujourd'hui marqués par une dégradation du fait de la forte variabilité climatique associée à une plus grande fréquence des phénomènes extrêmes (sécheresse, augmentation des températures, etc.) au cours des trois (3) dernières décennies (Ogouwalé, 2006 ; Yabi, 2008 ; Issa, 2012 et Ouorou Barré, 2014). De même, selon ces mêmes auteurs, un stress thermique supplémentaire et des sols plus secs entraîneraient des réductions de rendements dans les différentes régions agro-écologiques. La nécessité de trouver des solutions adéquates à ce problème est plus qu'urgente.

L'objectif de la présente étude est d'identifier les impacts des changements climatiques et les techniques d'adaptation pertinentes pour l'amélioration de la résilience des communautés de la Commune de Boukoubé.

Milieu d'étude

Situation géographique et caractéristiques environnementales de la Commune de Boukombé

La commune de Boukombé se distingue comme une entité territoriale du Nord-Ouest du département de l'Atacora, intégrée dans un cadre géographique aux coordonnées délimitées entre 10° et 10°40' de latitude Nord et entre 0°75' et 1°30' de Longitude Est (figure 1). Cette région s'étend sur une superficie de 1 036 km², avec 342 km² de terres arables. La commune est bordée au Nord-Est par Tanguéta, au Nord-Ouest par son propre territoire, au Sud et à l'Est par Natitingou et Toucountouna, et à l'Ouest par la République du Togo. Le relief de Boukombé se présente comme une vaste pénéplaine, principalement établie sur les séries géologiques de Kandé-Boukombé, et est marginée à l'Ouest par la chaîne du Buem. Les formations géologiques, dominées par le quartzite et les micaschistes, affleurent souvent dans les vallons, dessinant un paysage nord-sud ponctué à l'Est par la chaîne de l'Atacora. Le climat soudano-guinéen régit la région avec une saison des pluies d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. Les températures, rarement inférieures à 20°C, varient peu, atteignant des pics de 36°C en mars et des minimales de 24°C en août. La pluviométrie moyenne de 1 100 mm est inégalement répartie, impactant l'agriculture. L'harmattan, vent sec du Nord-Est, prévaut de novembre à février, tandis que la mousson apporte des pluies dès fin mars. Les sols, majoritairement ferrugineux tropicaux lessivés, se caractérisent par une faible teneur en matière organique et une texture sableuse vulnérable à l'érosion. Cinq classes principales sont distinguées : les sols minéraux bruts, peu profonds (moins de 10 cm), les sols peu évolués (profondeur de 10 à 30 cm), les sols ferrugineux tropicaux lessivés (3 à 100 cm de profondeur), et enfin, les sols hydromorphes situés dans les bas-fonds.

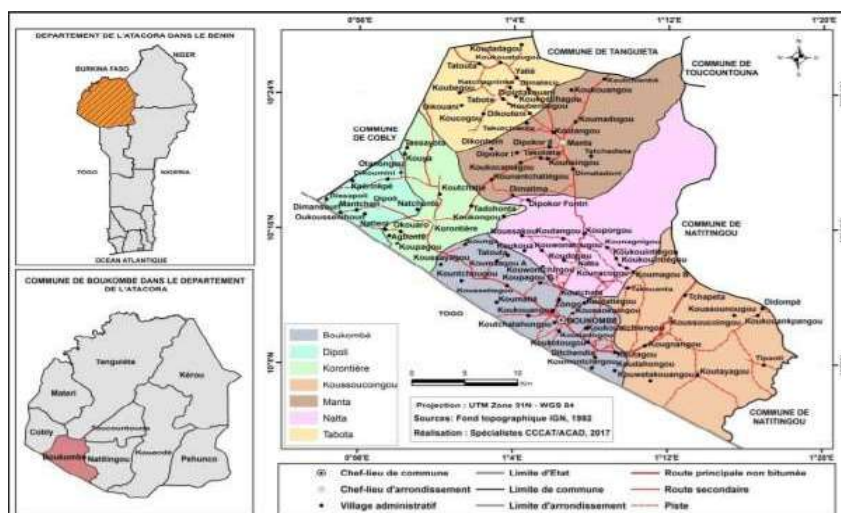


Figure 19 : Situation géographique de la Commune de Boukombé

Données démographiques et activités économiques

Selon le troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat (R.G.P.H. 3) de 2002, la population de la commune de Boukombé est de 60.568 habitants avec 29.523 hommes et 31.045 femmes. Quant à la répartition par âge, la population de Boukombé est très jeune, avec plus de 49,14 % de personnes âgées de moins de 40 ans. La population active, celle âgée de 15 à 60 ans, constitue 18,03 % de l'effectif total dont 48,74 % d'hommes et 51,25 % de femmes (INSAE: 2002). L'économie de la commune de Boukombé repose sur l'agriculture. Trente-quatre mille deux cents (34 200) ha représentent la superficie cultivable.

Méthodologie

Collecte des données

Quatre types de données ont été utilisés lors de cette étude : (i) les données climatiques, (ii) les données de rendement des cultures, (iii) les données relatives à la perception des communautés locales des changements climatiques, et (iv) les observations directes sur le terrain. Les données climatiques regroupent les données journalières de précipitations et de températures (minimales et maximales) de 1970 à 2020, recueillies auprès de Météo-Bénin. Les prévisions des paramètres climatiques que sont les températures et les précipitations, extraites de la plateforme Africlim à l'horizon 2050 sous les profils représentatifs d'évolution de concentration les scénarios RCP 4.5 et 8.5, ont été utilisées pour évaluer les modifications qui affecteraient le climat futur. Les rendements des principales spéculations pratiquées dans la Commune ont été collectées sur la période de 1981 à 2010 à partir des annuaires de statistiques agricoles, des rapports des campagnes agricoles et des rapports d'activités de l'ATDA/Boukombé.

Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été dépouillées et analysées avec les outils de traitement appropriés. Cette phase de traitement des données a permis de générer les graphiques, d'effectuer des tests statistiques et d'obtenir des tableaux de synthèse. Pour le traitement des données obtenues aux fins d'analyses de la variabilité climatique, il est question d'analyser l'évolution des précipitations (le cumul et la comparaison des séries de 30 ans), de déterminer les indices pluviométriques, les indices de concentration des précipitations pour apprécier la répartition temporelle des pluies.

- **Indice de Lamb**

Pour déterminer le caractère humide ou sec de la saison, l'indice de Lamb ou indice pluviométrique standardisé (I_p) est généralement utilisé. Il a vocation à indiquer à lui seul si la saison peut être qualifiée

d'excédentaire ($I_p > 0$) ou de déficitaire ($I_p < 0$) » (Ali *et al.* 2008). on l'exprime par l'équation (Servat *et al.* 1999) :

$$I_p = (X_i - \bar{X}) / \sigma$$

Où X_i , \bar{X} et σ désignent respectivement la variable de l'année ; i la variable moyenne interannuelle sur la période considérée (1991 à 2021) et l'écart-type de la série de pluviométrie et de température.

- **Indice de Concentration Pluviométrique saisonnier**

L'indice de Concentration des précipitations a été calculé pour voir la répartition des précipitations de 1991 à 2021. Selon De Luis *et al.*, (2011), l'indice de concentration des précipitations permet de connaître la distribution des pluies. C'est un indicateur puissant de la distribution temporelle de la précipitation à prendre en considération dans le système agricole lorsque la production végétale dans le milieu considéré s'effectue uniquement pendant la saison pluvieuse (Katé *et al.* 2016).

L'Indice de Concentration Pluviométrique saisonnier (PCI) est défini comme suit :

$$PCI_{\text{saisonnaire}} = 50X \frac{\sum P_i^2}{(\sum P_i)^2}$$

Avec P_i la pluviométrie moyenne mensuelle.

La signification des PCI supra-saisonnaire est présentée dans le tableau 1.

Tableau 20 : Signification des PCI supra-saisonnaire

| Valeur de $PCI_{\text{saisonnaire}}$ | Signification |
|---|--|
| $PCI_{\text{saisonnaire}} < 10$ | Pluies à distribution uniforme |
| $10 \leq PCI_{\text{saisonnaire}} < 16$ | Pluies à distribution modérée |
| $16 \leq PCI_{\text{saisonnaire}} < 20$ | Pluies à distribution irrégulière |
| $PCI_{\text{saisonnaire}} \geq 20$ | Pluies à distribution très irrégulière |

- **Indices agro-climatiques actuels et futurs**

Le calcul des indices agro-climatiques s'est basé sur les outputs agronomiques du modèle d'étude d'impacts dans STICS. Ces indices concernent le nombre de jours secs (NJS), le nombre de jours intermédiaires (NJI), le Nombre de jours humides (NJH), le début de la Saison de Croissance (DSC), la Fin de la Saison de Croissance (FSC), la Durée de la Saison de Croissance (DuSC). Cesdits indices ont été calculés pour la période 1971 à 2020 (état actuel) et la projection des valeurs de ces indices a été faite à l'horizon 2050 par rapport à la référence 1971-2020). Ainsi les variations ont été analysées.

Pour déterminer les impacts de la variabilité climatique sur les rendements agricoles et sur les écosystèmes forestiers, il a été calculé les anomalies des rendements des principales spéculations pratiquées dans la Commune et celles des paramètres climatiques. Ainsi, des corrélations entre ces paramètres (anomalies des éléments du climat et des rendements agricoles) ont été déterminées.

Résultats

Tendances climatiques actuelle dans la commune de Boukombé

Évolution annuelle de la pluviométrie des stations du milieu d'étude

La figure 2 illustre la variation de l'indice pluviométrique sur la période de 1991 à 2021 dans la Commune de Boukombé. L'analyse de l'indice de pluviométrie indiquant sur la période de 1991 - 2021, révèle 04 années sèches, avec des degrés de sécheresse variables d'une année à une autre et également 04 années humides, avec des degrés d'humidité variables d'une année à une autre. Dans la commune de Boukombé, les résultats montrent que l'année 1998 a été la plus humide (2,5) et l'année 2012 la plus déficitaire (-2,1). Le cumul de pluie enregistré a été particulièrement faible (< 1000 mm) sur les 2012, 2011, 2013, 2019, 2001, 1992, 2021, 2003 et 2020 et fort (>1200 mm) en 1991, 2010, 2005, 1994, 2002, 2009, 2008, 1998.

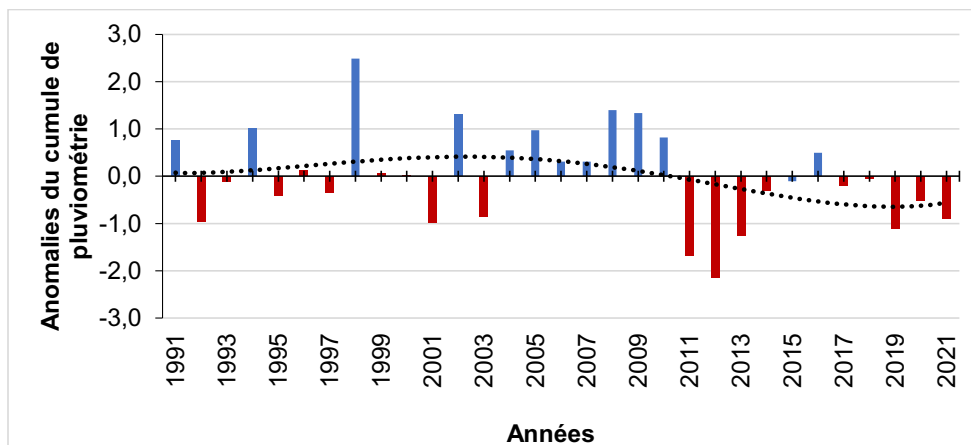


Figure 20 : Indice d'anomalie pluviométrique de Lamb de Boukombé de 1991 à 2021

Répartition spatio-temporelle des précipitations dans la Commune

L'indice de concentration des précipitations permet de mieux cerner la répartition spatio-temporelle des pluies. Les indices de concentrations des précipitations annuels pour la période de 1991 à 2021 présentent des valeurs allant de 13,13 à 25,71 pour le PCI annuel (Tableau 2). La répartition des précipitations dans la Commune de Boukombé suit donc trois types de distributions : une distribution

modérée ($10 \leq \text{PCI} < 16$), irrégulière ($16 \leq \text{PCI} < 20$) et très irrégulière ($\text{PCI} \geq 20$) suivant les années. Ainsi sur les années 1991, 1992, 1997, 1998, 2000, 2002, 2003, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 et 2021, on observe une distribution modérée des précipitations dans la commune de Boukombé. Les précipitations suivent une distribution très irrégulière sur les années 1993, 1995, 1996, 1999, 2001, 2004, 2006 et 2011. Les résultats de l'indice de concentration des précipitations saisonnier montrent une distribution plus ou moins uniforme des précipitations pendant la saison pluvieuse dans la commune sur la période de 1991 à 2021.

Tableau 21 : Indice de concentration de précipitation

| Années | PCI | | |
|--------|--------|--------------|------------------|
| | Annuel | Saison sèche | Saison pluvieuse |
| 1991 | 16,24 | 23,20 | 9,56 |
| 1992 | 17,16 | 22,71 | 9,49 |
| 1993 | 20,29 | 22,66 | 11,17 |
| 1994 | 15,96 | 27,80 | 9,32 |
| 1995 | 20,26 | 34,57 | 10,98 |
| 1996 | 20,45 | 46,88 | 11,16 |
| 1997 | 16,41 | 25,15 | 9,66 |
| 1998 | 18,63 | 48,37 | 10,09 |
| 1999 | 20,59 | 37,30 | 10,95 |
| 2000 | 19,74 | 50,00 | 10,27 |
| 2001 | 20,71 | 39,13 | 10,98 |
| 2002 | 17,80 | 36,13 | 10,75 |
| 2003 | 16,18 | 27,92 | 10,26 |
| 2004 | 22,13 | 29,01 | 12,48 |
| 2005 | 16,76 | 17,52 | 9,90 |
| 2006 | 22,13 | 23,11 | 11,90 |
| 2007 | 18,65 | 25,03 | 11,18 |
| 2008 | 18,18 | 28,22 | 9,97 |
| 2009 | 16,73 | 25,62 | 9,41 |
| 2010 | 19,17 | 50,00 | 9,97 |
| 2011 | 25,71 | 50,00 | 13,77 |
| 2012 | 16,77 | 50,00 | 11,38 |
| 2013 | 13,13 | 50,00 | 10,50 |
| 2014 | 18,92 | 46,58 | 10,73 |
| 2015 | 16,55 | 50,00 | 9,19 |
| 2016 | 16,00 | 23,27 | 9,68 |
| 2017 | 18,26 | 31,61 | 10,73 |
| 2018 | 17,22 | 20,63 | 9,73 |
| 2019 | 16,08 | 31,32 | 9,23 |
| 2020 | 19,30 | 35,23 | 10,50 |
| 2021 | 16,78 | 50,00 | 8,74 |

Variation interannuelle des températures

La figure 3 présente la variation interannuelle des températures minimales, moyennes et maximales sur la période de 1991 à 2021. La température moyenne annuelle varie de 26,85 °C à 28,02 °C. Au niveau des extrêmes thermiques, entre 1991 et 2021, on a relevé que les maxima ont varié de 27,41 °C à 39,74 °C. Tandis que les minima sont passés de 22,73°C à 25,28°C. Cette augmentation des tendances thermométriques du milieu pourrait influencer sur la phénologie des cultures et peut aussi s'expliquer par les manifestations des changements climatiques dans le milieu.

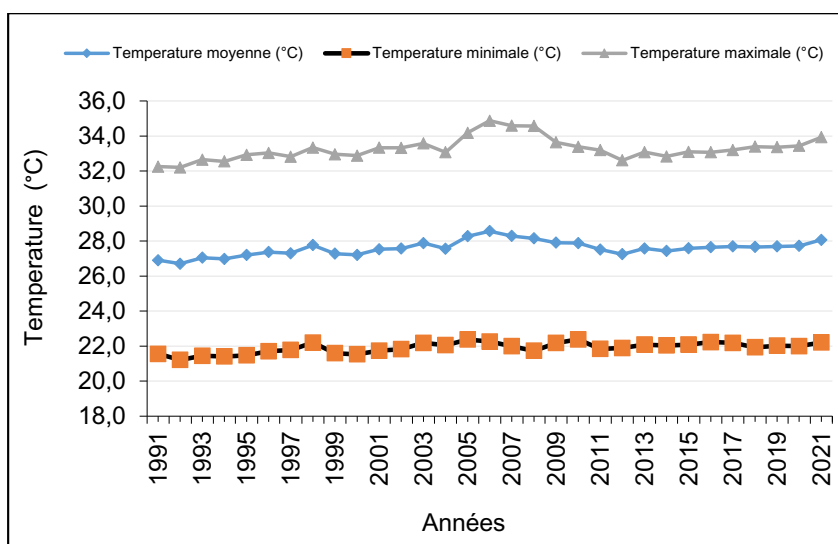


Figure 3 : Variation interannuelle et la tendance de la température maximale, minimale et moyenne dans la Commune de Boukombé

Tendances climatiques futures dans la commune de Boukombé

Projection de la précipitation à l'horizon 2050

La figure 4 illustre l'état actuel et la projection aux horizons 2050 à partir du RCP 4.5 et RCP 8.5 de la pluviométrie dans la commune de Boukombé. Des résultats de la modélisation prédictive des hauteurs de pluie à l'horizon 2050, il ressort que les hauteurs annuelles des précipitations accusent globalement une tendance à la hausse à l'horizon 2050 sous RCP4.5 et RCP8.5.

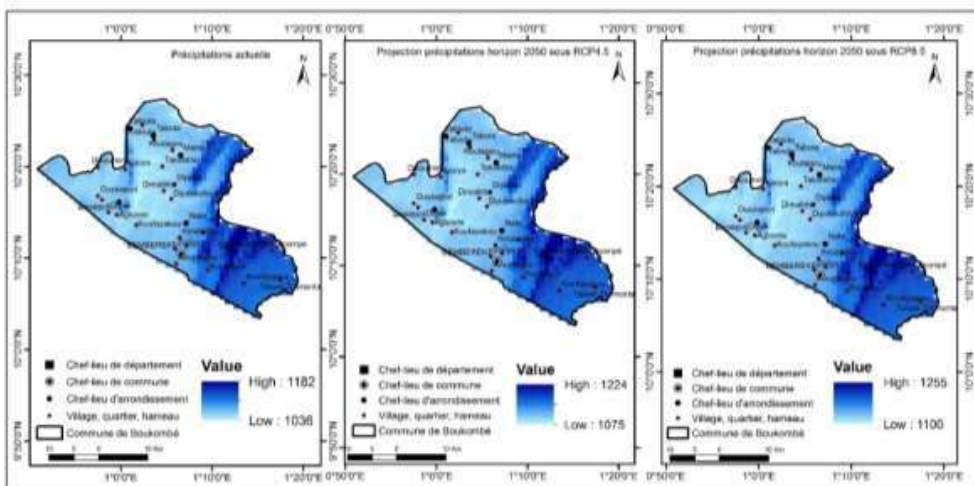


Figure 4 : Pluviométrie moyenne annuelle (mm) de la commune de Boukombé : état actuel et projections aux horizons 2050 à partir du RCP 4.5 et RCP 8.5

Projection de la température à l’horizon 2050

Les projections sous RCP 4.5 et RCP8.5 s'accordent pratiquement en indiquant une tendance à la hausse de la température ou du moins à un réchauffement à horizons 2050 avec des écarts moyens à la normale se situant dans la fourchette de 2,2°C (RCP 4.5) et 3°C (RCP8.5) (Figure 5).

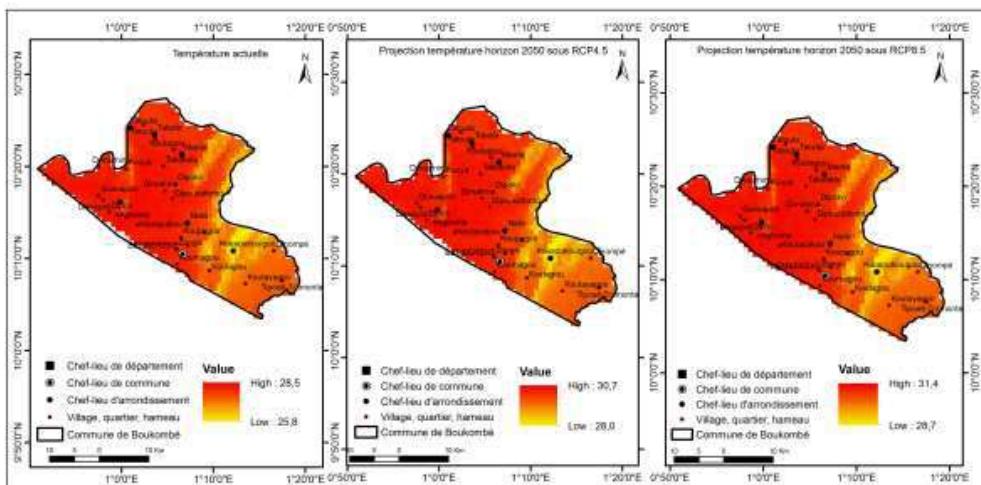


Figure 21 : Température moyenne annuelle (°C) de la Commune de Boukombé : état actuel et projections aux horizons 2050 à partir du RCP4.5 et RCP8.5

Risques climatiques majeurs dans la Commune Boukombé

Le tableau 3 suivant présente les risques climatiques majeurs identifiés dans la Commune de Boukombé.

Tableau 22 : Risques climatiques majeurs identifiés dans la Commune de Boukombé

| Risques climatiques majeurs | Potentiels impacts sur les moyens d'existence des communautés locales | Groupes sociaux les plus impactés (*) | Information requise pour une meilleure adaptation / résilience |
|--|---|---|--|
| Rareté des pluies/sécheresse | <ul style="list-style-type: none"> • Perte de biodiversité ; • Baisse de rendement de cultures ; • Déficit d'herbe et d'eau pour les animaux d'élevage ; • Insécurité alimentaire et nutritionnelle ; • Développement de maladies liées à la sécheresse. (Méningite) ; • Dessèchement des jeunes plants forestiers. | | <ul style="list-style-type: none"> • Prévisions climatiques et agro-climatiques (date des premières pluies de l'année, probabilité et durée des poches de sécheresse ; date des premières pluies utiles (début de la saison pluvieuse) ; dates de semis/plantation et itinéraires techniques des principales cultures de la Commune ; probabilité d'occurrence des vagues de chaleurs et des vents violents ; stratégie de gestion des pépinières, du petit élevage et de stockage/conservation des denrées agricoles dans le contexte des changements climatiques) ; |
| Pluies tardives et violentes/sécheresse saisonnière | <ul style="list-style-type: none"> • Retard des opérations de semis/plantation • Perturbations du calendrier agricole ; • Difficulté de bouclage du cycle des cultures • Dégradation des bassins versants ; • Pertes de terres ; • Destruction des ponts et infrastructures physiques. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Petits éleveurs ; 2. Petits exploitants agricoles ; 3. Éleveurs transhumants ; 4. Exploitants forestiers ; 5. Commerçants et transporteurs | <ul style="list-style-type: none"> • Éléments des savoirs locaux relatifs aux indicateurs naturels de la variabilité climatique ; |
| Pluies précoces/Poches de sécheresse | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations du calendrier agricole ; • Nécessité de re-semis ; • Difficultés d'approvisionnement en semences ; • Baisse de rendement de cultures ; • Difficultés de stockage et conservation des produits agricoles. | | |
| Chaleur excessive | <ul style="list-style-type: none"> • Dessèchement des cultures et des cours d'eau ; • Faible productivité de l'élevage ; • Impacts négatifs sur l'homme (faible rendement des efforts physiques). | | <ul style="list-style-type: none"> • Variétés extra-précoces de fonio et d'autres céréales/cultures exploitées dans la Commune ; |

| Risques climatiques majeurs | Potentiels impacts sur les moyens d'existence des communautés locales | Groupes sociaux les plus impactés (*) | Information requise pour une meilleure adaptation / résilience |
|-----------------------------|---|---------------------------------------|--|
| Vents violents | <ul style="list-style-type: none"> • Verse (**) du fonio et des autres céréales ; • Destruction des infrastructures ; • Chute des arbres ; • Propagation des incendies | | <ul style="list-style-type: none"> • Races animales adaptées aux nouvelles contraintes climatiques ; • Normes techniques de reboisement, d'agroforesterie, d'occupation des berges des cours d'eau et des unités de paysage ; • Stratégie de mécanisation du travail du sol et de gestion durable des terres. |
| Inondations | <ul style="list-style-type: none"> • Effondrement des habitations traditionnelles ; • Dégradation des terres et des écosystèmes (érosion hydrique), • Perte de la biodiversité ; • Dégradation des berges des cours ; • Maladies hydriques (telles que le paludisme, l'hépatite A, la salmonellose, les infections E. Coli, le Campylobacter). | | |

(*) Les groupes ont été présentés par ordre décroissant de l'impact perçu sur leurs moyens d'existence

(**) Le verse d'une culture désigne un accident de végétation atteignant principalement les céréales, provoqué par la pluie, le vent ou une attaque de parasites et couchant les tiges au sol.

Evolution des rendements agricoles des différentes spéculations

Le tableau 4 présente le rendement des cultures (Petit mil, Niébé, Voandzou, Soja, Sorgho, Piment, Arachide, Maïs, Riz, Patate douce, Gombo, Tomate, Manioc, Igname). L'analyse des coefficients de variation obtenus montre que les rendements des différentes spéculations ont subi de profondes variations. La forte variation a été obtenue au niveau du piment (près de 75%). La plus faible 9% est obtenue pour le manioc (Tableau 4). Le riz a le rendement le plus élevé (2108,90 kg/ha), l'igname vient en tête en termes de rendement (10304,90 kg/ha) au niveau des racines et tubercules.

Tableau 23 : Rendement moyen des cultures entre 1995 et 2016

| Cultures | Rendement moyen | Ecart-Types | Coefficient de variation (%) |
|-----------------|-----------------|-------------|------------------------------|
| Maïs | 1240,22727 | 334,648064 | 26,9828016 |
| Riz | 2108,90909 | 567,133889 | 26,8922872 |
| Sorgho | 698 | 88,3666604 | 12,65998 |
| Niébé | 743,227273 | 209,890659 | 28,2404409 |
| Arachide | 1008,68182 | 196,398862 | 19,4708439 |
| Manioc | 6259,54545 | 585,182489 | 9,3486419 |
| Igname | 10304,9091 | 2201,50613 | 21,3636637 |

| Cultures | Rendement moyen | Ecart-Types | Coefficient de variation (%) |
|--------------|-----------------|-------------|------------------------------|
| Patate douce | 5517,5 | 560,900785 | 10,1658502 |
| Taro | 5895,72727 | 2662,79013 | 45,1647439 |
| Voandzou | 834,5 | 408,283253 | 48,9254946 |
| Petit mil | 671 | 67,7333708 | 10,0943921 |
| Fonio | 691,136364 | 225,770489 | 32,6665621 |
| Tomate | 4109,125 | 1024,05051 | 24,9213765 |
| Piment | 874,1875 | 655,36974 | 74,9690129 |
| Gombo | 4795,4375 | 826,775743 | 17,2408825 |

Impacts de la variabilité climatique sur les écosystèmes et agrosystèmes

Les indicateurs de la variabilité pluviométrique observés ces dernières décennies se rapportent globalement au retard prononcé dans le démarrage effectif des pluies, à l'occurrence de longues séquences sèches au cours des saisons pluvieuses, et à la réduction significative des événements pluvieux, dans un scénario de persistance ou d'accentuation de ces risques, la production agricole pourrait être gravement affectée (une baisse de rendements, la prévalence des maladies, la perte des habitats écologiques des espèces de la faune et de la flore). Le tableau 5 suivant présente les indices agroclimatiques actuels et projetés pour la Commune de Boukoubé.

Tableau 24 : Indices agro-climatiques actuels et projetés pour la Commune de Boukoubé

| | Climat 1970-2020 | Climat futur 2050 | Ecart en jours |
|---|------------------|-------------------|----------------|
| Nombre de jours secs (NJS) | 179 | 197 | 18 |
| Nombre de jours intermédiaires (NJI) | 73 | 69 | -4 |
| Nombre de jours humides (NJH) | 138 | 121 | -17 |
| Début de la Saison de Croissance (DSC) | 09-mai | 13-mai | 4 |
| Fin de la Saison de Croissance (FSC) | 23-oct | 11-oct | -12 |
| Durée de la Saison de Croissance (DuSC) | 170 | 153 | -17 |

Écarts en jours par rapport à la période de référence

Source : Outputs agronomiques du modèle d'étude d'impacts dans STICS, Novembre 2022

L'examen du tableau 7 permet de conclure que quatre sur les six indices pourraient se détériorer à l'horizon 2050 en référence aux valeurs obtenues au cours de la période 1971-2020. Le nombre de jours secs (NJS) et le début de la saison de croissance (DSC) connaîtront des augmentations respectives de 18 et 4 jours, les autres indices, notamment le nombre de jours intermédiaires (NJI), le nombre de jours humides (NJH), la fin de la saison de croissance et la durée de la saison de croissance (DuSC) connaîtront des

réductions significatives susceptibles d'affecter négativement les rendements agricoles et les écosystèmes forestiers.

Discussion

La variabilité pluviométrique dans la commune de Boukombé s'inscrit dans le cadre plus large des changements observés dans la zone soudano-sahélienne, où l'alternance entre des années sèches et humides est devenue plus marquée en raison des changements climatiques (Nicholson, 2001). La sécheresse, en particulier, a été identifiée comme un moteur clé de la dégradation des terres et de la diminution de la productivité agricole dans cette région (Mortimore et Adams, 2001). Cette variabilité pluviométrique observée à Boukombé est en accord avec les tendances globales de réduction des précipitations en Afrique sub-saharienne, telles que rapportées par des études antérieures qui ont montré une baisse de l'ordre de 10% dans certaines régions, avec des impacts significatifs sur les ressources en eau (Aka *et al.* 1996). Ces résultats sont alarmants car ils signalent une tendance vers des conditions climatiques plus arides, susceptibles d'affecter les ressources hydriques et les écosystèmes dépendants (Anzoumanan *et al.* 2019). Les fluctuations de la pluviométrie ont un impact direct sur les pratiques agricoles et la sécurité alimentaire. L'irrégularité des précipitations nécessite l'adoption de systèmes de culture plus résilients et d'une gestion de l'eau plus efficace (Rockström *et al.* 2010). Amoussou *et al.* (2016) ont noté des impacts similaires du climat sur les ressources en eau au Bénin, soulignant ainsi l'importance de l'adaptation des pratiques agro-pastorales en réponse à la variabilité climatique. L'utilisation de techniques telles que la collecte des eaux de pluie et l'irrigation goutte-à-goutte pourrait aider à atténuer certains des défis posés par cette variabilité (Barron *et al.* 2003).

L'augmentation des températures a des implications significatives pour la phénologie des cultures. Des études ont montré que même de faibles augmentations de température peuvent avancer la phénologie des cultures, ce qui affecte les périodes de floraison et de récolte et, par conséquent, les rendements (Lobell et Gourdj, 2012). Cela nécessite une attention particulière pour l'adaptation des calendriers agricoles et la sélection de variétés tolérantes à la chaleur (Howden *et al.* 2007).

Concernant les projections climatiques futures, les modèles indiquent une augmentation potentielle des précipitations pour la région, ce qui pourrait avoir des implications positives et négatives. Par exemple, une augmentation des précipitations pourrait améliorer la recharge des aquifères et la disponibilité de l'eau, mais elle pourrait également entraîner une augmentation des maladies transmises par l'eau et des inondations (Kundzewicz, 2008). L'adaptation basée sur les écosystèmes, telle que la conservation des zones humides et la restauration des forêts, pourrait jouer un rôle essentiel dans la gestion de ces risques

(Munang *et al.* 2013). Ces stratégies pourraient inclure la restauration des paysages forestiers et l'agroforesterie, des méthodes promues par Geneletti *et al.* (2017) pour renforcer la résilience des communautés locales face aux changements climatiques.

L'identification des risques climatiques majeurs et leurs impacts potentiels sur les moyens d'existence locaux souligne l'importance cruciale de l'information climatique pour une meilleure adaptation. Les prévisions climatiques et agro-climatiques avancées ainsi que l'intégration des savoirs locaux sont essentielles pour élaborer des stratégies d'adaptation et de résilience efficaces, comme l'ont souligné Adger *et al.* (2003) dans leurs travaux sur la vulnérabilité et la résilience aux changements environnementaux.

Conclusion

La présente étude a montré que la Commune de Boukombé a connu des variations significatives en termes de pluviométrie sur la période de 1991 à 2021, avec des années alternantes entre sèches et humides. L'année 1998 a été la plus humide et l'année 2012 la plus sèche. L'analyse des précipitations a montré une distribution allant de modérée à très irrégulière au cours de la période étudiée, ce qui pourrait influencer la gestion de l'eau et l'agriculture. Les températures interannuelles sont à la hausse, ce qui pourrait avoir un impact sur la phénologie des cultures et la biodiversité, ainsi qu'être un indicateur des changements climatiques dans la région. Par ailleurs, les modèles prévoient une augmentation générale des précipitations pour l'horizon 2050, ce qui pourrait signifier des changements dans les pratiques agricoles et la gestion des ressources en eau. Les températures connaîtront également une hausse pour 2050, avec une augmentation moyenne se situant entre 2,2°C et 3°C selon les scénarios, indiquant un réchauffement climatique continu. Les risques identifiés comprennent la rareté des pluies, les sécheresses, les pluies tardives et violentes, les poches de sécheresse, la chaleur excessive, les vents violents et les inondations, tous ayant des impacts significatifs sur la biodiversité, l'agriculture, l'élevage, et la santé humaine. Les cultures ont montré de profondes variations de rendement, avec le piment présentant la variation la plus forte. L'igname a le rendement le plus élevé pour les racines et tubercules, tandis que le riz a le rendement le plus élevé pour les céréales. La variabilité pluviométrique a entraîné un retard dans le démarrage des pluies, des séquences sèches longues pendant les saisons pluvieuses, et une réduction des événements pluvieux, affectant potentiellement la production agricole. La comparaison des indices agro-climatiques actuels et futurs révèle une augmentation du nombre de jours secs et un raccourcissement de la saison de croissance, ce qui pourrait dégrader les conditions de culture et les écosystèmes forestiers. En somme, ces résultats indiquent que la commune de Boukombé

est confrontée à des défis significatifs en matière de gestion de l'eau et de l'agriculture dus à la variabilité climatique, et ces défis pourraient s'intensifier à l'avenir. Des stratégies d'adaptation basées sur les écosystèmes et une planification attentive seront nécessaires pour atténuer les impacts négatifs sur la vie des communautés locales et l'environnement.

Référence bibliographique

- Adger, W. N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. 2003.** Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in development studies*, 3(3), 179-195.
- Aka, A. A., Servat, E., Paturel, J. E., Kouamé, B., Lubès, H., & Masson, J. M. 1996.** Analysis of the temporal variability of runoff in Ivory Coast: statistical approach and phenomena characterization. *Hydrological sciences journal*, 41(6), 959-970.
- Ali, A., Lebel, T. & Amani, A. 2008.** Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel. *Sécheresse*, 19 (4) : 227-35
- Amoussou, E., Vodounon, S. T., Hougni, A., Vissin, E. W., Houndenou, C., Mahe, G., & Boko, M. 2016.** Changements environnementaux et vulnérabilité des écosystèmes dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger. *International Journal of biological and chemical sciences*, 10(5), 2183-2201.
- Anzoumanan, K., Koffi, Y., Kouassi, A. M., Kouakou, B. & Seydou, D. 2019.** Impact des Évolutions Climatiques sur les Ressources en eau des Petits Bassins en Afrique Sub-Saharienne: Application au Bassin Versant du Bandama à Tortiya (Nord Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal ESJ*. 15. 10.19044/esj.2019.v15n9p84.
- Barron, J., Rockström, J., Gichuki, F., & Hatibu, N. 2003.** Dry spell analysis and maize yields for two semi-arid locations in east Africa. *Agricultural and forest meteorology*, 117(1-2), 23-37.
- Blein, R., Soulé, B. G., Faivre-Dupaigre, B., & Yérima, B. 2008.** Les potentialités agricoles de l'Afrique de l'Ouest. *CEDEAO, Farm*.
- De Luis, M., Gonzalez-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., & Longares, L. A. 2011.** Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(5), 1259-1265.
- Geneletti, D., La Rosa, D., Spyra, M., & Cortinovia, C. 2017.** A review of approaches and challenges for sustainable planning in urban peripheries. *Landscape and Urban Planning*, 165, 231-243.
- Houessou, S.F. 2014.** Instabilité intrasaisonnière des indicateurs climatiques et production du maïs dans le delta intérieur du fleuve Ouémé, rive gauche (Bénin) (Thèse de Doctorat Unique). UAC, FLASH. 264 p

- Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. 2007.** Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(50), 19691-19696.
- Kate, S., Azontonde, A. H., Dagbenonbakin, G. D., & Sinsin, B. 2016.** Effets des changements climatiques et des modes de gestion sur la fertilité des sols dans la commune de Banikoara au nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1), 120-133.
- Kundzewicz, Z. W. (2008).** Climate change impacts on the hydrological cycle. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8(2-4), 195-203.
- Lambin E.F., Turner B.L. & Geist H.I. 2001.** The causes of land-use and land- cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change II* : 261- 269.
- Lawin, A. E., A., Afouda & Lebel T., 2011.** Analyse de la Variabilité du Régime Pluviométrique dans la Région Agricole d'Ina au Bénin. *European Journal of Scientific Research*, pp. 425-439.
- Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. 2012.** The influence of climate change on global crop productivity. *Plant physiology*, 160(4), 1686-1697.
- Mortimore, M. J., & Adams, W. M. 2001.** Farmer adaptation, change and 'crisis' in the Sahel. *Global environmental change*, 11(1), 49-57.
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Liu, J., & Rivington, M. 2013.** Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 67-71.
- Nicholson, S. E. 2001.** Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries. *Climate research*, 17(2), 123-144.
- Ogouwalé E., 2006.** Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : Indicateur, scénario et perspectives de la sécurité alimentaire. (Thèse de doctorat unique) EDP/FLASH, UAC, 302 p.
- Ouoba A.P. 2013.** Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè (Thèse de doctorat unique). Géographie, Université de Ouagadougou, 305 p
- Ouorou Barrè I.F. 2014.** Contraintes climatiques, pédologiques et production agricole dans l'Atacora (Nord-ouest du Bénin). Thèse de doctorat unique, EDP/FLASH, UAC. 241 p.
- Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S. P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T. et al. 2010.** Managing water in rainfed agriculture—The need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*, 97(4), 543-550.
- Seguin, B., 2010.** Coup de chaud sur l'agriculture. *Météorologie*. 71: 1-55.
- Sultan, B. 2011.** L'étude des variations et du changement climatique en Afrique de l'Ouest et ses retombées sociétales. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie.

- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, van Jaarsveld, B. A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L. & Williams, S. E. 2004.** Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145-148.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T., & Prentice, I. C. 2005.** Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(23), 8245-8250.
- Yabi I. 2008.** Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin. Thèse de Doctorat Unique, EDP, FLASH, UAC. 235 p.
- Yabi, I. & Afouda, F. 2012.** Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International*, 262: 39-43.
- Zoellick, R.B. & Robert, B.A., 2009.** A climate smart future. Nation Newsp. Vintage Press Ltd. Lagos Nigeria. 1-18.