



Annales de l'Université de Parakou

Parakou, Bénin

Dépôt légal No 15170 du 29/06/2023, Bibliothèque
Nationale du Bénin

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

Juin 2023, Volume 13, Numéro 1

<https://sna.fa-up.bj>



Ruches horizontales en ciment, de type kényane, dans la ferme Naatiku, commune de Tchaourou (République du Bénin). ©Biaou S. S. Honoré (juin 2023).

L'apiculture offre des revenus supplémentaires significatifs aux paysans, tout en assurant une meilleure pollinisation des cultures. Elle tire parti d'une demande croissante de miel au niveau local, national et international. Les ruches en ciment, très résilientes, gagnent en popularité pour leur simplicité de construction et d'usage. Elles nécessitent peu d'entretien et garantissent un retour sur investissement très rapide. Chaque ruche de ce type peut en effet produire entre 10 et 15 litres de miel par saison apicole, selon l'environnement et la saison.

Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par l'Université de Parakou
BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

Dépôt légal No 15170 du 29/06/2023, Bibliothèque Nationale du Bénin

Volume 13, Numéro 1 (Juin 2023)

Comité d'édition

Président : Dr Bertrand SOGBOSSI BOCCO, Professeur titulaire

Vice-Président : Dr Mohamed Nasser BACO, Professeur titulaire

Membres :

Dr Salako Alexandre ALLODE,
Professeur titulaire
Dr Obo Yvette ONIBON épouse
DOUBOGAN, Professeure titulaire
Dr Oboubé Mélone Diane
GANDONOU, Assistante

Comité d'impression :

Dr Jean Bosco Kpatindé
VODOUNOU, Professeur titulaire
Dr Sosthène Armand Dèmondji
AHOTONDJI, Assistant
Dr Sissou ZAKARI, Maître-
Assistant
Monsieur B. Ahmed KIMBA
Monsieur Kayodé Roland CHABI

Comité TIC :

Dr Anges Michaël MOUSSE, Maître-
Assistant
Monsieur Sènou Gontrand Hilaire
ADOUHOUNKLA

Comité de Publication Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

Directeur de Publication :

Dr Samadori S. Honoré BIAOU,
Professeur titulaire

Secrétaire de publication :

Dr Youssouf TOUKOUROU, Maître
de Conférences

Membres :

Dr Rodrigue V. Cao DIOGO, Maître
de Conférences
Dr Sedjro Gilles Armel NAGO,
Maître de Conférences
Dr Ingrid Sonya Mawussi ADJOVI,
Maître de Conférences

Comité de lecture

Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

Comité scientifique

Prof A. AHANCHEDE (Malherbologie, Bénin)	Prof J.C.T. CODJIA (Zoologie, Bénin)
Prof A. AKOEGNINO (Botanique, Bénin)	Prof K. AKPAGANA (Ecologie Végétale, Togo)
Prof A. FANTODJI (Biologie de la reproduction, Côte d'Ivoire)	Prof L. J. G. VAN der MAESEN (Botanique, Pays-Bas)
Prof A. SANI (Biochimie et de Biologie Moléculaire, Bénin)	Prof M. BOKO (Climatologie, Bénin)
Prof B. BIAO (Economie, Bénin)	Prof M. C. NAGO (Biochimie Alimentaire, Bénin)
Prof B. SINSIN (Ecologie Végétale et Animale, Bénin)	Prof M. OUMOROU (Ecologie Végétale, Bénin)
Prof D. KOSSOU (Phytotechnie, Bénin)	Prof N. FONTON (Biométrie, Bénin)
Prof E. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin)	Prof P. ATACHI (Entomologie, Bénin)
Prof F. A. ABIOLA (Ecotoxicologie, Bénin)	Prof Ph. LALEYE (Hydrobiologie, Bénin)
Prof G. A. MENSAH (Zootechnie, Bénin)	Prof R. GLELE KAKAI (Biométrie et Statistiques, Bénin)
Prof G. BIAOU (Economie Rurale, Bénin)	Prof R. MONGBO (Sociologie Rurale, Bénin)
Prof J. HOUNHOUNGAN (Technologie Alimentaire, Bénin)	Prof S. A. AKPONA (Biochimie, Bénin)
Prof J. LEJOLY (Ecologie Tropicale, Belgique)	Prof S. ADOTE-HOUNZANGBE (Parasitologie, Bénin)
Prof J. ZOUNDJIEKPON (Génétique, Bénin)	Prof S. ALIDOU (Sciences de la Terre, Bénin)
Prof J.C. GANGLO (Foresterie, Bénin)	Prof V. AGBO (Sociologie, Bénin)

Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par l'Université de Parakou
BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

Site Web de la Série « Sciences Naturelles et Agronomie » : <https://sna.fa-up.bj>

Politique d'accès

Les articles publiés par la revue Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) sont en libre accès. Ils sont gratuits pour tout le monde, immédiatement téléchargeables dès la publication et distribués sous la licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

Propriété intellectuelle

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

Avantages à publier dans la revue AUP-SNA

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à la gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à l'article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à l'article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de l'article par les auteurs ;
- La possibilité de partager les articles dans les réseaux des auteurs, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

Informations utiles

Frais de publication : 40 000 FCFA (62 Euros) par article accepté.

Instructions aux auteurs : [Soumissions en ligne](#)

Autres conseils aux auteurs : [Ressources pour les auteurs](#)

Processus d'évaluation : [Processus d'évaluation](#)

Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par le Vice Rectorat chargé de la Recherche Universitaire (RU/UP)
Université de Parakou, BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

ISSN 1840-8494 / eISSN : 1840-8508

Dépôt légal No 15170 du 29/06/2023, Bibliothèque Nationale du Bénin

Site Web de la Série « Sciences Naturelles et Agronomie » : <https://sna.fa-up.bj>





Sommaire - Volume 13, Numéro 1 (Juin 2023)

Contenu et auteurs	Pages
Evaluation économique et consentement à payer pour des mutants de <i>Amaranthus cruentus</i> sélectionnés au Bénin Adjaho Olatondji Eustache Kévin KPOCHEME, Christian Duhamel LOGOZO, Hortensia Vicentia ACACHA-ACAKPO, Léonard Essèhou AHOTON	1-12
Paquets d'adaptation au changement climatique et efficacité-coût de culture du maïs au Nord-Est du Bénin Oscar Iboukoun AYEDEGUE, Patrice Ygué ADEGBOLA, Jacob Afouda YABI	13-30
Socio-demographic determinants of farmers' beliefs about climate change cause in the Sudanian zone of Benin Alice BONOU, Boris O. K. LOKONON, Alphonse G. SINGBO, Janvier EGAH	31-42
Farmer's perception of agrochemical use on honeybees and honey production in Benin: Implication for organic honey production Anicet G. DASSOU, Corinne M. ANAGONOU, Sènan VODOUHE, Aristide D. ADJAI-EDIKOU, Silvère TOVIGNAN, Barrès B. DASSOU, Delphine BODJRENOU, Valentin KINDOMIHOU, Léonard AFOUDA, Simplicie D. VODOUHE	43-52
Gestion durable des peuplements naturels de <i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr. pour la production de bois énergie au Bénin Théophile Abaro SINADOUWIROU, Eméline S. Pélagie ASSEDE, Hidirou OROU, Samadori Sorotori Honoré BIAOU	53-64
Germination et croissance des types morphologiques de propagules du Palétuvier rouge (<i>Rhizophora racemosa</i>) du Site Ramsar 1017 au Bénin Elie Antoine PADONOU, Gbodja H. François GBESSO, Alexis Bokon AKAKPOR, Rasnus ADJOVI, Ghislain AKABASSI, Moustapha Arèmou KOLAWOLE	65-76

Contenu et auteurs	Pages
<p>Importance économique et financière de la production du sésame (<i>Sesamum indicum</i> L.) au Nord-Bénin : un trésor sous-exploité</p> <p>Rosaine Nérice YEGBEMEY, Achille GBETO, Modeste Djromahuton DOHOU, Jacob Afouda YABI</p>	77-84
<p>Déterminants de l'adoption des technologies de sédentarisation de la production d'igname au Centre-Bénin : une analyse basée sur la régression probit</p> <p>Sabine TEDE, Epiphane SODJINO, Léonard Cossi HINNOU</p>	85-100
<p>Effet de l'<i>Ipomoea aquatica</i> sur les performances de croissance des lapereaux et la qualité organoleptique de la viande de lapin</p> <p>Janvier Mélégnonfan KINDOSSI, Fataou DJIBRILA, Folachodé AKOGO, Abdoul Yazid B. TCHANI, Franck HONGBETE</p>	101-110
<p>Perception et facteurs déterminant l'utilisation de l'okara dans l'alimentation des lapins au Nord-Bénin</p> <p>Cham Donald A. ALABI, Alassan ASSANI SEIDOU, Yaya IDRISOU, Sorébou Hilaire SANNI WOROGO, Géraud BOSSOU, Ibrahim ALKOIRET TRAORE</p>	111-120
<p>Facteurs influençant la production laitière des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des croisés Saanen x Rousse de Maradi en zone soudano-guinéenne du Nord-Bénin</p> <p>Oyénilan Thierry La Fronde OFFOUMON, Alassan ASSANI SEIDOU, Sorébou Hilaire SANNI WOROGO, Fade SOULE, Brice ASSOGBA, Armand B. GBANGBOCHE, Ibrahim ALKOIRET TRAORE</p>	121-128
<p>Production et diversité des espèces ornementales dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi au sud Bénin</p> <p>Rachad Kolawolé Foumilayo Mandus ALI, Noudossessi Rufin KPATINNON</p>	129-142
<p>Le cèdre des zones sèches (<i>Pseudocedrela kotschy</i>) : état des connaissances et perspectives sur sa biologie de conservation (revue systématique)</p> <p>Tonankpon Aymar Guy DEGUENONVO, Thierry Dèhouégnon HOUEHANOU, Rodrigue IDOHOU, Gérard Nounagnon GOUWAKINNOU, Armand K. NATTA</p>	143-160



Evaluation économique et consentement à payer pour des mutants de *Amaranthus cruentus* sélectionnés au Bénin

Adjaho Olatondji Eustache Kévin KPOCHEME^{1*}, Christian Duhamel LOGOZO², Hortensia Vicentia ACACHA-ACAKPO³, Léonard Essèhou AHOTON¹

* Auteur Correspondant

¹ Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi

² Laboratoire de Recherche en Finance et Financement du Développement, Ecole Doctorale des Sciences Economiques et de Gestion, Université d'Abomey-Calavi

³ Laboratoire de Recherche en Finance et Financement du Développement, Ecole Nationale d'Economie Appliquée et de Management, Université d'Abomey-Calavi

Emails : eveneustache2@gmail.com ; duhamellogozo@gmail.com ; horcacha@yahoo.fr ; essehahoton@yahoo.fr

Reçu le 29 Octobre 2022 - Accepté le 12 Février 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : Les conséquences du changement climatique se manifestent par la dégradation des revenus des agriculteurs et des petits exploitants, principalement en raison de la faible résistance des semences locales aux effets néfastes tels que la salinisation, les températures élevées et l'humidité excessive. Le Bénin, tout comme d'autres pays dans le monde, est confronté à ces défis. La présente recherche vise l'analyse économique et le consentement à payer en vue d'une utilisation des lignées mutantes de *A. cruentus* (*L*) créées et sélectionnées pour leur tolérance. Plus spécifiquement, il s'agit de comparer la rentabilité financière entre les lignées mutantes sélectionnées et le cultivar local, d'analyser les déterminants de l'adoption des lignées mutantes sélectionnées et d'analyser le consentement à payer (CAP). Ce travail a permis de déterminer le CAP moyen des nouvelles variétés sélectionnées. La comparaison des moyennes suivant la méthode des coûts de revient et le modèle de Heckman ont été utilisés. Les données proviennent d'une enquête de terrain effectuée dans les communes de Cotonou, Sèmè-Kpodji et de Zogbodomey et des essais expérimentaux conduits dans les mêmes communes. Les résultats montrent que : (1) la production de l'amarante (lignées mutantes) tolérante à la salinité, notamment la lignée L2, est plus rentable financièrement pour les producteurs que celle du cultivar local ; (2) la décision d'adopter la variété tolérante est expliquée par le sexe et les caractéristiques organoleptiques (temps réduit de cuisson, douceur du goût) au seuil de 1 % ; (3) enfin, le CAP est significativement lié à l'âge, à l'attrait physique et au niveau d'instruction secondaire également au seuil de 1 %. Ces résultats suggèrent que les producteurs bénéficieraient d'une meilleure adaptation au changement climatique et d'une augmentation de leurs revenus en cultivant la variété tolérante à la salinité.

Mots clés : *Amaranthus cruentus*, Légume feuille, Rentabilité, modèle de Heckman, Bénin.

Economic evaluation and willingness to pay for selected *Amaranthus cruentus* mutants in Benin

Abstract: The consequences of climate change are evident in the degradation of farmers' and smallholders' incomes, primarily due to the low resistance of local seeds to detrimental effects such as salinization, high temperatures, and excessive humidity. Benin, like other countries around the world, faces these challenges. This research aims to conduct an economic analysis and assess willingness to pay for the utilization of selected mutant lines of *A. cruentus* (*L*), developed and selected for their tolerance. Specifically, it involves comparing the financial profitability between the selected mutant lines and the local cultivar, analyzing the determinants of adoption for the selected mutant lines, and evaluating willingness to pay (WTP).

The study determined the average WTP for the new selected varieties. The comparison of the means involved costs comparison and Heckman model methods. Data was collected through a field survey conducted in the municipalities of Cotonou, Sèmè-Kpodji, and Zogbodomey, as well as experimental trials conducted in the same municipalities. The findings indicate that: (1) the production of salt-tolerant amaranth (mutant lines), particularly the L2 line, is more financially profitable for producers compared to the local cultivar; (2) the decision to adopt the tolerant variety is influenced by gender and organoleptic characteristics such as reduced cooking time and taste sweetness, significant at a 1% threshold; (3) WTP is significantly associated with age, physical appeal, and secondary education level, also significant at a 1% threshold. These results suggest that cultivating the salt-tolerant variety would enable producers to better adapt to climate change and increase their incomes.

Keywords: *Amaranthus cruentus*, Leafy vegetable, Profitability, Heckman model, Benin.

1. Introduction

Les pays du monde ont pendant longtemps eu comme objectif principal le développement massif de leur économie. Suivant le modèle choisi, qu'il soit d'inspiration classique ou keynésienne, l'objectif reste le même. Mais, la course à la production s'est révélée être une grave menace pour l'environnement et le climat. Les terres sont de moins en moins fertiles, l'air comme l'eau sont sujets de pollution aux effets toxiques, et il existe plusieurs autres externalités telles que : l'augmentation à grande échelle des gaz à effet de serre, le réchauffement de la planète, la disparition de nombreuses espèces animales et végétales. En réalité, les preuves scientifiques du changement climatique sont convaincantes. En se basant sur les conclusions de plusieurs milliers de publications scientifiques, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a conclu que le réchauffement du système climatique de la planète est « sans équivoque » (Tamiotti et al., 2009). Les conséquences du changement climatique ne sont plus à démontrer. Le changement climatique fragilise les populations en dégradant le revenu des agriculteurs, des petits exploitants... augmentant ainsi l'insécurité alimentaire.

Le Bénin à l'instar des pays du monde subit également les affres du changement climatique. Etant un pays à faible revenu et à déficit vivrier, qui est parvenu à réduire la malnutrition chronique, le Bénin se heurte encore à des problèmes de développement, parmi lesquels l'insécurité alimentaire et la malnutrition (PAM, 2019). Pour preuve, l'analyse globale de la vulnérabilité et de la sécurité alimentaire réalisée en 2017 par l'INSAE et le Programme Alimentaire Mondial (PAM) ont révélé que près d'un million de béninois (9,6 % de la population) sont en insécurité alimentaire dont environ 80 000 personnes (0,7 % de la population) sont en insécurité alimentaire sévère. Conscient donc de tous ces enjeux, sanitaire et économique, le Bénin continue de mener des efforts et actions qui visent à corriger le tir. Ainsi, le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA) a identifié les cultures maraîchères

comme l'une des filières agricoles majeures à promouvoir pour un développement socio-économique durable. Orobìyi et al. (2013), ont rapporté que les producteurs agricoles du Sud-Bénin reconnaissent entre autres la salinité (conséquence du changement climatique) comme l'une des principales contraintes environnementales au développement des cultures maraîchères. La juxtaposition de tous ces éléments a donc conduit la recherche agricole à s'intéresser à l'amarante pour ses propriétés nutritionnelles et au vu du risque de sa disparition liée au phénomène de salinisation des sols.

En effet, depuis les années 1970, l'amarante est considérée comme une plante sous-utilisée et négligée alors que présentant un potentiel énorme pour soutenir la sécurité alimentaire mondiale. Ses remarquables propriétés nutritionnelles ainsi que ses capacités d'adaptation à de nombreux stress biotiques et abiotiques ont attiré l'attention des scientifiques ces dernières décennies (Alemayehu et al., 2014 ; Venskutonis et Kraujalis, 2013 ; Barba de la Rosa et al., 2007). Le Bénin n'est pas resté en marge de la recherche dans ce sens. Plusieurs instituts de recherche se sont lancés dans la création de différentes variétés d'amarantes afin de contribuer efficacement aux politiques de réduction de l'insécurité alimentaire et d'adaptation au changement climatique. L'Université d'Abomey-Calavi s'est aussi invitée à la recherche à travers le projet « Création et caractérisation agro-physiologique et nutritionnelle de nouvelles variétés d'amarantes (*A. cruentus* L.) résistantes à la salinité (CREAVARS) ». Cette démarche vise à renforcer le revenu des producteurs dans une dynamique d'adaptation au changement climatique tout en renforçant la sécurité nutritionnelle des populations.

A travers ce projet, les producteurs seront donc amenés à faire un choix entre le cultivar d'amarante habituellement produit (cultivar « local ») et de nouvelles lignées mutantes dont certaines sont tolérantes à la salinité (Kpocheme et al., 2022 ; Atou et al., 2022). Dans ce sens, la littérature nous enseigne par la théorie néo-classique, que l'objectif principal du producteur est la maximisation du profit (Mesnard, 1991). Cette hypothèse permet non seulement de prévoir le comportement du producteur mais également le comportement

prix-production dans différentes conditions de marché. Rogers (1983), postule que l'adoption d'une innovation est une décision qui relève de la perception de cette innovation comme seule voie favorisant la résolution d'un problème. En effet, plus récemment dans ses travaux, Rogers (2003) identifie comme cause première de l'intention d'adoption d'un nouveau produit, la manière dont il est appréhendé par les producteurs à travers ses caractéristiques perçues : l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, la facilité d'essai et l'observabilité. Plusieurs critiques ont été faites à l'endroit de cette analyse de Rogers. Les tenants de ces critiques soulignent l'importance de la prise en compte d'autres facteurs comme le coût initial de l'innovation, qui est décisif dans le processus d'adoption. En réalité, l'influence du coût initial et du risque relatif lié à l'adoption de l'innovation ont été démontrés par Lindner et Jarrett (1982); Lindner (1987); Tsur et al. (1990); Leathers et Smale (1992); Feder et Umali (1993); Bartz et al. (1999) et Ghadim et Pannell (1999). Ces auteurs soulignent que le coût initial de l'innovation est un facteur important qui détermine la décision de son adoption. Ainsi, dans le cas présent, le producteur évaluera, le coût d'adoption de la variété tolérante à la salinité (Atou et al., 2022). Plus loin, dans son objectif de maximisation du profit, il fera une comparaison des rentabilités des deux variétés (cultivar « local » et variété tolérante à la salinité) en vue de prendre une décision qui l'arrangerait.

Le marché n'étant pas composé uniquement de producteurs, le comportement des consommateurs doit être également analysé pour favoriser les échanges. Il est en effet établi que le comportement du consommateur se trouve au cœur de l'étude de la demande. Ainsi, plusieurs théories ont été avancées dans l'objectif de mieux comprendre son comportement. Pour la théorie empiriste, ce sont les expériences que l'individu vit, et le milieu dans lequel il évolue, qui déterminent son attitude. En réalité, l'attitude du consommateur face à un nouveau produit sera le résultat de l'évaluation qu'il s'est fait du produit déjà présent sur le marché (Tomo Nguema Tomo, 2007). Mais d'autres facteurs, notamment le prix, ont amené la recherche à explorer d'autres approches d'analyse.

D'après la méthode traditionnelle de la perception des prix, l'individu juge le prix selon un processus comparatif à un prix de référence (PR) préexistant (Monroe, 1979). Dans le cas présent, les consommateurs seront donc amenés dans leur processus de décision d'adoption ou non de la variété tolérante à la salinité (Atou et al., 2022) à, non seulement faire une comparaison avec le produit existant, mais aussi une comparaison du prix existant. Dans le cas où l'issue de la première comparaison est concluante, l'analyse sera alors dirigée vers le prix et plus loin vers le consentement à payer (CAP). Le consommateur décidera donc de la valeur qu'il attribue à l'innovation. En effet, face à l'évaluation d'une

offre, l'individu arbitre souvent entre trois types de prix : le prix proposé, le prix acceptable et le CAP. Le CAP se définit comme le prix maximal que l'individu est prêt à payer. Il représente ainsi le seuil supérieur à ne pas dépasser pour que l'individu passe à l'acte d'achat. Le CAP se présente de fait comme le sacrifice monétaire maximum que le consommateur accepte de faire au regard de la somme des bénéfices reçus (Le Gall-Ely, 2009).

Partant de tout ceci, la présente recherche s'est donnée comme objectif d'étudier la rentabilité des nouvelles variétés d'amarante tolérantes à la salinité pour les producteurs tout en analysant la réponse (comportement) des consommateurs à travers leur consentement à payer pour la nouvelle variété. Ces différents éléments énumérés constituent une base fondamentale de la présente recherche qui, dans une double approche complémentaire, se propose de contribuer non seulement à la littérature mais aussi d'orienter les décideurs dans la définition de politiques sectorielles agricoles.

2. Matériel et méthodes

2.1. Nature des données et population d'étude

Les données utilisées sont issues d'une enquête de terrain réalisée pendant un mois. La population cible de cette recherche est de deux groupes :

- les producteurs d'amarante ;
- les consommateurs d'amarante.

La méthode d'échantillonnage des producteurs adoptée ici est une méthode à choix raisonné par grappe à trois degrés et a donc permis de passer des zones agro écologiques, vers les sites de production et au troisième degré les producteurs. Une exploration des zones agro écologiques a été faite et un raisonnement basé sur certains indicateurs notamment l'échelle de production, l'objectif principal de production, et les coûts des facteurs de production (notamment la main-d'œuvre) a été réalisé. Ce raisonnement a permis après élimination d'identifier trois (03) zones (Sèmè kpodji, Cotonou et Zogbodomey) de forte production pour l'étude expérimentale de production des mutants d'amarante sélectionnés. Les zones rejetées étaient fortement orientées vers une production familiale et une main-d'œuvre familiale. Au niveau des consommateurs, il a été adopté une méthode probabiliste aléatoire systématique. Les consommateurs ciblés sont ceux qui se retrouvent sur les sites de production. Vu la taille de l'échantillon, il s'est révélé difficile d'atteindre le nombre en limitant l'enquête aux sites de production. De fait, les marchés environnants des sites de production ont été identifiés, car pour les produits maraîchers les consommateurs sont exigeants sur le caractère « frais » des produits. Ce ciblage a été fait, car au sein de la population, il est difficile d'identifier les consommateurs d'amarante. Aussi, ce choix se justifie-t-il également, pour la minimisation

des non-réponses. Ainsi, les marchés de Sèmè-Kpodji, de Dantokpka, d'Adjaha, de Houénoussou et de Zogbodomé ont été parcourus.

2.2. Taille de l'échantillon

2.2.1. Producteurs

Ici, quatre (04) producteurs ont été identifiés pour participer à l'expérimentation à raison de deux (02) pour Cotonou, un (01) pour Sèmè-Kpodji et un (01) pour Zogbodomé. Etant dans un objectif de comparaison de la rentabilité du cultivar local aux variétés sélectionnées tolérantes à la salinité (Atou et al., 2022), des plantations du cultivar « local » (témoins) ont été également mises en place avec les lignées mutantes identifiées tolérantes. Les essais ont été installés suivant un dispositif en blocs aléatoires complets avec trois répétitions sur chaque site. Trois planches ont été installées par lignée mutante tolérante et par site. Cela donne un total de 9 planches par site pour l'ensemble des trois lignées mutantes tolérantes à la salinité considérée ici comme « la variété tolérante à la salinité » pour faciliter les calculs de rentabilité et de comparaison. Comme il y a trois sites, cela fait 27 observations (planches de 2 m²) pour l'ensemble des trois lignées considérées comme une seule variété. Neuf planches du cultivar local ont été installées par site expérimental donnant un total de 27 observations du cultivar local pour les trois sites.

2.2.2. Consommateurs

A ce niveau, compte tenu de la non-connaissance de la taille totale des consommateurs, nous avons alors opté pour la détermination de la taille de l'échantillon en utilisant l'approche de proportion. Ainsi la formule de Schwartz (2002) a été utilisée :

$$n = \frac{t^2 * p(1 - p)}{e^2}$$

avec n = taille de l'échantillon attendu ; t = niveau de confiance déduit du taux de confiance (traditionnellement 1,96 pour un taux de confiance de 95%) – loi normale centrée réduite. p = proportion estimative de la population présentant la caractéristique étudiée dans l'étude. Lorsque cette proportion est ignorée, une pré-étude peut être réalisée ou sinon p = 0,5 sera retenue ; e = marge d'erreur (traditionnellement fixée à 5%). En appliquant la formule, on trouve le résultat suivant : n = 384,16. Ensuite pour la répartition de l'échantillon, nous avons procédé par quota compte tenu du nombre total de ménages au sein des communes où se situent les sites de production identifiés en prenant comme référence les résultats du RGPH4 (2013). Cela nous a permis de trouver les répartitions présentées dans le tableau 1 pour chaque site.

Tableau 1 : Taille d'échantillon par commune / Sample size by municipality

Région	Population	Proportion	n	n ajusté
Cotonou	679 012	0,68	262,25	262
Sèmè-Kpodji	222 701	0,22	86,01	86
Zogbodomé	92 935	0,09	35,89	36
Total	994 648	1	384,16	384

Source : Calculs des auteurs à partir des données du RGPH4.

2.3. Méthode d'analyse de la rentabilité financière

L'analyse de la rentabilité financière de la production de mutants sélectionnés et d'amarante tolérante à la salinité (Kpocheme et al., 2022; Atou et al., 2022) est abordée ici par la méthode d'analyse de prix de revient. Selon Wauthy et Duschesn (1972), « une dépense est rentable lorsqu'elle permet de réaliser un bénéfice donc un profit net ». Ils démontrent que la différence entre le prix de vente et le prix de revient ou si l'on préfère entre le total des recettes et celui des dépenses de l'entreprise, donne un profit brut (PB) (Savi, 2009). En désignant par Q la quantité d'amarante récoltée sur une superficie donnée et PU le prix de vente, le produit brut (PB) est donné par :

$$PB = Q \times PU$$

La valeur ajoutée (VA) correspond à la différence entre le produit brut et la valeur des consommations intermédiaires (CI) :

$$VA = PB - CI$$

Le résultat brut d'exploitation (RBE) est :

$$RBE = VA - (\text{rémunération du travail salarié} + \text{frais financiers} + \text{taxe})$$

Le résultat net d'exploitation (RNE) correspond au solde du RBE diminué de la valeur de l'amortissement.

$$RNE = RBE - \text{amortissement} (1)$$

Pour déterminer les facteurs influençant le rendement par planche d'amarante, la fonction de production Cobb-Douglas est estimée par une régression linéaire. Le principal objectif recherché ici est de quantifier l'effet du cultivar tolérant à la salinité sur la production.

L'équation du modèle est comme suit :

$$PROD = r_0 + r_1 EXP + r_2 NIVINST + r_3 VAR + r_4 ME + n_t$$

PROD : cette variable indique la quantité en kilogrammes d'amarante produite ; EXP : cette variable mesure le nombre d'années d'expérience du producteur. Plus cette dernière est élevée, plus le producteur est expérimenté dans la production ; NIVINST : c'est une variable nominale qui mesure le niveau d'instruction du producteur ; VAR : cette variable dichotomique indique la variété d'amarante utilisée par le producteur.

Ainsi, cette variable prend les valeurs 1 ou 2 selon que le producteur utilise la variété tolérante à la salinité ou non ; ME : c'est une variable qui mesure le montant payé pour la main-d'œuvre. Le montant payé pour la main-d'œuvre peut inciter les travailleurs à soigner leur travail et peut donc influencer la production.

2.4. Méthode du consentement à payer

Ici, il a été choisi d'utiliser la méthode d'évaluation contingente (MEC). Elle consiste à collecter des informations sur les préférences des consommateurs, en leur demandant ce qu'ils consentiraient à payer pour un changement de dotation en bien ou service non-marchand, ou bien la compensation minimum qu'ils exigeraient si le changement n'a pas lieu (Weber, 2003 ; Yelkouni, 2004 ; Gbinlo, 2010). Aussi, est-il nécessaire de souligner que la littérature révèle que c'est la méthode la plus utilisée en raison de sa mise en œuvre simple. Les autres méthodes, telles que la méthode des prix hédonistes (MPH) et la méthode des coûts de transport (MCT) par exemple, ne prennent en compte que des valeurs d'usage puisqu'elles nécessitent l'observation réelle des comportements. Ainsi, la méthode d'évaluation contingente (MEC) peut être utilisée pour tout type de biens, qu'ils aient une valeur d'usage ou non. le modèle de Heckman (ensemble modèle Probit et régression linéaire) a été utilisé. Gbinlo (2010) précise le caractère séquentiel de ce modèle qui est constitué de l'équation de sélection (Probit) répondant à la question « êtes-vous prêt à consommer l'amarante tolérante à la salinité et surtout à payer une somme d'argent pour en bénéficier ? » et de l'équation substantielle (régression linéaire) répondant à la question « si oui à la question précédente, combien seriez-vous prêt à payer ? » (Agossadou et al., 2018). Ce modèle prend en compte le fait que la valeur fournie par une personne lors de la question de valorisation est le résultat de deux processus stochastiques potentiellement corrélés : la personne donne une valeur au bien à partir d'un modèle de choix et décide de dévoiler ou non cette valeur (c'est-à-dire son prix de réserve) selon un autre modèle de choix. Formellement, on notera di la variable dichotomique (0 ou 1) qui indique si l'individu i révèle la valeur qu'il accorde au bien évalué. On suppose que la variable latente mesurant le « vrai » montant du consentement à payer de i est déterminée par un ensemble xi de variables explicatives : $CAP_i^* = x_i\beta + \sigma u_i$. De même, on suppose que la décision de révéler ou non son véritable consentement à payer est déterminée par le signe de la variable latente di* définie par $d_i^* = z_i\gamma + \varepsilon_i$ où zi constitue un ensemble de variables pouvant expliquer la décision de révéler ou non son véritable consentement à payer. Plus particulièrement, $d_i = 1$ si $d_i^* \geq 0$ et $d_i = 0$ sinon. En combinant ces deux décisions, il est clair que le véritable consentement à payer n'est observable que si $d_i = 1$ (c'est-à-dire si i décide de

révéler la valeur qu'il accorde au bien). On peut donc écrire :

$$CAP_i = \begin{cases} CAP_i^* & \text{si } d_i = 1 \\ 0 & \text{si } d_i = 0 \end{cases}$$

$$CAP_i = \begin{cases} x_i\beta + \sigma u_i & \text{si } z_i\gamma + \varepsilon_i \geq 0 \\ 0 & \text{si } z_i\gamma + \varepsilon_i < 0 \end{cases}$$

On suppose que la distribution conjointe de (ui, εi) est une loi normale bivariée de moyenne nulle, de variance unitaire et de corrélation ρ. Quand ρ = 0, les deux décisions sont indépendantes et les paramètres des deux équations peuvent être estimés séparément. Il faut également noter que :

$$E\left(\frac{CAP_i^*}{d_i} = 1\right) = x_i\beta + \rho\sigma\lambda(z_i\gamma) \text{ où } \lambda(z_i\gamma) = \frac{\varphi(z_i\gamma)}{\Phi(z_i\gamma)}$$

Le modèle se présente comme suit :

$$\begin{cases} DECI = a_0 + a_1SEXE + a_2AGEC + a_3INST + a_4CORG + \\ \quad a_5EMPL + u_t \\ CAP = b_0 + b_1SEXE + b_2AGEC + b_3INST + b_4CORG + \\ \quad b_5CCHAMP + b_6NENF + b_7EMPL + b_8CSCOP + \\ \quad b_9REV + b_{10}NINST + e_t \end{cases}$$

DECI : cette variable indique si oui ou non le consommateur est disposé à payer (adopter) une nouvelle variété d'amarante (tolérante à la salinité). Cette variable est notée « décision » et prend la valeur 1 pour un consommateur qui consent à payer et 0 dans le cas contraire ; CAP : elle annonce la valeur observée lorsque le consommateur consent à payer le mutant sélectionné et/ou l'amarante tolérante à la salinité. Elle est notée « consentement à payer » et prend les valeurs annoncées (déclarées) par les consommateurs ; SEXE : variable muette qui indexe le genre du consommateur ; AGECE : cette variable continue mesure l'âge du consommateur ; INST : c'est une variable qui mesure si l'individu est instruit ou non ; NINST : c'est une variable nominale qui mesure le niveau d'instruction du consommateur ; EMPL : c'est une variable qui mesure si l'individu est détenteur d'un emploi ou non ; REV : cette variable quantitative continue mesure le revenu mensuel du consommateur et est en milliers de francs. CORG : Cette variable qualitative permet de mesurer l'influence des caractéristiques organoleptiques d'amarante sur la décision du consommateur ; CCHAMP : elle est une variable qualitative permettant de mesurer l'influence des caractéristiques bords champs d'amarante sur la décision du consommateur. NENF : elle est une variable quantitative discrète permettant de mesurer l'influence du nombre d'enfants à charge du consommateur sur le CAP. CSCOP : elle est une variable qualitative permettant de mesurer l'influence de la catégorie socio-professionnelle du consommateur sur le CAP.

3. Résultats et discussion

3.1. Comparaison de la rentabilité des variétés tolérantes à la salinité avec le cultivar local de l'amarante

La présente rubrique illustre les résultats issus de l'analyse de la rentabilité des variétés d'amarante tolérantes à la salinité. Il faut souligner qu'étant dans un système d'expérimentation de la variété tolérante à la salinité, la superficie emblavée par site de production est très réduite. Ainsi, les planches ont donc été considérées comme des observations vues que le nombre de producteurs ayant participé à l'expérimentation n'est pas élevé. Dans ce travail, les variétés tolérantes à la salinité sont les trois lignées mutantes sélectionnées (L2, L18 et L23). De fait, une moyenne des productions des lignées mutantes tolérantes à la salinité (L2, L18 et L23) a été considérée pour la comparaison avec le cultivar local de référence. Après une triangulation des données collectées sur chaque site, la base de données constituée de vingt-sept (27) observations (planches de 2 m²) d'amarante tolérante à la salinité et de vingt-sept (27) observations du cultivar local a été établie. Les productions ont été évaluées en kilogrammes à chaque coupe après un pesage à la balance électronique. Les estimations ont été faites à l'aide du logiciel Stata 15.

Dans la suite, nous considérons comme variété tolérante à la salinité l'ensemble des trois lignées mutantes sélectionnées afin de faire les calculs de rentabilité. Il ressort qu'en moyenne, le résultat net d'exploitation par

planche s'élève à 330,97 FCFA pour la production du cultivar local et à 613,20 FCFA pour l'ensemble des lignées tolérantes à la salinité. Un écart de 282,22 FCFA est observé entre le cultivar local et l'ensemble des lignées mutantes considérées comme variété tolérante à la salinité. Par la suite, l'estimation de la rentabilité montre que la rentabilité brute (RB) du cultivar local est de 2,22 en moyenne par planche. Ceci dit, pour un producteur qui adopte le cultivar local, sur 1 FCFA dépensé dans l'achat des intrants et le paiement de la main-d'œuvre, le gain brut obtenu est de 2,22 FCFA. Autrement dit, le gain brut obtenu pour chaque 100 FCFA dépensés dans l'achat des intrants et le paiement de la main-d'œuvre pour un producteur qui adopte le cultivar local est de 222 FCFA en moyenne par planche. A contrario, pour un producteur qui adopte la variété tolérante, le gain brut obtenu pour chaque 100 FCFA dépensés dans l'achat des intrants et le paiement de la main-d'œuvre est de 297 FCFA en moyenne par planche. Ainsi, un écart non négligeable de 75 FCFA en moyenne par planche est observé entre la rentabilité brute du cultivar local et l'ensemble des lignées mutantes tolérantes à la salinité considéré comme variété tolérante. De fait, un producteur qui adopte la variété tolérante à la salinité gagnerait 75 FCFA de plus en moyenne par planche qu'un producteur qui adopte le cultivar local. Chaque 100 FCFA investis dans la production d'amarante local permet de dégager un gain net de 89 FCFA contre 164 FCFA pour la variété tolérante à la salinité. Le tableau 2 présente les résultats.

Tableau 2 : Rentabilité brute, nette et écart / Gross, net and spread profitability

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
RB (cultivar local)	27	2.228086	.7026581	1.288889	3.771429
RB (variété tolérante à la salinité)	27	2.979056	.8632692	1.977778	5.628572
RN (cultivar local)	27	.890495	.6301619	.1733686	2.337188
RN (variété tolérante à la salinité)	27	1.641465	.7843399	.8200397	4.194331
Gap rentabilité	27	.75097	.4027884	.1142857	1.857143

Source : Calculs des auteurs à partir des données d'enquête.

Par ailleurs, il faut rappeler que la variété tolérante à la salinité est composée des trois lignées d'amarante à savoir : la lignée L2, L18 et L23. Ainsi, au terme des analyses il est important d'identifier dans la catégorie variété tolérante à la salinité, la lignée qui serait la plus rentable sur le plan économique pour les producteurs. Des résultats, il ressort qu'en moyenne, la lignée L2 donne une production de 7,74 kg contre 7,21 kg et 7,5 kg respectivement pour la lignée L18 et pour la lignée L23 par planche. Ainsi, du fait que le coût de production est le même, on peut affirmer qu'au sein des variétés tolérantes à la salinité c'est la lignée L2 qui est la plus rentable. Alors, il serait plus rentable pour les producteurs d'adopter la variété tolérante à la salinité, mais plus spécifiquement la lignée L2. Ceci contribuera à l'augmentation de leur production et donc de leur revenu.

3.2. Comparaison de l'effet de la variété tolérante à la salinité et du cultivar local sur le rendement par planche d'amarante

Il ressort des résultats du modèle des moindres carrés ordinaires (MCO) que le modèle est globalement significatif au seuil de 1% et que les variables explicatives telles que le niveau d'instruction et la variété sont également significatives au seuil de 1%. La variable « main-d'œuvre » est significative au seuil de 5% et les variables « expérience » et « coût intrants » ne sont pas significatives et n'expliquent donc pas la production d'amarante. Ainsi, dans le cas du présent modèle, ce sont uniquement les variables « niveau d'instruction, main-d'œuvre et le type de variétés qui expliquent la production d'amarante. Quand le producteur utilise le cultivar tolérant à la salinité, sa production est affectée positivement de 1,41 point par rapport au cultivar local.

Aussi, une augmentation de 1 point du montant payé à la main-d'œuvre, entraîne-t-elle une augmentation de 0,01 point pour la production d'amarante. Le tableau 3 illustre les résultats.

Nos résultats vont dans le même sens que les travaux de Yessifou et al. (2021). En effet, à l'issue de leurs travaux portant sur le thème « Analyse de l'effet de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur la rentabilité économique et financière des producteurs au nord Benin », il ressort que l'adoption des variétés améliorées de maïs est significativement plus rentable que celle des variétés locales. Plus loin, l'introduction de la variété dans un modèle de régression multiple comme un facteur explicatif montre que l'adoption d'au moins une des variétés améliorées permet aux producteurs de couvrir le coût total de production lié à l'exploitation de maïs, mais le seuil d'influence statistique n'est pas le même chez toutes les variétés. Dans le même sens, le modèle de régression utilisé dans le cadre de la présente recherche montre que l'adoption de la variété tolérante à la salinité par le producteur, influence significativement au seuil de 1% sa production de 1,41 point par

rapport au cultivar local. Les présents résultats sont également corroborés par les travaux de Kimwanga et al. (2021) qui ont trouvé au Congo que le produit brut généré par le cultivar amélioré du manioc est de 348 700 CDF/ha (218 USD/ha) comparativement au manioc local qui est de 119 600 CDF (74,75 USD). Les rentabilités financières ont été de 1,39 et 3,48 respectivement pour la culture de manioc local et celle des variétés améliorées. Petrinovic et al. (2009); Moanahidy (2011); Assiri et al. (2012); Youbi et al. (2018) et Traoré (2019) ont également montré à l'issue de leurs travaux que les variétés améliorées permettent aux agriculteurs d'avoir une rentabilité supérieure à celle des variétés locales. Ces résultats corroborent les présents résultats. Cette rentabilité supérieure à celle du cultivar local serait due aux propriétés de résistance à la salinité de la nouvelle variété (ensemble des trois lignées mutantes). Cette résistance a sûrement permis à la nouvelle variété de donner un rendement beaucoup plus élevé que le cultivar local.

Tableau 3 : Effet de la variété tolérante (ensemble des trois lignées mutantes) à la salinité et du cultivar local sur le rendement d'amarante par planchet / Salinity-tolerant variety (three mutant lines all together) and the local cultivar effect on amaranth yield per bed

	Coef.	Std. Err.	t-statistique
EXP	0,053	0,0536	0,99
Secondaire professionnel (Réf : Aucun niveau) la variété tolérante à la salinité (Réf : local)	-1,446***	0,228 8	-6,32
Main-d'œuvre	0,011 3**	0,005	2,23
Consommation intermédiaire	0,004	0,003	1,33
_CONS	3,139	1,106	2,84
Prob > F		0,000 0	
R-carrée		0,5004	
Nbre d'Obs		54	

* significativité au seuil de 1% (***) ; 5% (**)

Source : Auteurs, résultats des estimations.

3.3. Analyse du consentement à payer des consommateurs de l'amarante tolérante à la salinité

Le modèle de Heckman a été estimé. A la lecture des résultats de l'estimation, il est remarqué que le coefficient de la variable sexe (*masculin*) est négatif. Cela signifie que les chances d'adopter une nouvelle variété tolérante de l'amarante diminuent lorsque l'individu est un homme. En d'autres termes, le fait d'être du sexe masculin diminue de 0,053 point de pourcentage la probabilité d'accepter adopter l'amarante tolérante à la salinité. En revanche, les variables âge, instruction et caractéristiques organoleptiques (temps réduit de cuisson, douceur du goût) augmentent les chances que le consommateur accepte d'adopter l'amarante tolérante à la salinité.

Le lien négatif du sexe masculin à la décision d'adoption peut s'expliquer par le fait que les hommes

dans le contexte béninois ne sont pas souvent intéressés aux activités de la cuisine et ne sont pas souvent impliqués dans les achats de légumes-feuilles pour le ménage. Ce sont souvent les femmes qui jouent ce rôle et qui établissent souvent le menu journalier. Alors, elles connaissent le plus souvent, selon leur expérience, les arômes, les caractéristiques morphologiques des aliments qui leur favorisent une bonne cuisine ainsi que leurs aspects physiques et sensoriels après cuisson. Cela s'est fait remarquer au cours de l'enquête de terrain où la plupart des individus de sexe masculin rencontrés ne connaissaient pas l'amarante. En effet, la plupart disent qu'ils ne se soucient pas le plus souvent de la nature des aliments préparés par leur femme, mais sont plus attentionnés à propos de la qualité de la cuisine. Déjà en 2003, Drake et Gérard ; Wu et al. (2005) concluent dans leurs travaux sur l'adoption du yaourt du soja, que le sexe est un déterminant. Aussi,

Bouamra-Mechemache et al. (2019) dans leurs travaux, concluent-ils que si l'acheteur du yaourt du soja est de sexe masculin, la probabilité d'adoption est plus faible. Même si dans leur cas, l'effet a un sens positif, le caractère faible est remarquable. Dans le cas de notre recherche, l'effet négatif peut résulter du nombre quasi insignifiant des individus de sexe masculin ayant participé aux interviews. En outre, les résultats montrent que, le fait d'accorder de l'importance aux caractéristiques organoleptiques (douceur du goût, arômes...) et le temps réduit de cuisson, augmentent de 0,003 point de pourcentage, la probabilité d'accepter adopter l'amarante tolérante à la salinité. En effet, le temps de cuisson,

l'arôme et le goût sont les caractéristiques les plus recherchées par les consommateurs. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Rogers (2003) qui stipule que l'adoption de nouveaux produits par les consommateurs dépend de leurs préférences et donc des caractéristiques des produits.

Par ailleurs, il faut faire remarquer que seules les variables sexe et caractéristiques organoleptiques (arômes, douceur du goût) et temps réduit de cuisson, sont significatives au seuil de 1% et donc expliquent la décision d'adoption de la variété d'amarante tolérante à la salinité. Les résultats de l'estimation de la décision sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Estimation de la décision d'adoption de l'amarante tolérante à la salinité / Estimation of the decision to adopt salinity-tolerant amaranth

Variable	Coefficient	Effets marginaux
Sexe masculin (Réf : Féminin)	-1,019	-0,053***
AGE	0,000 5	0,000
Instruction (Réf : non instruit)	0,160	0,002
CORG (temps réduit de cuisson, douceur du goût)	0,962	0,047***
Emploi (Réf : sans emploi)	-0,040	-0,000 6
Constante	1,582	
Wald chi2(5)		15,06
Prob > chi2		0,01
Pseudo R2		0,225
Log likelihood		-17,156
Nbre d'Obs		375

*significativité au seuil de 1% (***)

Source : Auteurs, résultats des estimations.

Abordant à présent les résultats de l'estimation du consentement à payer, il ressort que, quand le consommateur est de sexe masculin, son CAP augmente de 86,17 points de plus que quand il est de sexe féminin. Il est aussi remarquable que l'âge de l'individu affecte positivement la valeur de son CAP. En effet, quand l'âge de l'individu augmente de 1 point, la valeur de son CAP augmente de 0,87 point. Il est remarquable que les individus de sexe masculin, aient un CAP plus élevé que celui des individus de sexe féminin alors que l'adoption des amarantes tolérantes à la salinité est liée négativement au sexe masculin. On peut être tenté de dire que dans le contexte béninois, les hommes ont plus tendance à moins discuter le prix des aliments au marché que les femmes. Quant à l'âge, les individus sont plus enclins à accorder une importance à leur alimentation quand leur âge évolue. Aussi, peut-on être tenté de dire, dans une moindre mesure, que le revenu de l'individu peut être corrélé avec son âge. Ainsi, plus il est âgé, plus son revenu augmente et donc son pouvoir d'achat toutes choses égales par ailleurs. Du fait, il sera prédisposé à donner un montant plus élevé considérant son revenu. En 2019, Vodouhê et al. Concluent à l'issue de leurs travaux que le CAP des légumes biologiques au sud du Bénin est lié positivement au niveau du revenu, mais aussi à l'absence de dégâts, qui dans notre cas peut être assimilé aux caractéristiques bords champs (attrait

physique du produit). Les présents résultats montrent que le fait d'accorder de l'importance aux caractéristiques bords champs (attrait physique du produit), affecte positivement le CAP du consommateur. En effet, cela fait augmenter la valeur du CAP de 29,40 points. Les enquêtés affirment qu'il est important que les légumes présentent un aspect attrayant et aient une bonne saveur pour être acceptés par les consommateurs.

En outre, en prenant comme référence les individus n'ayant aucun niveau d'instruction, les autres modalités affectent négativement la valeur du CAP sauf pour les individus ayant le niveau secondaire technique. En effet, le fait que l'individu ait un niveau secondaire technique, augmente de 8,97 points la valeur du CAP qu'il consent payer. Curieusement, avoir un niveau d'étude supérieur baisse de 22,44 points la valeur du CAP. Cela peut s'expliquer par le fait que quand l'individu a un niveau supérieur, il trouve qu'il y a d'autres légumes substituables à l'amarante. Du fait, il est moins disposé à payer un montant plus élevé pour acheter l'amarante tolérante à la salinité. Les résultats de l'estimation sont présentés dans le tableau 5.

A l'issue des analyses, il ressort que le consentement moyen à payer l'amarante tolérante à la salinité est de 154,97 FCFA soit environ 155 FCFA par tas (0,7 kg).

Tableau 5 : Estimation du consentement à payer l'amarante tolérante à la salinité / Estimation of willingness to pay for salinity-tolerant amaranth

CAP	Coef.	Std. Err.	t- statistique
SEXE masculin (Réf : Féminin)	86 179***	28,114	3,07
AGE	0,875**	0,363	2,41
NINST (Réf : aucun niveau)			
Primaire	-8,269	10,786	-0,77
Secondaire général 1 ^{er} cycle	-4,129	10,662	-0,39
Secondaire général 2 ^{ème} cycle	-30,308***	10,143	-2,99
Secondaire technique	8,971	25,502	0,35
Supérieur	-22,499**	11,090	-2,03
CORG (temps réduit de cuisson, douceur du goût)	-22,443	27,393	-0,82
CCHAMP (attrait physique)	29,407***	7,063	4,16
REV (Réf : [0-40 [mille			
[40-75[mille	-0,823	8,054	-0,10
[75-100[mille	-4,614	13,189	-0,35
[100-150[mille	-46,499	37,439	-1,24
>150 000 mille	-12,590	64,722	-0,19
_cons	148,239	32,363	4,58
Prob > F	0.0000		
R-squared	0.1559		
Nbre d'Obs	375		

*significativité au seuil de 1% (***) ; 5% (**)

Source : Auteurs, résultats des estimations.

3.4. Suggestions aux autorités

Pour lutter contre la disparition progressive de la production d'amarante et faciliter l'adoption de la nouvelle variété par les producteurs et les consommateurs, les suggestions suivantes sont faites :

- **Mise à disposition à grande échelle des semences de bonne qualité et à un prix raisonnable de la variété tolérante à la salinité à l'intention des producteurs**

Au terme de cette recherche, il est suggéré une mise à disposition à grande échelle des semences de bonne qualité de la variété tolérante à la salinité, plus précisément de la lignée L2, pour augmenter la rentabilité et permettre aux consommateurs d'améliorer la qualité de leur alimentation. Cela permettra aux producteurs au vu de leur intérêt de ne pas abandonner la production de l'amarante améliorée. Aussi est-il évident au vu de la qualité nutritionnelle de l'amarante qu'une meilleure diffusion de la nouvelle variété permettra de renforcer la santé des populations, gage d'un capital humain de qualité. Cette stratégie a donc un double impact évoluant du niveau micro (augmentation du revenu des producteurs, renforcement de l'état nutritionnel des consommateurs) vers le niveau macro (capital humain de qualité, augmentation du revenu national).

- **Sensibilisation des producteurs et des consommateurs**

Il s'agira de sensibiliser les producteurs sur les avantages pécuniaires qu'ils tireront de l'adoption de la

nouvelle variété en comparaison du cultivar local. Ceci se fera à travers les radios et les télévisions locales et autres moyens de communication. La mise à disposition gratuite des semences de la variété tolérante à la salinité et la formation des producteurs sur les techniques modernes de culture pourra leur être bénéfique. La sensibilisation s'adressera également aux consommateurs sur les qualités nutritionnelles de l'amarante et de ses bienfaits pour la santé. Cette stratégie permettra de retrouver dans la mesure du possible un équilibre entre la demande et l'offre d'amarante.

4. Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort que la production d'amarante tolérante à la salinité est la plus rentable financièrement pour les producteurs, en particulier la lignée L2. Il est donc fortement recommandé de mettre à disposition à grande échelle les semences des variétés tolérantes à la salinité, notamment la lignée L2, afin d'optimiser les revenus des producteurs et de permettre aux consommateurs d'améliorer la qualité nutritionnelle de leur alimentation. La culture à grande échelle de la nouvelle variété d'amarante permettra une amélioration substantielle du niveau de vie des producteurs et de l'état sanitaire des populations des villes et des campagnes.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier du fonds compétitif pour la recherche de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC)/Bénin phase III à travers le projet « Création et caractérisations agro-physiologique, génétique et nutritionnelle de nouvelles variétés, d'amarante (*Amaranthus cruentus* L.) résistantes à la salinité (CREAVARS).

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Ahoton L.E., Acacha-Acakpo H.V.
Collecte des données	Kpocheme A.O.E.K., Logoza C.D.
Analyse des données	Logoza C.D.
Acquisition de financement	Ahoton L.E., Acacha-Acakpo H.V.
Méthodologie	Ahoton L.E., Acacha-Acakpo H.V., Kpocheme A.O.E.K., Logoza C.D.
Gestion du projet	Ahoton L.E.
Supervision	Acacha-Acakpo H.V.
Rédaction manuscrit initial	Logoza C.D.
Révision et édition manuscrit	Logoza C.D., Kpocheme A.O.E.K., Ahoton L.E., Acacha-Acakpo H.V.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Agossadou M. M. T., Sègla S. S., Adégbidi A. A., Kayodé P. A. P. 2018. Consentement À Payer Et Rentabilité D'une Innovation En Agro-Alimentaire : Cas Du Décorticage Mécanique Et De La Fortification En Fer Du Sorgho Dans Le Nord-Bénin. *Revue scientifique européenne*, 14(21) : 155-176. DOI : <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p155>.
- Alemayehu F. R., Bendevis M. A., Jacobsen S. E. 2014. The potential for utilizing the seed crop Amaranth (*Amaranthus* spp) in East Africa as an Alternative crop to support food security and climate change mitigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201:321-329. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12108>.
- Assiri A. A., Kacou E. A., Assi F. A., Ekra K. S., Dji K. F., Couloud J. Y., Yapou A. R. 2012. Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoiers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14(2):1939-1951. (<https://www.m.elewa.org/JAPS/2012/14.2/3.pdf>)
- Atou R., Tonouewa G., Wouyou A., Kpocheme A. O. E. K., Missihoun A. A., Montcho D., Ahoton L. E., Agbangla C., Gandonou C. B. 2022. Screening of Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) Mutant Lines for Salinity Tolerance. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(22): 785-797. DOI: 10.9734/ijpss/2022/v34i2231435
- Barba de La Rosa A. P. B., Silva-Sánchez C., De Mejia E. G. 2007. Amaranth: An ancient crop for modern technology. In M. Tunick, & E. Gonzales Mejia (Eds.), *Hispanic Foods Chemistry and Flavor*, ACS Symposium Series, 946:103-116. (<http://www.scopus.com/inward/record.url?scp=36748999497&partnerID=8YFLogxK>)
- Bartz F-J., Peters K. J. & Janssen W. 1999. The influence of technology characteristics on the rate and speed of adoption. *Agricultural Economics*, 21:121-130. (<https://ageconsearch.umn.edu/record/175123/file/s/agec1999v021i002a002.pdf>)
- Bouamra-Mechemache Z., Requillart V., Sirugue L. 2019. Adoption par les consommateurs de produits innovants : le cas des "yaourt" au soja. *Innovation Agronomiques, INAE*. Pp 193-202. (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02244974/document>)
- Drake M., Gerard P. 2003. Consumer attitudes and acceptability of soy-fortified yogurts. *Journal of Food Science*, 68(3):1118-1122. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb08297.x>
- Feder G., Umali D. L. 1993. The adoption of agricultural innovation: A review. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 43:215-239. DOI : [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(93\)90053-A](https://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-A)
- Gbinlo E. R. 2010. Organisation et financement de la gestion des déchets ménagers dans les villes de l'Afrique Subsaharienne : le cas de la Ville de cotonou au Bénin. Thèse de doctorat en sciences économiques. Université d'Orléans. 238pp. (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00564740/document>)
- Ghadim A. K., Pannell D. J. 1999. A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural Economics*, 21:145-154. (https://www.researchgate.net/publication/222078594_A_conceptual_framework_of_adoption_of_an_agricultural_innovation)
- Kimwanga P. S., Kabuita L. M., Siwako J-P. L., Nzawe B. D., Mussa M. I. 2021. Rentabilité et obstacles à l'adoption des variétés améliorées du Manioc (*Manihot esculenta*) chez les paysans en RD Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. p-ISSN : 2028-991X. 7p. (https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IA_VH2/article/download/944/1302/)

- Kpocheme A. O. E. K., Missihoun A. A., Gnanvi B. N., Atou R., Wouyou A., Montcho D., Ahoton L. E., Gandonou C. B., Agbangla C. 2022. Molecular genetic characterization of *Amaranthus cruentus* L. mutant lines derived from local and preferred *Amaranthus* cultivar. Journal of Applied Biosciences, **175**: 18124 – 18134. DOI: <https://doi.org/10.35759/JABs.175.1>
- Le Gall-Ely M. 2009. Définition, mesure et déterminants du consentement à payer du consommateur : synthèse critique et voies de recherche, Recherche et Applications en Marketing, **24**(2):91-113. (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00522826/document>)
- Leathers H. D., Smale M. 1992. A Bayesian approach in explaining sequential adoption of components of a technological package. Am. J. Econ., **68**:519-527. DOI : <https://doi.org/10.2307/1242825>
- Lindner R. K., Jarrett P. G. 1982. Distance to information source and time lag to early adoption of trace element fertilisers. Aust. J. Agricultural Economics, **26**:98-113. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.1982.tb00618.x>
- Lindner R. K. 1987. Adoption and diffusion of technology: an overview, In: Champ, B. R., E. Highly & J. V. Remenyi (eds) Technological change in post harvest handling and transportation of grains in humid tropics. ACIAR proceedings n° 19, Australian centre for international Agricultural Research, Canberra. Pp. 144-151.
- Mesnard L. 1991. La maximisation du taux de profit. [Rapport de recherche] Institut de mathématiques économiques (IME). fihal-01541880f 21 p. (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01541880/document>)
- Moanahidy A. 2011. Etude de la rentabilité de la production des plants greffes de mangues améliorées cas cr-np (FOFIFA-MAHAJANGA). Mémoire de Fin d'Études vue de l'obtention du diplôme de licence en gestion des entreprises et des administrations. Université de Mahajanga (UMG). 93p. (http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/moanahidyAboudou_IUG_M_Lic_11.pdf)
- Monroe K. B. 1979. Pricing: Making Profitable Decisions. 1979e édition McGraw Hill Higher Education New York. ISBN-10 : 0070427801; ISBN-13 : 978-0070427808. 256p. (<https://www.amazon.fr/Pricing-Profitable-Decisions-K-B-Monroe/dp/0070427801>)
- Orobiyi A., Assogba P., Loko L. Y., Dansi M., Vodouhê R., Akouègninou A., Sanni A. 2013. Piment (*Capsicum annum* L.) au sud du Bénin : production contrainte, variétal la diversité, préférence critères et participatif évaluation. IJRSASS **3**(4):107-120. (https://www.researchgate.net/publication/264428583_Chili_Capsicum_annuum_L_in_southern_Benin_production_constraints_varietal_diversity_preference_criteria_and_participatory_evaluation)
- PAM 2019. Projet de plan stratégique de pays — Bénin (2019-2023). 37p. (https://executiveboard.wfp.org/ar/document_download/WFP-0000103426)
- Petrinovic J. F., Gélinas N., Beaulieu J. 2009. Rentabilité des plantations d'épinette blanche améliorée génétiquement au Québec : le point de vue du propriétaire. The forestry chronicle, **85**(4):1-13. (<http://pubs.cif-icf.org/doi/pdf/10.5558/tfc85558-4>)
- Rogers E. M. 1983. Diffusion of Innovations. New York: Free Press. ISBN 978-0-02-926650-2.
- Rogers E. M. 2003. Diffusion of Innovation. (5e éd) Free Press, New York. 550p.
- Savi A. D. 2009. Analyse de la rentabilité financière et de l'efficacité économique de la production du cricrin (*Corchorus olitorius*) dans la vallée du Mono. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies ; Université d'abomey-Calavi ; FSA. 85p. (https://www.academia.edu/7087525/Memoire_D_EARentabiliteproduction_Crincrin)
- Schwartz A. L., Thompson J. A., Masood N. 2002. Fatigue induite par l'interféron chez les patients atteints de mélanome : une étude pilote sur l'exercice et le méthylphénidate. Forum des soins infirmiers en oncologie, **29**:E85–E90. DOI : [10.1188/02.ONF.E85-E90](https://doi.org/10.1188/02.ONF.E85-E90)
- Tamiotti *et al.* 2009. Commerce Changement Climatique. Rapport établi par l'OMC et le PNUE. WTO ISBN: 978-92-870-3523-3. 212p. (https://www.wto.org/french/res_f/booksp_f/trade_climate_change_f.pdf)
- Tomo Nguema Tomo T. 2007, Attitude du consommateur face à un nouveau produit le cas d'Expresso à Dakar. IPG/ISTI – BTS. (<https://www.memoireonline.com/04/11/4490/m/Attitude-du-consommateur-face-un-nouveau-produit-le-cas-dExpresso--Dakar0.html>)
- Traore A. 2019. analyse des effets de l'intensification agricole sur la production de maïs dans le cercle de koutiala cas du village de n'gountjina. Mémoire de Fin de Cycle. Master II en Agroéconomie. Institut polytechnique rural de formation et de recherche appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou. 51p. (http://www.assar.uct.ac.za/sites/default/files/image_tool/images/138/Final_missing/Theses/A%3%AFAcha%20Traore%202019.pdf)
- Tsur Y., Sternberg M., Hochman E. 1990. Dynamic modelling of innovation process adoption with risk aversion and leaning. Oxford Econ. Paper, **42**:33 6-355. (<https://www.jstor.org/stable/2663229>)
- Venskutonis P. R., Kraujalis P. 2013 composants nutritionnels des graines et de légumes d'amarante : un examen de la composition, des propriétés et des utilisations. Examen complet sur la science alimentaire et la sécurité alimentaire. **12**(4):381-412. (<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1541-4337.12021>)

- Vodouhê G.T., Vodouhê S.D., Tossou R.C. 2019. Analyse du consentement des consommateurs à payer les légumes biologiques au sud du Bénin. *African Journal of Organic Agriculture and Ecology* (AJOAE), 1:51-55. (<https://noara.bio/wp-content/uploads/2019/09/8.-Analyse-du-Consentement-des-Consommateurs-%C3%A0-Payer-les-%C3%A9gumes.pdf>)
- Wauthy E., Duschesn P. 1972. Principes d'économie politique : ouvrage conforme au programme de l'enseignement des sciences économiques. (3éd) ; *La Procure Namur* ; Bruxelles. 348p.
- Weber J. 2003. L'évaluation contingente : les valeurs ont-elles un prix ? 10.3917/quae.bouam.2013.01.0231. SN - 9 782 759 219 742. 16p. (<https://www.sciencespo.fr/ceri/sites/sciencespo.fr/ceri/files/artjw.pdf>)
- Wu Y. F., Fontenot M. E., Pope J. F., Reagan S. 2005. Attitudes and acceptability of soy-based yogurt by college students. *Nutrition & Food Science* 35(4):253-257. DOI : <https://doi.org/10.1108/00346650510605649>
- Yelkouni M. 2004. Gestion d'une ressource naturelle et action collective : le cas de la forêt de Tiogo au Burkina Faso. Economies et finances. Thèse de doctorat en sciences économiques. Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I., Français. ffnNT : 2004CLF10267f. 249p. (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00660993/document>)
- Yessifou A. J., Affouda A. S., Yabi A. J. 2021. Analyse de l'effet de l'adoption des variétés améliorées de Maïs sur la rentabilité économique et financière des producteurs au nord Bénin. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 28(1):275-289. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p1>. (<https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/14629/14566>)
- Youbi P. H., Mbolu M., Ngoufo R., Kaho F., Edoa D. 2018. Etude comparative de la rentabilité financière de deux variétés de cacaoyers dans la Lékié (Région du Centre au Cameroun). *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 11:100-109. (<https://zenodo.org/record/1437731/files/Note%20Technique%20-%20RIFFEAC.pdf?download=1>).

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :




- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) consists of the letters 'SNA' in a bold, green, sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving them a three-dimensional appearance as if they are floating above a surface.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Paquets d'adaptation au changement climatique et efficacité-coût de culture du maïs au Nord-Est du Bénin

Oscar Iboukoun AYEDEGUE^{1*} , Patrice Ygué ADEGBOLA² , Jacob Afouda YABI¹ 

* Auteur Correspondant

¹ Université de Parakou (UP), Faculté d'Agronomie (FA), Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES)

² Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale de Agonkanmey (CRA-Agonkanmey)

Emails : oscon10@yahoo.fr ; patrice.adegbola@yahoo.fr ; ja_yabi@yahoo.com

Reçu le 1er Août 2022 - Accepté le 18 Mars 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : Cet article pose la question de la pertinence de la nouvelle génération des stratégies d'adaptation au changement climatique dans les systèmes de production de maïs au Nord-Est du Bénin. L'étude analyse les facteurs déterminants de la valeur de l'efficacité-coût de la culture du maïs et comment elle est impactée par les stratégies d'adaptation. Les résultats du modèle de régression multinomial à commutation endogène montrent qu'en plus des caractéristiques socioéconomiques des ménages, les stratégies d'adaptation influent sur le niveau d'efficacité-coût de la culture du maïs. L'approche contre factuelle d'analyse de l'effet causal des catégories de paquets d'adaptation a permis de conclure que les options d'adaptation, basées sur la sélection et la combinaison variétales montrent de meilleures performances économiques que celles qui associent les pratiques de conservation du sol et de diversification des cultures. Ces résultats orientent sur les combinaisons de variables d'adaptation à explorer pour concilier les performances économiques et la conservation de la biodiversité en faveur de l'agriculture durable.

Mots clés : Adaptation, changement climatique, impact, Bénin.

Adaptation packages to climate change and maize production allocative efficiency in North-East Benin

Abstract: This study explores the effectiveness of new generation climate adaptation strategies used by maize farmers in the context of Northern-East Benin. It aims to analyze the drivers of allocative efficiency value of maize production and how the efficiency is impacted by adaptation responses. The multinomial endogenous switching regression model shows that in addition to household's socioeconomic characteristics, adaptation strategies determine the level of allocative efficiency of maize production. The counterfactual approach studying the causal effect of adaptation packages categories lead to conclude that the adaptation options, based on varietal selection and combinations, show better economic performance to the soil conservation and crop diversification options. These results show the combinations of adaptation components that are useful to test in order to reach economic performance and biodiversity conservation for sustainable agriculture.

Keywords: Adaptation, climate change, impact, Benin.

1. Introduction

Les pays en voie de développement et tout particulièrement ceux de la zone d'Afrique sub-saharienne sont sérieusement affectés par les mutations du milieu physique et social dont le changement climatique (Davranche *et al.*, 2015 ; Droy et Bidou, 2022). Ces transformations telles que la dégradation des terres, la pression sur les ressources en eau et la déforestation, ajoutées à la modification des structures démographiques et des systèmes culturels ont un impact direct et indirect sur le processus de production agricole et la productivité de ses facteurs de production. En effet, l'Afrique Subsaharienne est particulièrement touchée par l'insécurité alimentaire et nutritionnelle avec la plus forte prévalence en matière de sous-alimentation (FAO, 2019). La dégradation des terres, le faible investissement dans le secteur agricole et le changement climatique (par exemple, température moyenne élevée, précipitations rares et irrégulières) qui ont caractérisé les activités agricoles de la région (Di Falco *et al.*, 2011 ; Willy et Holm-Müller, 2013 ; OCDE, 2015) seraient à l'origine de l'aggravation des difficultés de satisfaction des besoins alimentaires. Le changement climatique constitue une difficulté majeure pour l'agriculture car il affecte non seulement les rendements de production (Jalloh *et al.*, 2013) et augmente mais est également source d'instabilité du marché des produits agricoles (Wheeler et von Braun, 2013). L'analyse des conséquences du changement climatique au Bénin, montrent ses effets sont plus perceptibles à l'échelle locale (Gbetibouo *et al.*, 2009). Ainsi, la baisse des rendements des cultures, la baisse de la qualité des récoltes, la perte partielle ou totale des produits agricoles ont été rapportées (Vodounou *et al.*, 2016). Il en résulte la baisse des revenus, l'aggravation de la pauvreté, l'allongement de la période de soudure, l'augmentation des maladies virales et la baisse de la disponibilité alimentaire (PANA, 2014)

La littérature sur les conséquences futures du changement climatique annonce des pertes importantes de rendement de l'ordre de 20 à 50 % des cultures céréalières et oléagineuses aux horizons futurs proches et lointains (Doukpolo, 2014) qui généreront des bouleversements sociaux plus fréquents comparables aux émeutes de la faim de 2008 et une augmentation des prix des produits alimentaires (Goutaine, 2017 ; Hillel et Rosenzweig, 2009). Parmi les cultures les plus vulnérables, le maïs occupe une place de choix. En effet, des pertes importantes de rendement (8 à 22 %) du maïs, sont annoncées d'ici à 2050 à moins que des investissements clés ne soient réalisés pour améliorer la productivité sous le risque climatique (Schlenker & Lobell, 2010) alors qu'il demeure la céréale plus cultivée (Sisinto-Gbénou *et al.*, 2022). Il se positionne comme une culture commerciale notamment dans la partie nord du

Bénin où sa production est la plus importante mais aussi la principale culture de subsistance (Bricas *et al.*, 2016 ; Baco, 2019). De ce fait, une baisse de sa production affectera la sécurité alimentaire et les revenus.

Ces perspectives peu encourageantes justifient le rôle attendu de l'adaptation dans le plan global de réponse aux menaces du changement climatique. En effet, des auteurs (Eakin *et al.*, 2014 ; Waha *et al.*, 2013) soutiennent l'idée que les communautés rurales peuvent faire face avec succès aux impacts négatifs du changement climatique grâce à la mise en œuvre de pratiques d'adaptation. Cette conviction a suscité de nombreux efforts pour promouvoir et faire adopter plusieurs mesures d'adaptation (Roco *et al.*, 2017). Cependant, malgré ces mesures, les conséquences du changement climatique sur la production agricole demeurent préoccupantes. En effet, le changement climatique a été reconnu comme l'une des sources de la flambée des prix des produits alimentaires (OXFAM, 2012) qui constitue un frein à l'accès des ménages vulnérables aux biens de première nécessité au Bénin. Moins de la moitié des ménages (47,5%) étaient en sécurité alimentaire, 42,9% en sécurité alimentaire limitée et 9,6 % en insécurité alimentaire globale (modérée 8,9% et sévère 0,7%) en 2017 (Programme Alimentaire Mondiale, 2019). Cette situation semble s'aggraver, éloignant ainsi, le Bénin des possibilités de l'élimination de la faim, tel qu'envisagé dans le deuxième objectif du programme de développement durable à l'horizon 2030.

Cette tendance semble confirmer le fait que les stratégies d'adaptation au changement climatique, n'ont pas globalement répondu aux attentes. En effet, suivant Altieri *et al.* (2015), l'adaptation peut être considérée comme un facteur clé de gestion des changements climatiques à condition que l'on identifie et mette en œuvre les bonnes options. Par ailleurs, ces auteurs estiment que certaines options d'adaptation ne pourront modérer les dommages du changement climatique que pour le très court terme (Matthews *et al.*, 2013) et accentuent même la vulnérabilité des systèmes de production. L'identification des options répondant mieux aux attentes, pourrait être envisagée en mettant en cohérence l'approche d'analyse d'impact avec les résultats de caractérisation des stratégies d'adaptation. En effet, les travaux d'étude d'impact de l'adaptation sur l'amélioration de la production agricole, ont examiné les effets simulés de l'introduction de quelques pratiques isolées alors que les études de caractérisation des stratégies d'adaptation ont montré qu'elles sont constituées d'un ensemble de pratiques organisées de manière cohérente (Ayedegue *et al.*, 2021 ; Traoré *et al.*, 2013). De ce cadre, il apparaît crucial d'identifier les combinaisons de pratiques développées par les agriculteurs qui répondent mieux aux effets néfastes du changement climatique. La contribution du présent travail réside dans le fait qu'il indique la façon dont les pratiques sont combinées pour servir de stratégies d'adaptation. Par

ailleurs, il permettra de comprendre comment chaque combinaison de pratiques impacte l'aptitude des producteurs à allouer efficacement les facteurs de production au regard de leur coût. Enfin, l'approche d'analyse tient compte du risque du biais d'endogénéité pour prévenir la confusion entre les effets générés par d'autres facteurs et ceux de l'adaptation à travers l'option du modèle de régression multinomial à commutation endogène. Ce modèle admet l'estimation simultanée de l'équation de sélection et celle de l'impact, qui garantit la robustesse des paramètres.

Les difficultés récurrentes liées au changement climatique rapportées par les producteurs de maïs dans la zone d'étude concernent les poches de sécheresse, les pluies tardives et la réduction de la durée de la saison des pluies. Pour y répondre différentes mesures sont mises en œuvre dont l'adoption de variétés à cycle court, l'augmentation des cultures plus résistantes à la sécheresse, les mesures de conservation de l'eau, etc... La prise de ces mesures s'accompagne généralement d'exigences auxquelles il devient nécessaire d'adresser des mécanismes de gestion. Il en est ainsi, par exemple de la relation entre les variétés améliorées et les besoins en fertilisants d'après la typologie des mesures d'adaptation au changement climatique, adoptées par les riziculteurs au Nord-Bénin, réalisée par Ayédèguè *et al.* (2020). De même Vodounou *et al.* (2016) ont indiqué que ces variétés sont fréquemment moins productives et/ou plus exigeantes en qualité du sol. Elles disposent de peu de temps pour produire une certaine quantité de matière sèche. Les plantes ont alors des besoins instantanés plus importants (en nutriments mais aussi en eau). Par ailleurs, arrivant à maturité avant les variétés traditionnelles, elles sont également très vulnérables aux attaques aviaires (ceci concerne les céréales et notamment le riz, le maïs, etc.). Ainsi, l'adoption d'une mesure fait appel à d'autres pratiques dans le but de lever les contraintes qui résultent de son adoption. Les paquets d'adaptation représentent dans cette étude les combinaisons de pratiques élaborées par les producteurs pour s'adapter aux effets néfastes du changement climatique.

2. Matériel et méthodes

2.1. Caractéristiques et choix du milieu d'étude

La zone de l'étude comprend les communes de Kandi, Banikoara et Ségbana. Elle est située entre 10°55' et 11°18' de latitude Nord puis entre 2° 26' et 3°41' de longitude Est et couvre une superficie de 12275 km². Le climat de la zone d'étude est de type soudano-sahélien avec une saison pluvieuse et une saison sèche. La hauteur pluviométrique annuelle oscille entre 850 et 1150 mm. Quant à la température, elle reste élevée avec des minimas entre 23° et 24° et des maximas entre 35° et 36°. Dans l'ensemble, la végétation de

la zone d'étude est composée de savane boisée, arbustive et herbacée avec des plages d'épineux aux endroits soumis à une forte influence anthropique.

La zone d'étude est celle de forte production de maïs (INStaD, 2018) et fait partie de la région caractérisée par la plus forte variabilité des dates de début de saison pluvieuse avec une tendance globale à la tardiveté (Houngnibo *et al.*, 2020).

2.2. Echantillonnage et données utilisées

Les données de caractéristiques socio-économiques et démographiques, de pratiques d'adaptation au changement climatique adoptées par chaque enquêté puis celles relatives aux quantités récoltées et coûts de production ont été collectées de Janvier à Mars 2021 à travers des entretiens individuels sur la base d'un questionnaire et des focus group dont les participants sont membres des coopératives desquelles les enquêtés ont été sélectionnés sur la base d'un guide d'entretien. Pour recueillir ces informations, un choix raisonné des arrondissements et villages a été effectué avec le concours des agents des cellules communales de Kandi, Banikoara et Ségbana de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA), sur la base du critère de forte zone de production. Les enquêtés ciblés sont des producteurs dont la culture du maïs représente non seulement un moyen de subsistance mais aussi une source importante de revenu. Ils ont été sélectionnés à proportion égale des coopératives de producteurs de maïs dans chaque village. Une sélection aléatoire simple de producteurs au sein des coopératives dans chaque village a permis de collecter les données auprès de trois cent soixante (360) producteurs à travers un questionnaire structuré.

2.3. Fondement théorique

L'analyse de l'effet des paquets d'adaptation sur la performance économique des systèmes de culture du maïs s'inspire de la théorie de la production économique (Debertin, 1986). Elle fournit un cadre analytique pour formuler des hypothèses sur le comportement des exploitations agricoles lorsque leur environnement change. Son point central est la fonction de production décrite à partir d'une relation technique qui lie la quantité physique maximale de produits (y_t) qu'une exploitation agricole peut produire au temps (t) à partir des quantités physiques d'intrants (X_{it}) données pour une technologie de production. En effet, les marchés en concurrence imparfaite du fait de l'accès inégal aux innovations technologiques et à l'information dans des secteurs d'activité comme l'agriculture, laissent entrevoir des risques d'inefficacités permanentes. Dans cette perspective, il est raisonnable de penser que les systèmes économiques ne peuvent garantir que les entreprises agiront toujours de façon à avoir une conduite efficace.

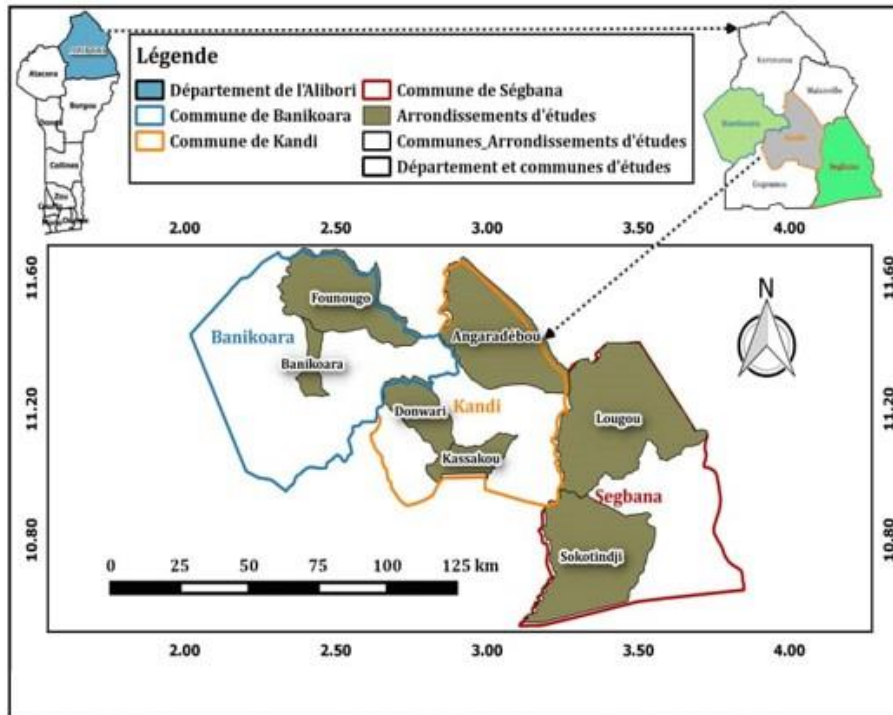


Figure 1 : Situation géographique du milieu d'étude

Figure 1 : Location of the study area

Tableau 1 : Répartition des enquêtés par sexe et par niveau d'instruction / Respondents by gender and education level

Communes	Sexe			Instruction		
	Masculin	Féminin	Aucun	Primaire	Secondaire	Universitaire
Banikoara	111	8	49	48	19	4
Segbana	118	3	39	60	21	1
Kandi	118	2	68	29	16	6
Total	347	13	156	137	56	11

Source : Données d'enquête, Février 2021

De même Keane *et al.* (1992) a précisé 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. Ainsi, la possibilité qu'il ait un écart entre les niveaux de production observé et potentiel avec une quantité d'input donnée d'une part ou entre les coûts potentiels et observés pour produire un volume donné de production d'autre part existe. La performance et l'allocation des ressources peuvent donc être analysées en fonction de la relation entre les inputs et les outputs. Outre le concept de productivité qui exprime le rapport entre les extrants et les intrants, on se réfère dans l'analyse économique au concept d'efficacité pour souligner la possibilité de générer un volume maximal d'output à partir d'un niveau minimal d'input (ELLIS, 1993). Ce cadre a orienté des travaux (Siéwé

et al., 2019 ; Midingoyi, 2010) qui ont précisé l'influence des indicateurs du niveau d'accès à l'information, aux innovations technologiques et aux ressources sur les indices d'efficacité au moyen des modèles de régression économétriques. Les différents paquets d'adaptation au changement climatique étant des innovations dont l'adoption dépend du niveau d'accès à l'information et de la capacité à mobiliser les ressources nécessaires par les producteurs, ils sont censés participer à influencer le niveau d'efficacité des exploitations. Des formes fonctionnelles de fonctions trouvées dans la littérature, les types Cobb-Douglas et Translog sont appropriés pour décrire les relations entre input et output dans le secteur agricole. Pour sélectionner la meilleure forme fonctionnelle adaptée aux données et vérifier la présence d'inefficacité, des tests de rapport

de vraisemblance (LR) sont utilisés à partir de l'estimation des fonctions de coût de frontière stochastique Cobb-Douglas et Translog.

2.4. Approche d'analyse de l'impact des paquets d'adaptation

L'analyse de l'impact de l'adaptation au changement climatique vise à mesurer l'effet de l'adaptation sur la variable d'intérêt (l'indice d'efficacité-coût dans le cadre de cette étude). Une approche simple pourrait consister à comparer les valeurs moyennes des indices d'efficacité suivant les différents paquets d'adaptation à travers le test de comparaison de moyennes. Cependant, considérer ces différences comme résultant seulement de l'option d'adaptation pose un problème de logique car elle équivaut à ignorer l'effet des caractéristiques socioéconomiques et démographiques des ménages des producteurs qui contribuent à influencer l'indice d'efficacité-coût. En effet, de nombreux auteurs (Mindigoyi, 2008 ; Choukou *et al.*, 2017 ; Biaou *et al.*, 2021 ; Ahouangninou *et al.* 2020) ont rapporté l'influence de l'âge, de l'accès au crédit, du nombre d'actifs agricoles, de l'instruction, de la superficie emblavée sur l'efficacité de différents systèmes de culture. Une autre démarche d'analyse serait de régresser l'indice d'efficacité-coût par des variables indépendantes y compris les paquets d'adaptation suivant la forme générale ci-après :

$$IE = f(X, A, \alpha) + u \quad (1)$$

IE représentant l'indice d'efficacité-coût, X les caractéristiques socioéconomiques et démographiques du ménage de l'enquêté, A le vecteur des paquets d'adaptation sous forme binaire (chaque paquet d'adaptation prend la valeur 1 lorsque le producteur le choisit et 0 si non), α les paramètres à estimer et u le terme d'erreur.

Cette approche tient compte des risques de biais indiqués ci-dessus mais considère l'adaptation comme une variable exogène alors qu'elle est potentiellement endogène (Di Falco *et al.* 2011). Par ailleurs, elle présente le risque de biais de sélection car il est probable que les adoptants d'un paquet donné aient des caractéristiques systématiquement différentes de celles des non-adoptants entraînant ainsi l'inconsistance des estimations de l'impact des paquets d'adaptation sur l'indice d'efficacité-coût (Di Falco *et al.*, 2011). Pour y remédier la famille de modèles de régression à commutation endogène admettant des variables instrumentales qui affectent la décision relative au choix d'un paquet d'adaptation mais sans effet sur l'indice d'efficacité allocative, est indiquée (Bourguillon *et al.*, 2007). Cette approche consiste à séparer l'équation de la fonction d'efficacité-coût et celle de la sélection des paquets d'adaptations estimées simultanément pour garantir la consistance des coefficients à estimer (Bourguillon *et al.*, 2007). Ce cadre d'analyse, admet le logit multinomial pour estimer l'équation de sélection des paquets d'adaptation. D'où l'option du modèle de régression à

commutation endogène logit multinomial dans la présente étude. Cette approche permet la détermination de l'effet causal de l'adaptation à travers la méthode du contrefactuel.

2-4-1 Modèle multinomial de sélection des paquets d'adaptation

Conformément au principe de rationalité, on considère que la préférence pour un paquet d'adaptation k n'est envisageable que si l'utilité maximale espérée avec son adoption (U_k) est meilleure à l'utilité espérée avec n'importe quelle autre option d'adaptation. L'utilité maximale espérée est inobservable pour le chercheur mais elle peut être représentée par une variable latente U^* qu'on peut définir à partir des caractéristiques socioéconomiques et démographiques des producteurs suivant la formule :

$$U_{ik}^* = \beta_k Z_{ik} + \varepsilon_{ik} \quad (2)$$

Z est le vecteur des caractéristiques socioéconomiques et démographiques du producteur i puis les variables instrumentales, β celui des paramètres à estimer et ε le terme d'erreur.

En posant j ' comme paquet de référence et j les autres paquets, les conditions de sélection d'un paquet d'adaptation sont traduites par le système suivant :

$$k = \begin{cases} j' \text{ si } U_{ij'}^* > \max(U_{ik}^*) \text{ ou } \eta_{ij'} < 0 \\ k \neq j' \\ j \text{ si } U_{ij}^* > \max(U_{ik}^*) \text{ ou } \eta_{ij} < 0 \\ k \neq j \end{cases} \quad (3)$$

Avec $\eta_{ij} = \max(U_{ik}^* - U_{ij}^*) < 0$ pour tout $k \neq j$ (Bourguignon *et al.*, 2007).

Dans l'hypothèse que le terme d'erreur (ε) est distribué de manière identique et indépendante suivant la loi de distribution de Gumbel, la probabilité que l'agriculteur i avec les caractéristiques Z choisisse le paquet J est donnée par la formule suivante :

$$P_{ij} = \text{prob}[\max(U_{ik}^* - U_{ij}^*) < 0 | Z_{ij}] = \frac{\exp(\beta_j Z_{ij})}{\sum_{j=1}^n \exp(\beta_j Z_{ij})} \quad (4)$$

n représentant le nombre de paquets d'adaptation.

2-4-2 Modèle de régression multinomial à commutation endogène

L'analyse de l'impact dans le cadre du modèle à commutation endogène se fait à travers la définition de deux composantes de l'équation principale que sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} IE_{ki} = \alpha_k X_{ki} + u_{ki} \quad (5a) \\ \text{si le sous ensemble de paquets } k \text{ est adopté} \\ IE_{Ni} = \alpha_N X_{Ni} + u_{Ni} \quad (5b) \\ \text{si le sous ensemble de paquets } k \text{ n'est pas adopté} \end{array} \right.$$

avec IE_k et IE_N les indices d'efficacité-coût des adoptants et non adoptants du paquet k respectivement. α_k et α_N les paramètres à estimer. Les trois termes d'erreur ε , u_A et u_N dans les équations (2), (5a) et (5b) sont supposés avoir une distribution à une moyenne nulle dont la matrice de covariance se présente ainsi qu'il suit :

$$Cov(\varepsilon, u_A, u_N) = \begin{pmatrix} \sigma_\varepsilon^2 & \sigma_{\varepsilon k} & \sigma_{\varepsilon N} \\ \sigma_{k\varepsilon} & \sigma_k^2 & \sigma_{kN} \\ \sigma_{N\varepsilon} & \sigma_{Nk} & \sigma_N^2 \end{pmatrix}$$

avec $Var(\varepsilon) = \sigma_\varepsilon^2$, $Var(u_k) = \sigma_k^2$ et $Var(u_N) = \sigma_N^2$,

$$Cov(u_k, u_N) = \sigma_{kN}, Cov(u_k, \varepsilon) = \sigma_{k\varepsilon} \text{ et}$$

$$Cov(u_N, \varepsilon) = \sigma_{N\varepsilon}.$$

Le terme d'erreur de l'équation (2) étant corrélé avec ceux des équations (5a) et (5b), les valeurs de u_k et u_N sachant la décision de choix du paquet spécifié par le modèle de sélection, sont non nulles (Lee et Trost, 1978) et données par les formules suivantes :

$$E[u_k|k=1] = \sigma_{k\varepsilon} \frac{\varphi(z_k\beta)}{\Phi(z_k\beta)} = \sigma_{k\varepsilon}\lambda_k \quad (6) \text{ et}$$

$$E[u_N|k=0] = -\sigma_{N\varepsilon} \frac{\varphi(z_k\beta)}{1-\Phi(z_k\beta)} = \sigma_{N\varepsilon}\lambda_N \quad (7).$$

$\varphi(\cdot)$ et $\Phi(\cdot)$ représentent respectivement les fonctions de densité et de répartition de la loi de probabilité logit. Les termes λ_k et λ_N sont les inverses du ratio de Mills évalués à partir du modèle de sélection et à utiliser pour réécrire les termes d'erreur du modèle d'impact pour traiter du biais de sélection. Ainsi, les équations (5a) et (5b) deviennent :

$$E[IE_{ki}|k=1] = \alpha_k X_{ki} + \sigma_{k\varepsilon}\lambda_{ki} \quad (8a) \text{ et}$$

$$E[IE_{Ni}|k=0] = \alpha_N X_{Ni} + \sigma_{N\varepsilon}\lambda_{Ni} \quad (8b)$$

2-4-3. Contrefactuelle et estimation des effets des paquets d'adaptation

Le système d'équations (8) est utilisé pour calculer les effets d'adoption de chacun des paquets d'adaptation en générant les contrefactuels des indices d'efficacité-coût atteints par les producteurs selon qu'ils adoptent ou non le sous ensemble de paquets k (Carter et Milon, 2005 ; Di falco et Veronesi, 2011). Ainsi, la valeur de l'indice d'efficacité-coût des adoptants s'ils choisissaient de ne pas s'adapter puis celle des non-adoptants s'ils choisissaient de s'adapter sont respectivement données par les équations suivantes :

$$E[IE_{Ni}|k=1] = \alpha_N X_{ki} + \sigma_{N\varepsilon}\lambda_{ki} \quad (9)$$

$$E[IE_{ki}|k=0] = \alpha_k X_{Ni} + \sigma_{k\varepsilon}\lambda_{Ni} \quad (10)$$

La variation de l'indice d'efficacité-coût dues au choix du paquet d'adaptation k , est obtenue en posant l'opération :

$$ATT = E[IE_{ki}|k=1] - E[IE_{Ni}|k=1] = (\alpha_k X_{ki} + \sigma_{k\varepsilon}\lambda_{ki}) - (\alpha_N X_{ki} + \sigma_{N\varepsilon}\lambda_{ki})$$

$$ATT = (\alpha_k - \alpha_N)X_{ki} + (\sigma_{k\varepsilon} - \sigma_{N\varepsilon})\lambda_{ki} \quad (11)$$

De même la variation qu'aurait induit le choix du paquet d'adaptation k sur l'indice d'efficacité des non adoptants est donnée par :

$$ATU = E[IE_{ki}|k=0] - E[IE_{Ni}|k=0]$$

$$= (\alpha_k X_{Ni} + \sigma_{k\varepsilon}\lambda_{Ni}) - (\alpha_N X_{Ni} + \sigma_{N\varepsilon}\lambda_{Ni})$$

$$ATU = (\alpha_k - \alpha_N)X_{Ni} + (\sigma_{k\varepsilon} - \sigma_{N\varepsilon})\lambda_{Ni} \quad (12)$$

Enfin, la variation moyenne de l'indice d'efficacité coût si tous les enquêtés optaient pour le paquet k , est donnée par l'expression :

$$ATE = ATT * p(k=1) + ATU * p(k=0) \quad (13)$$

$p(k=1)$ et $p(k=0)$ correspondent aux probabilités qu'un individu de l'échantillon appartienne au groupe des adoptants et des non adoptants. Suivant Di Falco *et al.* (2011), les effets d'hétérogénéité sur les adoptants et les non-adoptants sont respectivement donnés par les équations suivantes :

$$BH1 = E[IE_{ki}|k=1] - E[IE_{ki}|k=0] = \alpha_k (X_{ki} - X_{Ni}) + \sigma_{k\varepsilon}(\lambda_{ki} - \lambda_{Ni}) \quad (14) \text{ et}$$

$$BH2 = E[IE_{ki}|k=1] - E[IE_{Ni}|k=0] = \alpha_k (X_k - X_N) + \sigma_{N\varepsilon}(\lambda_{ki} - \lambda_{Ni}) \quad (15)$$

2.5. Cadre empirique

2-5-1. Indice d'efficacité-coût

Dans cette étude, le modèle stochastique de la frontière des coûts est utilisé pour estimer les paramètres et les indices d'efficacité. Le choix de l'indice d'efficacité-coût comme variable endogène, est justifié par le fait que la mise en œuvre de certaines pratiques d'adaptation implique des dépenses dont le rapport avec la quantité produite ou le rendement, mérite d'être analysé pour examiner dans quelles mesures les stratégies d'adaptation contribuent à améliorer le gain net du producteur. Des formes fonctionnelles de fonctions de coût trouvées dans la littérature, les types Cobb-Douglas et Translog sont appropriés pour décrire les relations entre input et output dans le secteur agricole. Pour sélectionner la meilleure forme fonctionnelle adaptée aux données, le test du rapport de vraisemblance (LR) est utilisé à partir de l'estimation des fonctions de coût de frontière stochastique Cobb-Douglas et Translog. Cette statistique a permis de retenir la fonction Translog avec un output et huit input à un niveau critique de 1% dont l'équation de spécification est :

$$\ln C_i(Y, P) = \gamma_0 + \sum_{m=1}^9 \gamma_m \ln P_m + \sum_{k=1}^1 \gamma_k \ln Y_k +$$

$$\frac{1}{2} [\sum_{m=1}^9 \sum_{n=1}^9 \psi_{mn} \ln P_m \ln P_n + \sum_{k=1}^1 \sum_{l=1}^1 \psi_{kl} \ln Y_k \ln Y_l] +$$

$$\sum_{m=1}^9 \sum_{k=1}^1 \psi_{mk} \ln P_m \ln Y_k + \delta_i + \mu_i \quad (16)$$

avec $i = 1 \dots N$; $\psi_{mn} = \psi_{nm}$; C_i le coût total de production en francs CFA supporté par l'exploitation i ; P_m représente le coût des intrants en francs CFA par hectare et Y_k est la quantité de maïs produite en (kg/ha). γ_0 est la constante de coût, γ_m et γ_k sont les paramètres des conditions du premier ordre associé aux

coûts des intrants et à la quantité de production ; ψ_{mn} , et $\psi_{kl}\psi_{mk}$ sont les paramètres des termes du second ordre. Les termes (u) et (δ) sont supposés être distribués indépendamment, $\delta_i \sim iidN(0, \sigma_\delta^2)$ et $\mu_i \sim iidN(0, \sigma_\mu^2)$ (Okello et al. 2019; Zavale et al., 2005) et μ est supposé avoir une distribution semi-normale, car la fonction de vraisemblance converge avec elle. Les indices d'efficacité dérivent des valeurs d'inefficacité – coût qui sont estimés en deux étapes suivant (Zavale et al., 2005). Dans la première, on spécifie la moyenne conditionnelle de u_i sachant ε_i en considérant que u_i suit une loi de distribution semi-normale et δ_i une loi de distribution normale. La moyenne conditionnelle de u_i est donnée par l'équation suivante:

$$E[\mu_i|\varepsilon_i] = \frac{\sigma_\mu\sigma_\delta}{\sigma^2} \left[\frac{\phi(\varepsilon_i\lambda/\sigma)}{1-\Phi(-\varepsilon_i\lambda/\sigma)} + \frac{\varepsilon_i\lambda}{\sigma} \right] \quad (17)$$

A la seconde étape, à l'aide de l'estimation ponctuelle de u_i obtenue à partir de l'étape précédente, l'inefficacité allocative (INA) est donnée par :

$$INA_i = E(\exp\{u_i\}|\varepsilon_i) = \left[\frac{1-\Phi(\sigma_* - u_i/\sigma_*)}{1-\Phi(-u_i/\sigma_*)} \right] \exp\left\{-u_i + \frac{1}{2}\sigma_*^2\right\} \quad (18)$$

avec ($\Phi(\cdot)$), la fonction de répartition cumulative standard ; u_{*i} et σ_*^2 sont exprimés comme suit (Kumbhakar et al. 2015; p. 320):

$$u_{*i} = \frac{u\sigma_\delta^2 - \sigma_u^2\varepsilon_i}{\sigma_\delta^2 + \sigma_u^2} \quad (19)$$

$$\sigma_*^2 = \frac{\sigma_\delta^2\sigma_u^2}{\sigma_\delta^2 + \sigma_u^2} \quad (20)$$

Les estimations du maximum de vraisemblance des paramètres sont remplacées dans l'équation (18) pour l'estimation de l'indice d'inefficacité-coût pour chaque producteur. A partir de l'indice d'inefficacité-coût, la valeur de l'indice d'efficacité est donnée par la formule suivante :

$$IE = \frac{1}{INE_i} \quad (21)$$

Les données d'enquêtes fournissent la liste des inputs utilisés pour la production du maïs. Il s'agit de la semence, des fertilisants, des herbicides, de la location d'équipements, de terres, de la main d'œuvre et la dépréciation du matériel agricole du ménage.

2-5-2. Paquets d'adaptation et déterminants de l'indice d'efficacité-coût

Les paquets d'adaptation résultent de la catégorisation des pratiques d'adaptation au moyen de la classification hiérarchique dans la version 4.0.3 du logiciel R avec le package FactoMineR. L'analyse du coefficient de détermination entre l'ensemble des pratiques et leur configuration en classes puis les résultats du test de comparaison de moyennes inter et intra catégories des

valeurs associées au statut d'adoption des pratiques (1 pour l'adoption et 0 si non), ont permis d'étudier la validité des paquets d'adaptation. Ainsi, quatre paquets (tableau 2) et deux sous-groupes de paquets ont été identifiés à partir de trois variables de classification. Il s'agit du choix variétal (cycle court ou moyen), des stratégies de gestion de risque (labour et semis précoces, renouvellement de semences, semis échelonné, production sur différents sites et augmentation de l'emblavure des cultures résilientes comme le sorgho, le mil et le niébé) et du mode de gestion de la fertilité (engrais minéral ou combinaison d'engrais minéral et organique). Le premier sous-groupe, constitué des paquets 1, 2 et 3 admet l'augmentation de la dose d'engrais chimique, l'adoption du cycle des variétés de cycle court, les opérations précoces, la reprise et l'échelonnement du semis. Par contre le paquet 4 (deuxième sous-groupe) se particularise par le choix des variétés de cycle moyen seulement, les pratiques de combinaison d'engrais organique et minéral, la mise en jachère des terres et est le seul paquet à ne pas revoir à la hausse la dose d'application de l'engrais minéral. De ce fait, le paquet 4 est choisi comme la référence dans cette étude.

Tableau 2 : Paquets d'adaptation au changement climatique / Adaptation packages to climate change

Pratiques d'adaptation	Paquet 1	Paquet 2	Paquet 3	Paquet 4
Variété de cycle court (3 mois)	x	x	x	
Renouvellement de semence		x	x	
Reprise du semis	x	x	x	
Labour et semis précoce	x	x	x	
Variété de cycle moyen (3,5 mois)			x	x
Diversification des cultures les plus résilientes				x
Production sur différents sites			x	x
Semis échelonné	x	x	x	
Augmentation de la dose d'engrais minéral	x	x	x	
Système de production animale et végétale et utilisation partielle de l'engrais organique				x
Mise en jachère des terres				x
Rotation culturale		x		
Nombre d'adoptants	55	51	106	148

Source : Données d'enquête, Février 2021. X : adoption de la pratique de la ligne correspondante

La littérature (Tangara et al., 2021 ; Chefebo et al., 2020 ; Akpo et al., 2021 ; Wassihun et al., 2019) regroupe en deux catégories les facteurs influençant les indices d'efficacité des unités de production et le choix des stratégies d'adaptation. La première catégorie

concerne les facteurs internes à l'unité de production qui englobent les facteurs de prise de décisions liées aux systèmes de culture (tableau 3), le profil du producteur (âge, sexe, instruction, expérience, actifs agricoles, revenu secondaires) et les facteurs externes constitués de l'environnement physique, institutionnel, économique et politique sur lequel le décideur n'a aucun contrôle tel que les conditions agro climatiques, les modalités d'accès au financement, aux équipements et à la terre.

Hormis les variables ci-dessus, certaines influencent la sélection des paquets d'adaptation au changement tandis qu'elles sont sans effet sur les données relatives

à l'output comme l'indice d'efficacité-coût. En effet, Khanal *et al.* (2018) ont trouvé que les perceptions des producteurs par rapport à l'évolution du climat et à la pertinence des stratégies d'adaptation influencent l'adoption des stratégies d'adaptation tandis qu'elles sont sans effet sur le rendement de culture du riz. Par conséquent, la perception de l'arrêt du développement des cultures (PERARE) et la perception de l'inachèvement (remplissage partiel de l'épis ou fruits immatures) de la phase de fructification (PERIF) représentent les variables instrumentales du modèle dans cette étude. Un test de falsification a permis de confirmer la validité de ces variables.

Tableau 3 : Variables du modèle / Variables of the model

Variables	Description	Valeurs	Signes attendus
Variable dépendante			
IE	Indice d'efficacité allocative	Quantitative	
Variables indépendantes			
Variables	Description	Valeurs	
DOW	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Donwari	0= Non ; 1= Oui	±
BANI	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Banikoara centre	0= Non ; 1= Oui	±
COZOC	Parcelles réparties entre zones largement et très peu cultivées	0= Non ; 1= Oui	±
SEX	Sexe de l'enquêté	0= femme ; 1= homme	+
AGE	Age de l'enquêté	quantitatives	+
EXPER	Expérience de l'enquêté en tant que producteur de maïs		+
NIVIN	Niveau d'instruction de l'enquêté	0 = Aucun ; 1= Primaire ; 2= Secondaire ; 3= Universitaire	+
ACTIF	Nombre d'actifs agricole	quantitatives	+
SEMBM	Superficie de terres emblavées	quantitatives	±
SDISM	Superficie disponible	quantitatives	+
ASRE	Autres sources de revenu secondaire	0= Non ; 1= Oui	+
MODAT	Mode d'accès à la terre	0=indirect ; 1= direct	+
ACREDI	Accès au crédit	0= Non ; 1= Oui	+
ACSV	Accès aux services de vulgarisation	0= Non ; 1= Oui	+
DUPES	Durée de la période de soudure	quantitatives	+

Le développement de l'équation sur la base des variables considérées (Matériel supplémentaire S1 et S2) donne lieu au système suivant :

$$\begin{aligned}
 \text{Prob}_k &= \beta_{1k}\text{DOW} + \beta_{2k}\text{BANI} + \beta_{3k}\text{COZOC} + \\
 &\quad \beta_{4k}\text{SEX} + \beta_{5k}\text{AGE} + \beta_{6k}\text{SDISM} + \\
 &\quad \beta_{7k}\text{ACTIF} + \beta_{8k}\text{NIVIN} + \beta_{9k}\text{EXPER} + \beta_{10k}\text{SEMBM} + \\
 &\quad \beta_{11k}\text{ASRE} + \beta_{12k}\text{MODAT} + \beta_{13k}\text{ACREDI} + \beta_{14k}\text{DUPES} + \\
 &\quad \beta_{15k}\text{ACSV} + \beta_{16k}\text{PERARE} + \beta_{17k}\text{PERIF} + C_k + \varepsilon_k ; \text{ Avec} \\
 &\quad k = \{1,2,3\} \text{ et } \{4\}, \text{ la référence} \\
 E[IE_k | k = 1] &= \alpha_{1k} \text{SEX} + \alpha_{2k} \text{AGE} + \alpha_{3k} \text{SDISM} + \\
 &\quad \alpha_{4k} \text{ACTIF} + \alpha_{5k} \text{NIVIN} + \alpha_{6k} \text{EXPER} + \alpha_{7k} \text{ACSV} + \\
 &\quad \alpha_{8k} \text{MODAT} + \alpha_{9k} \text{ACREDI} + \sigma_{k\varepsilon} \lambda_k ; k = 1 \text{ équivaut au} \\
 &\quad \text{choix de l'un d'entre les paquets } P_1, P_2 \text{ et } P_3 \\
 E[IE_N | k = 0] &= \alpha_{1k} \text{SEX} + \alpha_{2k} \text{AGE} + \alpha_{3k} \text{SDISM} + \\
 &\quad \alpha_{4k} \text{ACTIF} + \alpha_{5k} \text{NIVIN} + \alpha_{6k} \text{EXPER} + \alpha_{7k} \text{ACSV} + \\
 &\quad \alpha_{8k} \text{MODAT} + \alpha_{9k} \text{ACREDI} + \sigma_{N\varepsilon} \lambda_N ; k = 0 \text{ équivaut au} \\
 &\quad \text{choix du paquet } P_4.
 \end{aligned}$$

La première équation du système est relative à la sélection des paquets d'adaptation et les deux dernières servent à déterminer l'impact des paquets d'adaptation sur l'indice d'efficacité-coût.

3. Résultats

3.1. Sélection des paquets d'adaptation au changement climatique

Les résultats du test de Wald (tableau 4) montrent que l'hypothèse de nullité simultanée des coefficients est rejetée. Ils indiquent que le logit multinomial est bien ajusté aux données empiriques. Les variables expliquées P1, P2 et P3 sont respectivement et significativement expliquées par huit (08) (dont 5 au seuil de probabilité de 1 % et 3 au seuil de 5 %), neuf (09) (dont 5 au seuil de 1 % et 4 au seuil de 5 %) et onze (11) (dont 6 au seuil de 1 %, 4 au seuil de 5 % et 1 au seuil de 10 %) variables explicatives du modèle. Six (06) de ces variables influencent simultanément le choix des trois paquets par rapport à la référence, une (01), détermine simultanément les paquets 1 et 2 et huit (08), influent

sur le choix de l'un des trois (03) paquets. Trois (SDISM, ACTSE, MODAT) des variables qui déterminent simultanément les trois paquets les influencent négativement tandis qu'une (SEMBM) les détermine positivement. Ces résultats montrent d'une part que les producteurs avec de vastes superficies de terre, disposant d'une source de revenu secondaire et qui accèdent à la terre par le mode direct préfèrent le paquet 4 aux autres. D'autre part, ils indiquent que les producteurs qui emblavent de vastes superficies de terre préfèrent moins le paquet 4 comparativement aux autres. L'expérience du producteur (EXPER) et le nombre d'actifs agricoles (ACTIF) sont les deux variables qui influencent simultanément les trois paquets mais dont les natures des effets varient d'un paquet à l'autre. En effet, les producteurs expérimentés préfèrent moins le paquet 1 tandis qu'ils préfèrent plus les paquets 2 et 3 au paquet 4. Ces options seraient liées au fait que les producteurs expérimentés lient une partie de l'amélioration des rendements à la pratique de renouvellement des semences lorsque les variétés de cycle court sont adoptées. Cependant, ils estiment qu'en absence de renouvellement de la semence, les variétés de cycle moyen donnent de meilleurs résultats comparativement aux variétés de cycle court. Quant aux ménages avec des effectifs importants d'actifs agricoles, ils préfèrent le paquet 4 aux paquets 1 et 2 tandis que le paquet 3 leur semble plus intéressant que le paquet 4. Ces résultats pourraient s'expliquer par la nécessité d'actifs agricoles plus nombreux lorsque l'on produit sur différents sites comme dans le cas du paquet 3 contrairement aux paquets 1 et 2. Par contre, lorsque les producteurs font l'option des pratiques de combinaison de production animale et végétale, ajoutée à la mise en jachère des terres comme dans le paquet 4, le matériel agricole utile à la mécanisation des opérations, semble plus nécessaire que les actifs agricoles. Les producteurs qui perçoivent l'arrêt du développement des cultures (PERARE) est la variable qui influe simultanément et positivement sur les paquets 1 et 2. La préférence de ces paquets par rapport au paquet 4 par cette catégorie de producteurs serait liée au fait qu'ils lient cette perception à l'insuffisance de la ressource en eau suivant la nature des bouleversements dans certaines zones de culture. Une des solutions pour répondre à cette difficulté consiste selon eux à échelonner les semis pour faire correspondre le calendrier agricole sur certaines parcelles à la période favorable comme c'est le cas avec les paquets 1 et 2. Le genre influe négativement sur le choix du paquet 3 comparativement au paquet 4. Ce résultat montre que les producteurs de sexe masculin préfèrent le paquet 4 au paquet 3 et confirme l'hypothèse que les performances agricoles leur importent beaucoup car l'activité agricole représente leur principale activité comparativement à leurs homologues femmes. Les producteurs résidents dans les arrondissements de Banikoara et de Donwari sont plus intéressés par le paquet 4 que les

paquets 1 et 2 respectivement. L'une des principales préoccupations des agriculteurs de la zone cotonnière et de ses environs est le développement des pratiques de restauration de la fertilité des sols dont celles considérées dans la composition du paquet 4. Les producteurs qui combinent les sites de culture en répartissant leurs emblavures entre les sites peu cultivés et ceux largement cultivés (COZOC) préfèrent le paquet 3 au paquet 4. La combinaison de sites de production fait partie des pratiques des paquets 3 et 4. Cependant, avec le paquet 3 les variétés de maïs de cycle court sont produites dans des zones dont le régime de précipitations est jugé peu favorable tandis qu'avec le paquet 4 ces zones accueillent les cultures rustiques. La nature de la relation entre le paquet 3 et la combinaison de zone de culture en référence au paquet 4, résulterait du fait qu'en situation de détresse hydrique, les variétés de maïs de cycle court réussissent mieux que les cultures rustiques. En effet, même si les cultures rustiques supportent mieux la sécheresse que les variétés de maïs de cycle moyen et long, il n'en demeure pas moins que leur rendement est aussi en baisse et leur durée de conservation est moins longue selon les producteurs (Ayédèguè *et al.*, 2021). Quant à l'âge du producteur, il influe négativement sur l'adoption du paquet 4. En effet, le choix des producteurs plus âgés serait lié aux leçons tirées de leurs expériences en ce qui concerne l'ampleur des avantages des mesures de conservation durable des terres sur les rendements agricoles. Les producteurs bénéficiaires des services de vulgarisation agricole ont une préférence pour le paquet 2 comparativement au paquet 4. Les agriculteurs bénéficient non seulement du conseil agricole mais ont aussi des facilités pour accéder intrants résultants de l'innovation dont les semences améliorées. L'adoption de la variété de cycle court et leur renouvellement étant des pratiques faisant partie de la composition du paquet 2, il paraît cohérent que cette catégorie de producteurs soient plus orientés vers le paquet 2 que le paquet 4. Quant à la perception de l'inachèvement de la phase de fructification (PERIF), elle induit la préférence du paquet 4 au paquet 3. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les producteurs estiment que l'inachèvement de la phase de fructification peut être résolu avec la culture de variété de cycle moyen sur des parcelles ayant bénéficié d'un processus de restauration de fertilité. Le paquet 3 est positivement déterminé par la durée de la période de soudure dans les ménages des enquêtés. Ce résultat montre que les producteurs dont les ménages connaissent de longues périodes de soudure préfèrent le paquet 3 au paquet 4. Les périodes de soudure plus longues traduisent la limitation de moyens de subsistance dans les ménages des producteurs concernés. Etant donné leur situation socio-économique, à défaut de réussir à l'améliorer de façon immédiate, il paraît raisonnable d'opter pour des paquets réduisant les écarts défavorables de niveau de production de moyens de subsistance d'une campagne

à l'autre. Le choix du paquet 3 par cette catégorie de producteurs semble s'appuyer sur ce raisonnement. En effet, selon les enquêtés, l'adoption du paquet 4, consiste à consentir un investissement pour générer des gains sur plusieurs campagnes agricoles. Généralement, la campagne au cours de laquelle l'engrais organique

est appliqué serait moins fructueuse que les campagnes suivantes. Par contre, l'application de l'engrais minéral permet d'obtenir des niveaux de récoltes assez proches d'une campagne à l'autre toute chose étant égale par ailleurs.

Tableau 4 : Déterminants d'adoption des paquets d'adaptation au changement climatique : Résultat du modèle Logit multinomial / Determinants of climate change adaptation packages: Multinomial logit model results

Variables	Paquet 1		Paquet 2		Paquet 3	
	Coef	dydx	Coef	dydx	Coef	dydx
SEX	0,928	0,187	-0,192	-0,143	-0,192 **	-0,035
DOW	-0,894	-0,154	-0,227**	0,005	-0,007	0,042
BANI	-0,012**	-0,143	-0,221	0,037	-0,148	-0,085
COZOC	0,047	0,011	0,232	0,036	0,286***	-0,044
AGE	-0,013	-0,002	0,014	0,001	-0,003***	-0,001
EXPER	-0,042***	-0,005	0,040**	0,002	0,033**	0,001
NIVIN	-0,210	-0,022	0,155	0,002	-0,313	-0,027
SDISM	-0,030***	-0,002	-0,035***	-0,002	-0,042***	-0,003
ACTIF	-0,128 ***	-0,018	-0,075***	-0,001	0,110**	0,006
SEMBM	0,035**	0,007	0,006***	0,002	0,002***	0,002
ASRE	-0,249***	-0,102	-0,463***	-0,058	-0,557**	-0,067
MODAT	-0,278**	-0,029	-0,376**	-0,031	-0,236*	-0,008
ACREDI	0,435	0,081	0,044	0,018	0,143	0,002
ACSV	-0,539	-0,131	0,122***	0,041	0,070	0,032
PERARE	0,401***	0,010	0,963**	0,082	0,788	0,058
PERIF	-0,419	-0,012	-0,552	-0,028	-0,945***	-0,094
DUPES	0,069	0,003	0,177	0,019	0,057)***	-0,00
_cons	0,862	0,187	0,720	0,143	0,412	0,035

Log likelihood = -153,312; Wald (66) = 78,60, Prob > Chi2 = 0,0000 ; R²=0,5316, *, **, *** : niveau de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement. Coef : Coefficient ; dydx : Effet marginal, Paquet 4 : modalité de référence

3.2. Déterminants de l'indice d'efficacité-coût

Les résultats du modèle d'impact, montrent que le paramètre de l'inverse du ratio de Mills associé au paquet 2 est significatif au seuil de 1% (tableau 5). Ces résultats confirment l'existence du biais de sélection et indiquent que le modèle est bien ajusté aux données. En outre, ce coefficient de correction influe positivement sur l'indice d'efficacité-coût des producteurs adoptant le paquet 3. La nature de cette influence montre que les valeurs élevées d'indice d'efficacité-coût des adoptants du paquet 3 résultent en partie de l'auto-sélection des producteurs avec des caractéristiques non observables et défavorables (influence négativement l'indice d'efficacité), du paquet 3 pour le paquet 2. L'indice d'efficacité-coût est significativement expliqué par quatre variables explicatives pour les adoptants du paquet 1, du paquet 3, et du paquet 4 puis par cinq variables explicatives pour les adoptants du paquet 2. Une de ces variables (EXPER) influe sur la variable expliquée simultanément pour les adoptants des quatre paquets et une autre (ACREDI) détermine uniquement le paquet 4 pendant que six d'entre elles influencent l'indice d'efficacité-coût simultanément pour deux des paquets. Les

coefficients de la variable « EXPER » sont de signe négatif pour tous les paquets. Ces résultats montrent que l'expérience du producteur a un effet négatif sur l'efficacité-coût. L'une des raisons qui pourrait expliquer ce résultat est la caducité des leçons tirées à partir des expériences vécues par les producteurs. En effet, l'évolution des données qui influencent les performances agricoles étant de plus en plus dynamiques et complexes, les expériences vécues par ces producteurs peuvent ne plus correspondre aux réalités actuelles. Ainsi, partir de ces leçons pour allouer les facteurs de production peuvent s'avérer inefficace. L'effet négatif du crédit sur l'efficacité-coût est probablement lié à l'inadaptation des produits financiers à la spécificité de l'activité agricole. La nature de l'influence du sexe du producteur sur le niveau d'efficacité diffère suivant qu'il adopte le paquet 1 ou le paquet 3. En effet, l'indice d'efficacité des producteurs de sexe masculin est influencé négativement lorsqu'ils adoptent le paquet 1 et positivement lorsqu'ils choisissent le paquet 3. En effet, étant donné que les producteurs hommes font de l'agriculture leur activité principale, ils maîtriseraient mieux la pratique de la combinaison variétale que les femmes dont la

réussite pourrait dépendre de l'élimination du risque de mélange variétale. Quant à l'âge, il influe positivement sur les indices d'efficacité lorsque les producteurs sélectionnent les paquets 2 et 4. Les producteurs âgés auraient tiré des leçons des expériences accumulées au fil du temps et mises à jour pour identifier les paquets qui leur permettent d'allouer efficacement les facteurs de production. La superficie disponible des terres influence négativement l'indice d'efficacité-coût du groupe de producteurs adoptant les paquets 3 et 4. La disponibilité des terres est susceptible de motiver les producteurs à emblaver des superficies plus importantes que celles qu'ils sont capables d'entretenir. De ce fait, il est raisonnable que la disponibilité de terres affecte négativement le niveau d'efficacité-coût. Les producteurs dont les ménages sont caractérisés par un nombre d'actifs agricoles élevé, allouent moins bien les facteurs de production lorsqu'ils adoptent les paquets 2 et 3. La nature de l'influence des actifs agricoles sur l'efficacité est susceptible de varier suivant l'organisation de l'affectation des opérations entre les membres du ménage. En effet, la répartition et la coordination des opérations pourraient devenir complexe pour les chefs de ménage lorsque le nombre de membres actifs du ménage devient plus important. Cette difficulté du chef de ménage à répartir et à assurer que chacun des membres

contribue à la proportion espérée à la réalisation des opérations agricoles, peut résulter en inefficacité. Le niveau d'instruction et le mode d'accès direct à la terre déterminent négativement le niveau d'efficacité-coût de culture du maïs lorsque les producteurs optent pour les paquets 1 et 2. L'instruction est a priori un facteur d'amélioration de performance. Cependant, la nature de son influence peut changer si elle entraîne la consécration d'une partie de l'énergie requise à son activité à d'autres occupations. En effet, les producteurs instruits sont souvent ceux à qui des responsabilités sont confiées dans les organisations paysannes. Ces responsabilités les absorbent parfois au point d'entraîner leur absence dans leur exploitation ayant souvent comme conséquences des pertes de rendement. Quant au mode d'accès direct à la terre, son influence négative sur l'indice d'efficacité-coût peut s'expliquer par le niveau d'exigence de résultat auquel il correspond. En effet, comparativement au mode d'accès indirect qui fait appel à une contrepartie à verser au propriétaire, l'accès à la terre par le mode direct libère le producteur de toute obligation, qui pourrait se traduire par un relâchement du principe d'affectation efficiente des facteurs de production.

Tableau 5 : Déterminants de l'efficacité-coût

Table 5 : Determinants of allocative efficiency

Variables	Efficacité-coût			
	Paquet 1	Paquet 2	Paquet 3	Paquet 4
	Coef (Err std)	Coef (Err std)	Coef (Err std)	Coef (Err std)
GENR	-0,032 (0,136)**	0,061 (0,473)	0,061 (0,473)**	-0,019 (0,138)
AGE	-0,001 (0,003)	0,004 (0,026)***	0,004 (0,026)	0,005 (0,002)**
SDISM	-0,001 (0,003)	-0,001 (0,024)	-0,001 (0,024)***	-0,002 (0,002)**
ACTIF	-0,003 (0,023)	-0,009 (0,064)***	-0,009 (0,064)**	-0,012 (0,016)
NIVIN	-0,077 (0,133)**	-0,022 (0,257)**	0,022 (0,257)	-0,016 (0,032)
EXPER	-0,004 (0,002)***	-0,002 (0,021)***	-0,002 (0,021)***	-0,003 (0,001)***
CONVUL	-0,047 (0,177)	-0,072 (0,673)	-0,072 (0,673)	-0,055 (0,097)
ACREDI	0,001 (0,134)	0,040 (0,542)	0,040 (0,542)	-0,079 (0,076)**
MODAT	-0,079 (0,086)***	-0,014 (0,158)**	0,014 (0,158)	0,035 (0,061)
_m1	0,054 (0,428)	0,529 (0,169)	0,529 (20,16)	0,007 (0,37)
_m2	-0,075 (0,959)	0,039 (0,195)***	0,039 (10,19)**	0,376 (0,620)
_m3	0,065 (0,720)	-0,466 (0,142)	-0,466 (40,14)	-0,590 (00,005)
_m4	-0,005 (0,796)	-0,408 (0,139)	-0,408 (40,13)	0,0782 (0,215)
_cons	0,452 (0,435)	0,210 (0,134)	0,210 (20,13)	0,304 (0,223)
Sigma2	0,041 (0,180)	0,160 (10,119)**	0,160 (10,11)	0,222 (0,164)
rho1	0,266 (0,782)***	0,321 (30,28)	0,321 (30,28)	0,015 (0,076)
rho2	-0,370 (0,484)	0,098 (10,56)***	0,098 (10,56)	-0,797 (0,257)**
rho3	0,317 (0,340)	0,164 (60,04)	0,164 (20,04)**	0,251 (0,525)
rho4	-0,026 (0,299)*	0,021 (60,14)	0,021 (20,14)	0,165 (0,676)**

Nombre d'observation= 360 ; LR chi2 ; Wald (66) = 78,60, Prob > Chi2 = 0,0000 ; R²=0,5316, *,**,*** : niveau de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement, Coef : Coefficient ; Err std : Erreur standard

3.3. Impact des paquets d'adaptation sur l'indice d'efficacité-coût

Les effets d'hétérogénéité sont statistiquement significatifs au seuil de 1% (tableau 6). Ces résultats traduisent que d'autres sources non observables influencent le niveau de l'efficacité-coût de culture du maïs dans la zone d'étude et confirment l'hypothèse d'existence des effets d'hétérogénéité dans la spécification du modèle. L'analyse des variations du niveau d'efficacité-coût résultant de la sélection des paquets d'adaptation à travers le calcul de l'effet du traitement montre que le choix des paquets 1, 2 ou 3 entraîne une variation statistiquement significative au seuil de 1% et positive du niveau d'efficacité-coût de la culture du maïs comparativement au paquet 4. Ces résultats montrent qu'une partie de l'indice d'efficacité des adoptants des paquets 1, 2 ou 3, est obtenue du fait de la préférence de l'un de ces paquets comparativement au paquet 4. Les possibilités de rattrapage de la saison par la reprise du semis, de dispersion du risque de mauvaise récolte à travers le semis échelonné, d'ajustement à la réduction de la durée de la saison pluvieuse par le labour et le semis précoce puis l'adoption des variétés à cycle court et d'augmentation de la dose d'engrais minéral appliquée, partagées par ces trois paquets semble déterminants dans l'amélioration de l'indice d'efficacité-coût. Par ailleurs, l'ampleur de l'impact de chacun de ces trois paquets sur l'indice d'efficacité-coût varie d'un paquet à l'autre. En effet, les valeurs de l'ATT indiquent des variations

positives de l'indice d'efficacité-coût à des proportions de 10,720 %, 10,810% et 17,430% induites par l'adoption des paquets 1, 2 et 3 respectivement. Ces résultats montrent que le choix du paquet 3 induit une plus grande amélioration de l'indice d'efficacité que les paquets 1 et 2. Le paquet 3 présente la particularité de combiner les variétés de cycle court et moyen. L'avantage de cette combinaison pourrait résulter de la possibilité qu'à le producteur qui adopte le paquet 3, de faire correspondre de manière optimale les parcelles aux variétés. Par contre, l'impact qu'aurait eu l'adoption des paquets 1, 2 et 3 sur l'indice d'efficacité-coût des non-adoptants et d'enquêtés pris au hasard dans l'échantillon, ne suit pas le même ordre de grandeur que celui des adoptants. En effet, la distribution des valeurs de l'ATU (0,126 pour le paquet 1 contre respectivement 0,07 et 0,06 pour les paquets 2 et 3) et de l'ATE (0,059 pour le paquet 1 contre respectivement 0,0415 et 0,038 pour les paquets 2 et 3), montre que l'impact aurait été plus important si les non adoptants et tout individu de l'échantillon choisi au hasard optaient pour le paquet 1 que s'ils faisaient le choix des paquets 2 et 3. Ces résultats sont probablement liés au fait que la prise en main du paquet 1 est moins complexe pour le non adoptant que celle des paquets 2 et 3. En effet, l'étape de renouvellement des semences partagé par les paquets 2 et 3 fait appel à davantage de précautions pour se mettre à l'abris des mélanges variétaux sur les mêmes parcelles selon les producteurs.

Tableau 6 : Effets de traitement et d'hétérogénéité

Table 6 : Treatment and heterogeneity effects

Paquets	échantillons	Étape de décision		Effet de traitement		
		Adapter	Ne pas s'adapter	ATT, ATU, BH	ATT(%)	ATE
Paquet 1	Adoptant	0,3780	0,3414	ATT= 0,0366***	10,720	0,059**
	Non adoptant	0,502	0,376	ATU= 0,126***		
	Effets d'hétérogénéité	BH ₁ =-0,124	BH ₂ = -0,0346	BH= -0,089***		
Paquet 2	Adoptant	0,3783	0,3414	ATT= 0,0369***	10,810	0,0415***
	Non adoptant	0,481	0,411	ATU= 0,07 ***		
	Effets d'hétérogénéité	BH ₁ = -0,1027	BH ₂ = -0,0696	BH= -0,033***		
Paquet 3	Adoptant	0,4009	0,3414	ATT= 0,0595***	17,430	0,038***
	Non adoptant	0,379	0,319	ATU=0,06***		
	Effets d'hétérogénéité	BH ₁ =0,0219	BH ₂ =0,0220	BH= -0,0001		

4. Discussion

Les résultats de la présente étude ont montré que l'âge du producteur et l'accès au crédit influent respectivement positivement et négativement sur le niveau d'efficacité-coût de la culture du maïs dans la zone d'étude. Des résultats similaires ont été trouvés par Choukou *et al.*, (2017) qui ont indiqué que l'âge des producteurs améliore tandis l'accès au crédit détériore le niveau d'efficacité de la culture du maïs au Tchad, Biaou *et al.*, (2021) ont aussi signalé une relation négative entre l'accès au crédit et l'efficacité économique de culture de tomate de contre saison. Les producteurs les plus âgés sont aussi souvent expérimentés si bien qu'il est logique qu'ils optimisent leurs décisions actuelles sur la base des leçons tirées des vécus. Quant au crédit, on pourrait s'attendre à ce qu'il contribue à améliorer l'indice d'efficacité-coût de production du maïs, Mais pour cela il faut que les conditions d'octroi du crédit correspondent avec les besoins de l'activité, Ceci semble ne pas être le cas dans le cadre du présent travail.

Les résultats de la présente étude, sont en désaccord avec ceux de Ahouangninou *et al.*, (2020) qui ont trouvé que les maraîchers les plus jeunes allouent mieux les facteurs de production que leurs pairs plus âgés. Une des raisons pouvant expliquer cet écart est la spécificité des contraintes liées à chaque culture. En effet, l'un des facteurs de réussite dans le maraîchage est la durée de présence sur le site de production. Les résultats de Ahouangninou *et al.*, (2020) ont précisé que les jeunes maraîchers passent significativement plus de temps dans leur exploitation que les plus âgés. Ces résultats indiquent que le temps passé par le producteur dans son exploitation est déterminant pour atteindre des niveaux de performance plus intéressants pour certains types de culture. Ils suggèrent donc que les politiques de recherche intègrent le temps passé par le producteur dans son exploitation dans l'analyse des facteurs d'efficacité des systèmes de culture. De même, ils impliquent que les programmes d'accompagnement des producteurs, considèrent le temps nécessaire à passer dans l'exploitation comme l'un des facteurs contribuant essentiellement à la réussite des interventions. Quant au niveau d'instruction, il détermine négativement le niveau d'efficacité. Ces résultats sont conformes à ceux de Ahouangninou *et al.*, (2020) qui ont montré que le niveau d'instruction des maraîchers au Sud du Bénin affecte négativement leur niveau d'efficacité-coût. L'instruction est une variable qui devrait influencer positivement sur le niveau d'efficacité des systèmes de culture. Cependant, cette variable peut induire à une évolution défavorable de l'efficacité, si elle conduit à une sollicitation excessive du producteur. Il en est ainsi, du niveau d'engagement attendu des producteurs ayant ce profil, dans l'animation des coopératives. Le nombre d'actifs agricoles influe négativement sur le niveau d'efficacité dans cette étude. Ces résultats sont

corroborés par ceux de Mindingoyi (2010) qui a observé que le niveau d'efficacité diminue lorsque le nombre d'actifs agricoles augmente. Cependant, des travaux ont trouvé des résultats contraires, Biaou *et al.*, (2021) ont indiqué que le nombre d'actifs agricoles améliore le niveau d'efficacité de culture de la tomate de contre saison au Nord Est du Bénin. Une des raisons pouvant expliquer cet écart de résultats est le niveau de complexité relative de l'assurance qualité des opérations sur un seul site de production comparativement à plusieurs. En effet, étant donné que le maraîchage se fait sur des parcelles de petites superficies généralement installées sur un seul site de production tandis que les parcelles de culture du maïs sont généralement installées sur plusieurs sites, l'assurance qualité des opérations culturales sur les parcelles de maïs est censée être plus complexe que celle sur les parcelles de culture de la tomate. Ces résultats indiquent que la répartition des parcelles dans l'espace, est une variable d'intérêt lorsqu'il s'agit d'analyser les facteurs qui influent sur le niveau d'efficacité des systèmes de culture.

L'examen de l'impact des paquets d'adaptation sur l'efficacité-coût a montré que l'adoption des paquets incluant les variétés améliorées de cycle court, les combinaisons variétales et l'ajustement du calendrier agricole, entraîne un niveau d'efficacité supérieur à celle du paquet de conservation du sol et de diversification des cultures. Ces résultats sont conformes à ceux de Roco *et al.*, (2017) qui ont trouvé que l'ajustement du calendrier agricole affecte positivement le niveau d'efficacité de production agricole au centre du Chili. Ils montrent que l'ajustement du calendrier agricole fait partie des pratiques contribuant à une allocation optimale des ressources. De même, Abawiera *et al.*, (2016) ont signalé que la pratique d'augmentation de la dose d'application de l'engrais minéral améliorent le niveau d'efficacité de culture du maïs au Ghana. Dans le même ordre d'idées, Adzawla *et al.*, (2021) ont aussi indiqué que les pratiques de renouvellement de semences et d'augmentation de la dose d'application de l'engrais minéral améliorent le niveau d'efficacité de la culture du maïs tandis que les pratiques d'utilisation de la matière organique et d'adoption de variétés résistantes à la sécheresse influe négativement sur l'efficacité de l'affectation des ressources. Ces auteurs ont aussi identifié la pratique de rotation culturale comme favorisant l'amélioration du niveau d'efficacité conformément aux résultats de la présente étude qui indique que le paquet 2 fait partie des stratégies d'adaptation qui déterminent positivement le niveau de l'efficacité-coût. Ces résultats montrent que la nature des effets des pratiques de renouvellement de semences et d'augmentation de la dose d'application de l'engrais minéral, est conservée même lorsqu'elles sont combinées avec d'autres.

5. Conclusion

La réponse des producteurs agricoles au changement climatique se traduit par des combinaisons intelligentes d'instruments d'adaptation en vue d'atténuer ses effets néfastes. La qualité de ces réponses, varie d'une combinaison de pratiques à une autre. Les résultats de la présente étude menée dans les systèmes de culture du maïs au Nord-Est du Bénin, montrent que la valeur de l'indice d'efficacité-coût, varie non seulement en fonction des caractéristiques socioéconomiques des ménages des agriculteurs mais aussi en fonction du paquet d'adaptation qu'ils choisissent d'adopter. En effet, les paquets d'adaptation basés sur la sélection et/ou la combinaison variétales ont de meilleures performances économiques que les paquets de conservation du sol et de diversification des cultures. Ces résultats permettront d'orienter les acteurs de développement sur les principaux composants des paquets d'adaptation au changement climatique à activer et les conditions requises pour concilier les performances économiques à la conservation de la biodiversité dans le cadre de la promotion d'une agriculture durable.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	P. Y. Adégbola, J. A. Yabi
Collecte des données	O. I. Ayédèguè
Analyse des données	O. I. Ayédèguè, P. Y. Adégbola
Acquisition de financement	O. I. Ayédèguè
Méthodologie	O. I. Ayédèguè, P. Y. Adégbola
Gestion du projet	O. I. Ayédèguè, P. Y. Adégbola
Supervision	P. Y. Adégbola, J. A. Yabi
Rédaction manuscrit initial	O. I. Ayédèguè
Révision et édition manuscrit	O. I. Ayédèguè, P. Y. Adégbola, J. A. Yabi

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Abawiera W. C. & Dadson A. 2016. Technical efficiency of maize farmers in Ghana. *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences* 4(3) : 17-30.
- Adzawla W. & Alhassan H. 2021. Effects of climate adaptation on technical efficiency of maize production in Northern Ghana. *Agricultural and Food Economics* 9 (1) : 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40100-021-00183-7>
- Ahouangninou C. Boko S. Y. W. Arouna A. Logbo J. Fayomi B. & Martin T. (2020). Performance environnementale et économique dans la production de la grande morelle (*Solanum macrocarpon*) au Sud du Bénin : Une évaluation des efficacités technique, allocative, économique. *Agronomie Africaine* 32 (2) : 135-149.
- Akpo F. I. Dohou M. D. Houessingbe Z. & Yabi J. A. 2021. Analyse comparative des systèmes de production de soja basés sur l'utilisation de l'inoculum dans un contexte de gestion durable des terres au Centre du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 32 (2) : 230-239. <http://www.ijias.issr-journals.org>
- Altieri M. A. Nicholls C. I. Henao A. & Lana M. A. 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*. 35: 869-890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Ayedegue O. I. Yabi J. A. & Adégbola P. Y. 2021. Analyse des paquets d'adaptation au changement climatique au Nord Est du Bénin. *Afrique Science* 19 (04) : 62-77.
- Baco M. N. 2019. La place actuelle du maïs dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)* 2 : 19-30.
- Biaou P. Degla P. & Issiaka K. 2021. Efficacité économique des systèmes de culture de tomate de contre saison au Nord-Est du Bénin. *Annales de l'université de Parakou - Série Sciences Naturelles et Agronomiques* 11 (2) : 27-38. <https://doi.org/10.56109/aup-sna.v11i2.26>
- Bricas N. Tchamda C. & Mouton F. 2016. L'Afrique à la conquête de son marché alimentaire intérieur. Enseignements de dix ans d'enquêtes auprès des ménages d'Afrique de l'Ouest, du Cameroun et du Tchad. AFD collection. Paris, France.
- Bourguignon F. Fournier M. & Gurgand M. 2007. Selection Bias Corrections Based on the Multinomial Logit Model : Monte-Carlo Comparisons. *J. Econ. Surveys* 21 :174-205. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2007.00503.x>
- Carter D.W. & Milon J.W. 2005. Price Knowledge in Household Demand for Utility Services. *Land Economics* 81 : 265-283. <https://doi.org/10.3368/le.81.2.265>
- Chefebo D. E. Tefera G. E. & Tafa B. E. 2020. Analysis of technical efficiency and its potential determinants among smallholder tomato farmers in Siltie Zone, Southern Ethiopia. *Research Square*, 26p. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-70021/v1>.
- Choukou M. M. Zannou A. Biaou G. & Ahohuendo B. 2017. Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du maïs au Kanem-Tchad. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 5 (2) : 200-209.

- Davranche A. & Taïbi A. N. 2015. Les changements d'occupation et d'usage du sol, des processus multidimensionnels complexes qui affectent la biodiversité. Mathevet R., Godet L. Pour une géographie de la conservation. L'Harmattan 16p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01226543>
- Debertin D. L. Clouser R. L. & Huie J. M. 1986. Rural poverty funding for Education and public policy. *Policy Studies Journal* 15 (2): 327-338. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.1986.tb00717.x>
- Di Falco S. Véronesie M. & Yesuf M. 2011. L'adaptation au changement climatique assure-t-elle la sécurité alimentaire ? Une micro-perspective d'Éthiopie. *American Journal of Agricultural Economics* 93 : 829-846. <https://doi.org/10.1093/ajae/aar006>
- Di Falco S. & Veronesi M. 2013. How can African Agriculture adapt to climate change ? A Counterfactual Analysis from Ethiopia. *Land Economics* 89(4) : 743-766. <https://doi.org/10.3368/le.89.4.743>
- Doukpolo B. 2014. Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine. Laboratoire Pierre Pagny. Climat, Eau, Ecosystème et Développement. 333p.
- Droy I. & Bidou J. 2022. Sortir de l'invisibilité : inégalités de genre dans les agricultures familiales en Afrique de l'Ouest. *Mondes en développement* 197 : 21-40. <https://doi.org/10.3917/med.197.0025>
- Eakin H. C. Lemos M. C. & Nelson D. R. 2014. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change* 27 : 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.013>
- Ellis F. 1993. Peasant economics : Farm households in agrarian development. 23. Cambridge University Press.
- FAO. PAM. FIDA. 2019. Analyse des pertes alimentaires : causes et solutions. Études de cas sur le sorgho, le maïs, le niébé au Burkina Faso. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italy. 218p. <https://doi.org/10.4060/ca7334fr>
- Gbetibouo G. A. 2009. Understanding farmer's perceptions and Adaptations to Climate Change and variability : The case of the Limpopo Basin. South Africa. IFPRI Discussion Paper (00849) : 41.
- Goutaine S. 2017. Influence des variabilités pluviométriques sur la variation des prix des produits agricoles dans le MAYO-KEBBI. *Revue Ivoirienne de Géographie des savanes* 3 : 107-117.
- Houngnibo M. Alhassane A. Traore S. & Houeto A. 2020. Tendances des paramètres agro climatiques au Bénin. METEO Bénin. https://meteobenin.bj/wp-content/uploads/2020/03/Poster_trend-3.pdf
- Institut National de la Statistique et de la Démographie (INStAD). 2018. Publication annuelle des statistiques agricoles. <https://instad.bj/publications/publications-annuelles>.
- Jalloh A. Nelson G. C. Thomas T. S. Zougmore R. B. & Roy-Macauley H. 2013. West African agriculture and climate change : A comprehensive analysis. IFPRI Research Monograph. International Food Policy Research Institute, Washington, United States. 408p. <http://dx.doi.org/10.2499/9780896292048>
- Keane M. P. 1992. A note on identification in the multinomial probit model. *Journal of Business and Economic Statistics* 10 : 193-200. <https://doi.org/10.1080/07350015.1992.10509898>
- Khanal U. Wilson C. Hoang VN. & Lee B. 2018. Farmers' Adaptation to Climate Change : Its determinants and impacts on rice yield in Nepal. *Ecological Economics* 144 : 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.006>
- Lee L. & Trost R. P. 1978. Estimation of some limited dependent variable models with application to housing demand. *Journal of Econometrics* 8 (3) : 357-382. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(78\)90052-0](https://doi.org/10.1016/0304-4076(78)90052-0)
- Midingoyi G. S. 2010. Analyse des déterminants de l'efficacité de la production cotonnière au Bénin : cas des départements de l'Alibori et de l'Atacora. Thèse de Master complémentaire en Economies et Sociologie Rurale, Gembloux Faculté universitaire des sciences agronomiques (Belgique) : 90p.
- 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. Académie Universitaire de Wallonie-Europe. Gembloux. 77p.
- Okello D.M. Bonabana-Wabbi. J. & Mugonola B. 2019. Farm level allocative efficiency of rice production in Gulu and Amuru districts. Northern Uganda. *Agric Econ* 7 (1) : 1-19. <https://doi.org/10.1186/s40100-019-0140-x>.
- Organisation de Coopération et de développement Economiques (OCDE). 2015. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation. Available on <https://www.oecd.org/tad/agricultural-policies/monitoring-evaluation>. Accessed 2017/02/05.
- OXFAM. 2012. La terre se réchauffe. Les prix flambent. Rapport thématique. Oxfam GB, Oxford, United Kingdom. 16p.
- Programme intégré d'adaptation pour la lutte contre les effets néfastes des changements climatiques sur la production agricole et la sécurité alimentaire au Bénin (PANÀ). 2014. Rapport d'évaluation en vue de la sélection des techniques et technologies les plus pertinentes pour le renforcement des capacités d'adaptation en agriculture dans les quatre zones agro écologiques les plus vulnérables. ISBN : 978-99919-0-254-8.

- Roco L., Bravo-Ureta B., Engler A. & Jara-Rojas R. 2017. The Impact of Climatic Change Adaptation on Agricultural Productivity in Central Chile : A Stochastic Production Frontier Approach. *Sustainability* 9 : 1-16. <https://doi.org/10.3390/su9091648>
- Schlenker W. & Lobell D. B. 2010. Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters* 5 (1) : 1-8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/1/014010>
- Siéwé Pougoue B., Manu I., Labiyi I. & Bokossa T. 2019. Efficacité technique des exploitations avicoles productrices d'œufs au sud du Bénin. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 72 (1) : 23-32. <https://doi.org/10.19182/remvt.31728>
- Sissinto-Gbenou E., Adegbola P., Zossou S., Kouton-Bognon B. & Biaou G. 2022. Adoption and disadoption of the improved clay granary for maize storage : evidence from the northern and central regions of Benin. *Food security* 14 (6) : 1-6. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01297-6>.
- Tangara M. B., Traore B. & Doumbia D. 2021. Mesure de l'efficacité technique des riziculteurs de la région de Segou au Mali. *Revue Malienne de science et de technologies* 25 (2) : 1987-1031.
- Traore B., Corbeels M., Wijk M. T. V., Rufino M. C. & Giller K. E. 2013. Effets de la variabilité climatique et du changement climatique sur la production agricole au sud du Mali. *Revue Européenne d'Agronomie* 49 : 115-125.
- Vodounou J. B. K. & Doubogan Y. O. 2016. Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin. *European Journal of Geography* 27. <http://journals.openedition.org/cybergeog/27836>.
- Waha K., Müller C., Bondeau A., Dietrich JP., Kurukulasuriya P., Heinke J. et al. 2013. Adaptation to climate change through the choice of cropping and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change* 23 (1) : 130-143. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.001>
- Wassihun A. N., Koye T. D. & Koye A. D. 2019. Analysis of technical efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.). Production in Chilga District, Amhara national regional state, Ethiopia. *Journal of economic structures* 8 (1) : 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0166-y>
- Wheeler T. & Braun J. V. 2013. Impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire mondiale. *Science* 341 : 508-513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>
- Willy D. K. & Holm-Müller K. 2013. Social influence and collective action effects on farm level soil conservation effort in rural Kenya. *Ecological Economics* 90 : 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.03.008>
- Zavale H., Mabaya E. & Christy R. 2005. Smallholders' cost efficiency in Mozambique : Implications for improved maize seed adoption. Cornell University, Charles H. Dyson School of Applied Economics and Management, Ithaca, NY. Staff Paper 5 (4) : 1-25. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.121066>

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

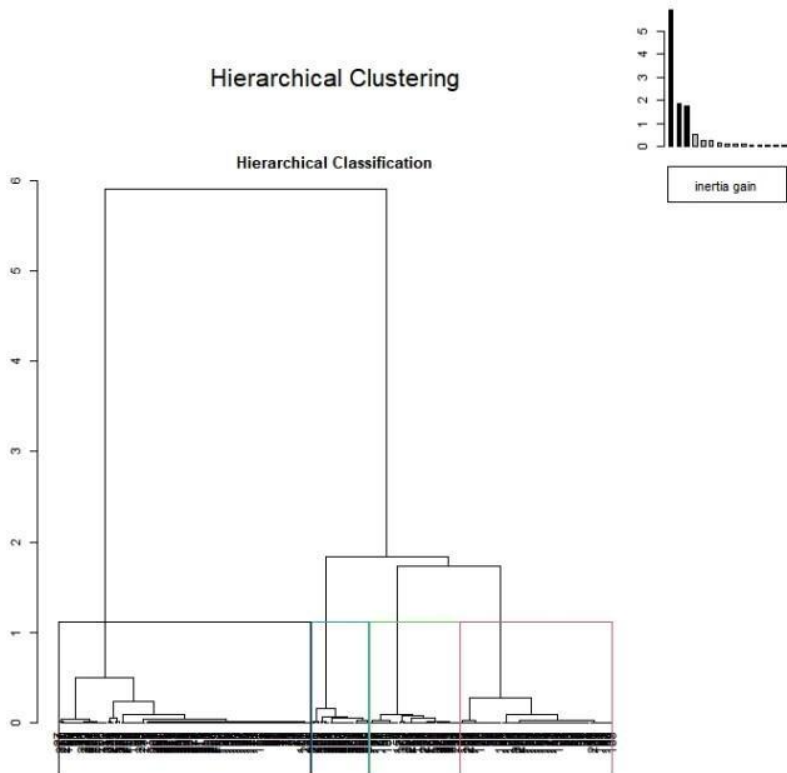
- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.



Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>

Matériel supplémentaire / Supplementary material

Matériel supplémentaire S1: Classification automatique des paquets d'adaptation au changement climatique



Matériel supplémentaire S2: Corrélations entre les variables et chacune des classes

Variables	v-test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	P value
CLUSTER 1						
ADENPES	7,388790	1,00000000	0,5278689	0,0000000	0,4992227	1,481e-13
VACOU	7,149215	1,00000000	0,5442623	0,0000000	0,4980370	8,727e-13
SEMECH	7,008598	1,00000000	0,5540984	0,0000000	0,4970648	2,407e-12
LASEPRE	6,561237	0,98039216	0,5639344	0,1386484	0,4958955	5,336e-11
RESEM	5,303671	0,88235294	0,5442623	0,3221897	0,4980370	1,134e-07
INTRENO	-2,383322	0,01960784	0,1180328	0,1386484	0,3226469	1,715e-02
SIVA	-2,812919	0,00000000	0,1147541	0,0000000	0,3187250	4,909e-03
JACH	-8,121959	0,33333333	0,7704918	0,4714045	0,4205166	4,587e-16
DIVMISOPE	-11,361134	0,09803922	0,7377049	0,2973677	0,4398822	6,529e-30
PRODIFSIT	-13,693806	0,01960784	0,7639344	0,1386484	0,4246629	1,105e-42
VACM	-16,296466	0,00000000	0,8131148	0,0000000	0,3898194	1,045e-59
CLUSTER 2						
INTRENO	16,030613	0,96969697	0,1180328	0,1714198	0,3226469	7,810e-58
SIVA	15,712944	0,93939394	0,1147541	0,2386063	0,3187250	1,233e-55
RESEM	5,557285	1,00000000	0,5442623	0,0000000	0,4980370	2,740e-08
LASEPRE	5,340365	1,00000000	0,5639344	0,0000000	0,4958955	9,275e-08
VACOU	5,187769	0,96969697	0,5442623	0,1714198	0,4980370	2,128e-07
SEMECH	5,077740	0,96969697	0,5540984	0,1714198	0,4970648	3,819e-07
ADENPES	5,006236	0,93939394	0,5278689	0,2386063	0,4992227	5,550e-07
RENOUSE	4,897732	0,96969697	0,5704918	0,1714198	0,4950060	9,694e-07
ROCU	-10,689778	0,03030303	0,7704918	0,1714198	0,4205166	1,136e-26
CLUSTER 3						
VACOU	8,726403	0,9325843	0,5442623	0,2507406	0,4980370	2,628e-18
RESEM	8,726403	0,9325843	0,5442623	0,2507406	0,4980370	2,628e-18
RENOUSE	8,694879	0,9550562	0,5704918	0,2071808	0,4950060	3,471e-18
SEMECH	8,522003	0,9325843	0,5540984	0,2507406	0,4970648	1,568e-17
ROCU	8,494556	0,8876404	0,5081967	0,3158083	0,4999328	1,986e-17
LASEPRE	8,320104	0,9325843	0,5639344	0,2507406	0,4958955	8,788e-17
ADENPES	8,065614	0,8876404	0,5278689	0,3158083	0,4992227	7,286e-16
PRODIFSIT	5,925351	0,9887640	0,7639344	0,1054026	0,4246629	3,116e-09
VACM	5,042987	0,9887640	0,8131148	0,1054026	0,3898194	4,583e-07
SIVA	-4,029555	0,0000000	0,1147541	0,0000000	0,3187250	5,588e-05
INTRENO	-4,094303	0,0000000	0,1180328	0,0000000	0,3226469	4,234e-05
CLUSTER 4						
DIVMISOPE	8,032253	0,96969697	0,7377049	0,1714198	0,4398822	9,569e-16
VACM	7,301503	1,00000000	0,8131148	0,0000000	0,3898194	2,845e-13
JACH	7,214699	0,96969697	0,7704918	0,1714198	0,4205166	5,405e-13
PRODIFSIT	4,119082	0,87878788	0,7639344	0,3263736	0,4246629	3,803e-05
SIVA	-4,035430	0,03030303	0,1147541	0,1714198	0,3187250	5,450e-05
INTRENO	-4,498743	0,92272727	0,1180328	0,1490327	0,3226469	6,835e-06
ROCU	-10,404423	0,16666667	0,5081967	0,3726780	0,4999328	2,366e-25
RENOUSE	-12,424635	0,16666667	0,5704918	0,3726780	0,4950060	1,921e-35
RESEM	-15,48526	0,03787879	0,5442623	0,1909031	0,4980370	4,362e-54
LASEPRE	-15,92364	0,04545455	0,5639344	0,2082989	0,4958955	4,343e-57
ADENPES	-16,103949	0,00000000	0,5278689	0,0000000	0,4992227	2,393e-58
SEMECH	-16,281172	0,02272727	0,5540984	0,1490327	0,4970648	1,342e-59
VACOU	-16,643603	0,00000000	0,5442623	0,0000000	0,4980370	3,367e-62



Socio-demographic determinants of farmers' beliefs about climate change cause in the Sudanian zone of Benin

Alice BONOU^{1*}, Boris O. K. LOKONON², Alphonse G. SINGBO³, Janvier EGAH⁴

* Corresponding Author

¹ Laboratoire d'Economie Rurale et de Sciences Sociales pour le Développement Durable, Université Nationale d'Agriculture, Bénin

² Laboratoire de Recherche en Economie et Gestion (LAREG), Université de Parakou, Parakou, Bénin

³ Department of Agricultural Economics and Consumer Science, Faculty of Food Science and Agriculture, Laval University, Québec, QC, Canada

⁴ Laboratory Society- Environment (LaSEn), University of Parakou, Parakou, Benin

Emails : alice.bonou@gmail.com ; odilonboris@gmail.com ; alphonsesingbo@gmail.com ; egahjanvier@gmail.com / janvier.egah@fa-up.bj

Reçu le 21 Octobre 2022 - Accepté le 18 Mars 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Abstract: Understanding farmers' beliefs on climate change is crucial as it drives the adaptation strategies that they might adopt. This paper investigates farmers' beliefs on climate change in the Sudan Savannah Zone of Benin, a region heavily reliant on rain-fed agriculture. The multinomial logit model is applied to cross-sectional data collected through a survey of 60 randomly selected farm households. The findings suggested that 33.33%, 31.67%, 21.67%, and 13.33% of the farm households believe that climate change is due to human activities, to natural changes in the environment, gods anger, and to both human activities and natural changes in the environment, respectively. Moreover, the estimation results of the determinants of climate change cause indicate that the gender of the household head, the ethnic group, and household size influence significantly climate change beliefs. Based on the findings, information on the fact that climate change is not only due to natural changes in the environment, but is also due to anthropogenic greenhouse gases should be provided to farmers. This paper contributes to the literature by analyzing what farmers believe as causes of climate change which is beyond climate change perception. Moreover, the variable ethnic group and household size are found for the first time to our knowledge to determine climate change beliefs.

Keywords: Agriculture, Global warming, multinomial logit, gods anger.

Déterminants socio-démographiques des croyances des agriculteurs sur la cause du changement climatique dans la zone soudanaise du Bénin

Résumé : Comprendre les croyances des agriculteurs sur le changement climatique est crucial car cela détermine les stratégies d'adaptation qu'ils pourraient adopter. Cet article évalue les croyances des agriculteurs sur le changement climatique dans la zone de savane soudanaise du Bénin, une région fortement tributaire de l'agriculture pluviale. Le modèle logit multinomial est appliqué à des données transversales recueillies au moyen d'une enquête auprès de 60 ménages agricoles sélectionnés au hasard. Les résultats suggèrent que 33,33 %, 31,67 %, 21,67 % et 13,33 % des ménages agricoles pensaient que le changement climatique est dû aux activités humaines, aux changements naturels de l'environnement, à la colère des dieux et aux activités combinées des humains et aux changements naturels de l'environnement, respectivement. De plus, les résultats de l'estimation des déterminants du changement climatique indiquent que le sexe du chef de ménage, l'ethnicité et la taille du ménage influencent de manière significative les croyances en matière de changement climatique. Sur la base des résultats, des informations sur le fait que le changement climatique n'est pas seulement dû aux changements naturels de l'environnement mais sont principalement dus aux gaz à effet de serre anthropiques peuvent être fournies aux agriculteurs. Cet

article contribue à la littérature en analysant les croyances des agriculteurs sur les causes du changement climatique qui va au-delà de la perception. De plus, les variables ethnicité et taille du ménage sont trouvées pour la première fois à notre connaissance comme déterminants des croyances en matière des causes du changement climatique.

Mots clés : Agriculture, réchauffement climatique, logit multinomial, colère des dieux.

1. Introduction

Climate change constitutes one of the major threats to economic activities across the world (Pörtner et al., 2022). Empirical evidence confirms that climate change affects agriculture in non-industrialized countries due to its rain-fed nature and it will still be affecting this sector if relevant adaptation measures are not taken (Lokonon et al., 2015; Di Falco & Veronesi, 2013, 2014; Di Falco et al., 2011). The agricultural sector is the mainstay of the economy of non-industrialized countries. For instance, in Benin, the agricultural sector, characterized by the predominance of smallholder farm households, is the source of employment for about 70% of the active population, contributes 33% of the gross domestic product (GDP) and about 75% of export revenues (MAEP, 2017).

As climate change casts a shadow over the future of agriculture, the impacts of climate change in Benin are diverse (Adjacou, et al. 2022). The IPCC projects a decline in agricultural yields in West Africa, which could be between 5 and 20% in Benin (Pörtner et al., 2022). The most predominant impact indicator declared by the populations in North is food insecurity (22%), which is the consequence of the disruption of sowing dates (16%) and the drop in yield (15%). Poverty (14%) is seen as exacerbating and persistent over the years (Vodounou & Onibon Doubogan, 2016; Sodjinou & Hounkponou, 2019). Another study also shows a decline in the availability of fish resources, fishing success and water level in North Benin (Nago et al., 2019). Based on the Ricardian analysis developed by Mendelsohn et al (1993), another study shows that the impact of climate change on agriculture in Benin is likely to be negative in the long term (Agossou, 2012). The details from this paper regarding the horizon 2100 provide that the impact of climate change on the agricultural value added per hectare and indirectly on the agricultural income per hectare is estimated at -\$365.53 or -21.87% compared to its 2008 value. Consequently, the whole economy will be affected by climate change. It is therefore urgent to put in place adequate policies and strategies that can facilitate adaptation to climate change. It should be noted that some areas in Benin and crops may benefit from climate change. The economic impacts of climate change on agriculture have shown that maize and yam production will increase by 2050 (Satoguina, 2016).

Therefore, it is urgent to undertake actions for climate change adaptation.

The consideration of adaptation measures in the agricultural sector, to mitigate climate change impacts and/or to seize the opportunities, depends on the perception of climate change and the beliefs regarding climate change (Lokonon & Mbaye, 2018; Wheeler et al., 2013; Deressa et al., 2011; Maddison, 2007).

Climate change perception is a complex process that encompasses a range of psychological constructs such as knowledge, beliefs, attitudes and concerns about if and how the climate is changing (Whitmars & Capstick, 2018). The evolution of risk perception studies has been research on environmental beliefs, attitudes, and values. Although the literature on public opinion often uses the terms “values,” “beliefs,” “attitudes,” and even “paradigms” somewhat interchangeably, we use the term “climate change beliefs” to refer to non-issue-specific cognitive orientations. A reasonable assumption characterizing this research tradition is that environmental cognitions are the bedrock of support for environmentally friendly or hostile behaviors and are the basis of environmental risk perceptions (Dunlap & Scarce, 1991). From this perspective, risk perceptions are an integral by-product of environmental beliefs and not independent causes of behavior. Perception is an important link between beliefs and adaptation (Jooste et al., 2018).

Understanding climate policy risk responses and other social, economic and policy perspectives is a vital component of understanding climate change beliefs, risks and behaviors (Haden et al., 2012). Azadi (2019) found a complex relationship between overall climate change belief, risk perception, psychological distance, trust and risk salience, and farmers' adaptation behaviors. So, it is of paramount importance for policymakers to understand the beliefs of farmers on climate change in order to design policies towards boosting agricultural production and dealing with food insecurity. Heath et al. (2006) investigated three beliefs concerned with global climate change: the likelihood that it exists, whether it has human or natural causes, and whether its consequences are negative or positive. In the case of this paper, we assess the beliefs on climate change as the cause of climate change according to the beliefs of farmers.

Currently, most of the literature is relative to climate change perception. Few papers which deal with the

beliefs on climate change lack the determinants of these beliefs (Chisale *et al.*, 2022; Lee *et al.* 2015; Debela *et al.* 2015; Saleh Safi, *et al.* 2012 & McCright, 2010). So, this paper includes what farmers believe as causes of climate change which is beyond climate change perception as well as their determinants. Actually, the nature of measures to be taken to mitigate the adverse effects of climate change on farming activities depends on what farmers think as causes of changes in climate (Arbuckle *et al.*, 2013; Wheeler *et al.*, 2013; Haden *et al.*, 2012). In fact, farmers may think that climate change is due to the fact that they have offended God and/or gods so that he (they) is (are) angry. Only a few studies to our knowledge have considered farmer's beliefs. Menapace *et al.* (2015) analysed farmers' short- and long-run perceptions of agricultural risks related to climate change. They identified climate change beliefs as a critical factor explaining the short- versus long-run difference in risk perceptions: those who believe in climate change project larger future crop losses. Arbuckle *et al.* (2013) analysed, among others, farmers' beliefs about climate change and attitudes toward adaptation and mitigation. In reality, adaptation strategies could be linked to farmers' beliefs because for example, if farmers believe that climate change is a phenomenon due to God or gods anger, they will decide just to pray or to offer sacrifices to gods, to ask them to let rainfall coming back (Yegbemey, *et al.* 2020). As for Wheeler *et al.* (2013), they explored the influences associated with farm adjustment strategies, and particularly the role that climate beliefs play. Wheeler *et al.* (2013) found that the relationship between climate change belief and adopting various adaptive strategies appears to be often endogenous, especially for accommodating strategies. The presence of believers in the cultural and spiritual causes of climate change in a particular area presents a challenge to mobilize them toward implementation of climate intervention measures (Chisale *et al.*, 2022). McCright (2010) found that a greater percentage of women (64%) than men believe that global warming is primarily caused by human activities. Moreover, older people tended to believe that the causes of global climate change are natural (Heath *et al.* 2006). So, the determinants of farmers' beliefs on the causes of climate change are gender and age. One can see that in the literature it is difficult to find out more determinants of farmers' beliefs on the causes of climate change. This study is an attempt to fill in this gap by checking if the variables determining the perceptions of farmers on the causes of climate change are the same in the case of the beliefs.

In the light of the literature on the determinants of farmers' perception on the causes of climate change, the independent variables included in the estimations (e.g., Chisale *et al.*, 2022; Lokonon & Mbaye, 2018; Debela *et al.*, 2015; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Silvestri *et al.*, 2012; Deressa *et al.*, 2011; Maddison, 2007) are:

the gender of the household head, the age of the household head, the ethnic group of the household head, the size of the household, the experience of the household head in agriculture, farm size, and having agriculture as the sole source of revenue or not. Experience in agricultural activities is positively associated to climate change perception (Chisale *et al.*, 2022; Lokonon & Mbaye, 2018). Lokonon & Mbaye (2018) found that climate change perception is negatively related to household size. As for the formal education level, it is found playing a paramount importance in climate change perception (Chisale *et al.*, 2022; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Silvestri *et al.*, 2012). The gender of the household head can influence the likelihood of perceiving climate change (Chisale *et al.*, 2022; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Maddison, 2007). Farm size is also hypothesized to affect climate change beliefs. Indeed, assets and wealth may influence climate change perception (Silvestri *et al.*, 2012; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Deressa *et al.*, 2011).

This study aims to investigate farmers' beliefs on the causes of climate change. Specifically, this paper analyses (i) farmers' beliefs on the causes of climate change and (ii) the determinants of these beliefs in the context of the Sudan Savannah Zone of Benin.

2. Material and methods

2.1. Study area

This study focuses on the Sudan Savannah Zone of Benin located in the Northern part of the country. The primary data used in this paper were collected in three communes (Boukoumbe, Ouake and Banikoara). The area is characterised by a rainy season and dry season. Generally, the rainy season is from May to November in the study area. The annual rainfall in the study area is about 780 mm and the number of annual rainy days is about 45 days. The three communes received seven months of rainfall with a peak period in June. The temperature is generally warm in these communes ranging between 28° C and 34° C with a relative humidity between 65% and 94%.

The survey covers six communities within the communes, namely Dikouteni, Koumagou, Gomparou Peulh, Sampeto, Kakpala and Kawado (Figure 1). The selection of the communes was based on the following criteria: (i) level of vulnerability to climate change, (ii) perceived levels of demonstration/application/use of indigenous knowledge, and this is due to farming methods and farming systems practiced (mechanization and irrigation are not available), (iii) accessibility for the survey. According to MCVDD (2014), West Atacora Zone (Boukoumbé) and North Donga (Ouaké) are vulnerable to climate change. Alibori (Banikoara) is less vulnerable to climate change.

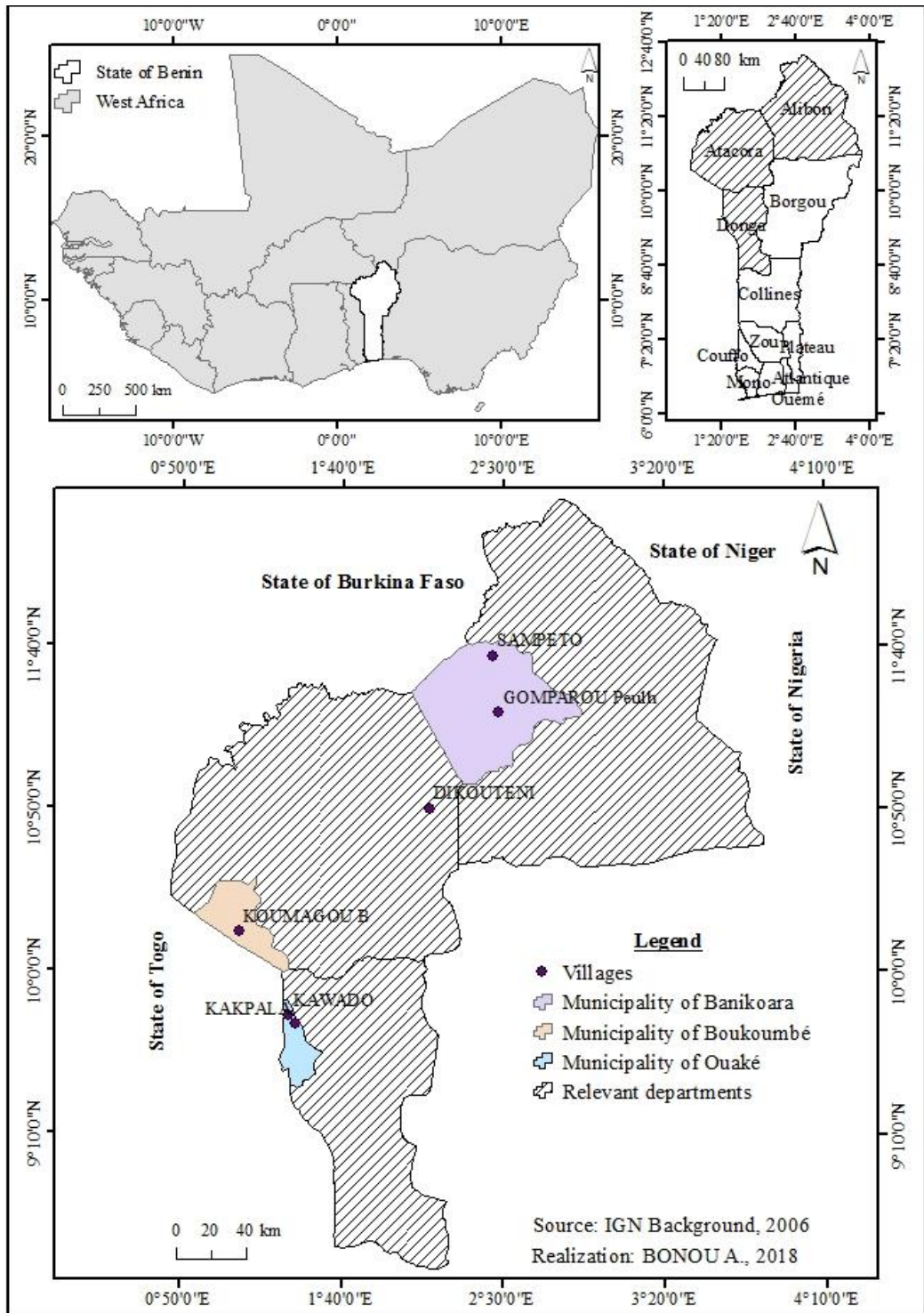


Figure 1. Map of the study area illustrating the surveyed communities / Carte de la zone d'étude montrant les localités enquêtées

2.2. Research units and sampling

The sample consisted of 60 smallholder farmers selected randomly in six villages (10 smallholder farmers each). This helped also to record the entire interview and take pictures.

2.3. Data and variables

Data was collected from 28th August to 4th September 2017. It was a digital survey conducted with KoboCollect. For the administration of semi-structured questionnaires, we used two enumerators who are agricultural economists. Sixty semi-structured questionnaires were administered to smallholder farmers. The collected data included socioeconomic characteristics such as age, gender, household size and questions on climate change beliefs: What do you think about climate change in regard to natural changes, human activities and the anger of God or gods? The response of the farmer is among the list: climate change is occurring, and is caused mostly by human activities; climate change is occurring, and is caused equally by natural changes in the environment and human activities; climate change is occurring, and it is caused mostly by natural changes in the environment; there is not sufficient evidence to know with certainty whether climate change is occurring or not; climate change is occurring and is due to God or gods anger and; climate change is not occurring; others (specify).

The dependent variable contains four categories characterising farmers' beliefs on climate change (Figure 2). These are Gods anger, Natural changes in the environment, Human activities and Natural changes in the environment as well as to human activities. This paper captures assets and wealth through farm size and having agriculture as the sole source of revenue or not. The age and the ethnic group of the household head are included in the set of explanatory variables as they have the potential to influence beliefs on climate change. For instance, experience in life (captured by age) may shape farmers' beliefs on climate change and the customs related to land tenure vary across ethnic groups and therefore, ethnic group can influence the formation of beliefs on climate change.

2.4. Model

In this paper we are interested in estimating the likelihood that a farm household will belong to a certain category of beliefs on climate change. Climate change beliefs were measured through a four-category question that measures belief about the causes of climate change.

Being a female leads one to believe that global warming is primarily caused by human activities as opposed to men (McCright, 2010). Moreover, older people tended to believe that the causes of global climate change are natural (Heath *et al.* 2006). So, the determinants of farmers' beliefs on the causes of climate

change are gender and age. One can see that in the literature it is difficult to find out more determinants of farmers' beliefs on the causes of climate change. This study is an attempt to fill in this gap by checking if the variables determining the perceptions of farmers on the causes of climate change are the same in the case of the beliefs.

In the light of the literature on the determinants of farmers' perception on the causes of climate change, the independent variables included in the estimations (e.g., Chisale *et al.*, 2022; Lokonon & Mbaye, 2018; Debela *et al.*, 2015; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Silvestri *et al.*, 2012; Deressa *et al.*, 2011; Maddison, 2007) are: the gender of the household head, the age of the household head, the ethnic group of the household head, the size of the household, the experience of the household head in agriculture, farm size, and source of revenue.

Experience in agricultural activities is positively associated to climate change perception (Chisale *et al.*, 2022; Lokonon & Mbaye, 2018). Lokonon & Mbaye (2018) found that climate change perception is negatively related to household size. In contrario, large households may be forced to divert part of the labour force to off-farm activities in an attempt to earn income in order to ease the consumption pressure imposed by large family size (Yirga 2007). Then household size is positively related to the perception of adapting to climate change.

The variable education level of the household is a determinant of climate change perception (Chisale *et al.*, 2022; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Silvestri *et al.*, 2012). The gender of the household head influences the likelihood of perceiving the cause of climate change (McCright, 2010; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Maddison, 2007). Farm size is also hypothesized to affect climate change beliefs (Wheeler *et al.*, 2013). Indeed, assets and wealth may influence climate change perception (Silvestri *et al.*, 2012; Fosu-Mensah *et al.*, 2012; Deressa *et al.*, 2011). These positive and negative associations do not provide conclusive evidence in the context of the determinants of beliefs on climate change causes. They merely highlight the possible association between these variables and beliefs on climate change causes.

Climate change beliefs is of paramount importance in conducting agricultural activities owing to the rainfed nature of agriculture in Benin, including the Sudan Savannah Zone of Benin. Indeed, farmers will take appropriate adaptation measures with regards to their beliefs on climate change (Arbuckle *et al.*, 2013; Wheeler *et al.*, 2013; Haden *et al.*, 2012). A rational farm household i will conceptualize her/his beliefs on climate change with respect to her/his characteristics, X_i . These characteristics include those that are internal to the household such as the gender, the age, the education level of the household head, the size of the household, farm size, the ethnic group, and source of revenue. In

this paper, four types of beliefs about climate change are considered: (i) climate change is due to natural changes in the environment, (ii) climate change is due to natural changes in the environment as well as to human activities, (iii) climate change is due to God or gods anger, (iv) climate change is due to human activities. Therefore, the dependent variable contains four categories, and there is no natural order between these four categories of beliefs. Thus, it is not possible to rank these four categories of beliefs.

Thus, the empirical model to be estimated is specified as follows:

$$Y_i = X_i'\beta + \mu_i \quad (1)$$

where

$$Y_i = \begin{cases} 1 \text{ if Natural changes in the environment} \\ 2 \text{ if Natural changes in the environment as well as} \\ \quad \text{to human activities} \\ 3 \text{ if gods anger} \\ 4 \text{ if Human activities} \end{cases} \quad (2)$$

μ_i is the error term which is independently and identically distributed. Because the dependent variable is categorical and there is no natural order between the categories, (1) should be estimated by a multinomial probability model (e.g., multinomial logit and multinomial probit models). The paper opts for a multinomial logit

model which is an alternative to the multinomial probit model. The multinomial logit model relaxes the independence restrictions built into the multinomial probit model (Greene, 2012).

3. Results and discussion

3.1. Farmers' beliefs on climate change

Table 1 presents a detailed description of the independent variables and their descriptive statistics. Figure 2 presents farmers' beliefs on climate change. The results indicate that 33.33% of the farm households believed that climate change is due to human activities. This result confirms the findings that the belief in anthropogenic causes of climate change is a major determinant of risk perception (Lee *et al.* 2015; Saleh Safi, *et al.* 2012; McCright, 2010).

About one-third (31.67%) of farm households also considered climate change as a natural phenomenon. More than one-fifth (21.67%) of them believed that climate change is due to God or gods anger, while the remaining 13.33% attributed climate change to both human activities and to natural changes in the environment.

Table 1. Independent variables and descriptive statistics / Variables indépendantes et statistiques descriptives

Variables	Description	Mean	Std. dev.	Minimum	Maximum
Gender	Dummy variable (1 if Male and 0 if female)	0.95	0.22	0	1
Age	In years	43.82	13.74	20	80
Ethnic group					
Bariba ethnic group	Dummy variable (1 if yes and 0 if no)	0.18	0.39	0	1
Lokpa ethnic group	Dummy variable (1 if yes and 0 if no)	0.32	0.47	0	1
Others ethnic group	Dummy variable (1 if yes and 0 if no)	0.50	0.50	0	1
Household size	In number of persons	11.18	7.29	3	35
Experience	In years	24.82	14.38	0	73
Farm size	In ha	5.63	5.93	0.75	30
Agriculture as the only source of income	Dummy variable (1 if yes and 0 if no)	0.52	0.50	0	1

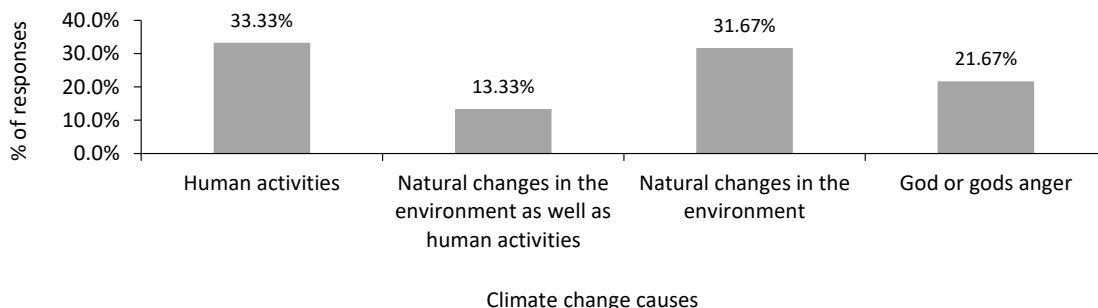


Figure 2. Farmers' beliefs on climate change causes / Croyances des agriculteurs sur les causes du changement climatique

Therefore, the surveyed farm households have beliefs that are somewhat consistent with scientific knowledge on climate change. However, these findings suggest only 13.33% of them have beliefs which are in line with scientific knowledge on climate change; as mainly due to anthropogenic GHGs (Pörtner et al., 2022), while those believing that it is due to human activities are not far from this scientific knowledge.

It is striking that more than one-fifth of the farm households attributed climate change to God or gods' anger, which means that the actions they will undertake to mitigate the adverse effects of changes in climate may differ from those of their counterparts (O'Neil, et al. 2022; Yegbemey, et al. 2020).

3.2. Determinants of farmers' beliefs on climate change

The estimation results of the multinomial logit model of the determinants of farmers' beliefs are presented in Table 2 with "climate change due to human activities" as the reference category. The model is overall significant and passes all the diagnostic tests. The findings reveal that the gender of the household head, the ethnic group of the household head, and the household size are significantly related to climate change beliefs. The likelihood of believing that climate change is attributable to natural changes compared with believing that climate change is due to human activities decreases with household size. The relative risk ratio was 0.88 and was significant at a threshold of 0.10. Keeping all other variables constant, if the household size increases one unit, the head of household is 0.88 times more likely to believe that climate change is Natural changes in the environment as compared to the belief that climate change is due to human activities (a 12% lower risk ratio or odds). Similarly, the likelihood to believe that climate change is attributable to God or gods anger compared with believing that climate change is due to human activities decreases with household size. This result is in line with that of Lokonon & Mbaye (2018) relative to

the association between household size and climate change perception. In the case of climate change beliefs, this is a new relationship that has not been discussed in previous literature: the relationship between household size and beliefs in climate change.

Having a male head in the household increases the likelihood of believing that climate change is caused by natural changes in the environment compared to conceptualizing climate change as due to human activities. Similarly, the gender of the household head (having a male household head) increases the probability of believing that climate change is caused by God or gods anger compared to thinking that it is due to human activities. This finding is not in line with that of McCright (2010) who found that a greater percentage of women (64%) than men believe that global warming is primarily caused by human activities.

Farmers' beliefs about climate change are also related to the ethnic group of the household head. For example, individuals belonging to the Lokpa ethnic group, as compared to the Bariba ethnic group, are more likely to attribute climate change to natural changes in the environment compared to believing that it is due to human activities, with the relative-risk ratios being significant at the 5% level of significance. This insight aligns with previous studies that have emphasized the influence of spiritual beliefs on climate change perceptions (Chisale et al., 2022; Saleh Safi, et al. 2012). According to Chisale (2022), the presence of the believers in the cultural and spiritual causes of climate change presents a challenge to mobilize them toward implementation of climate intervention measures and forest management in Malawi. Saleh Safi (2012) assessed rural Nevada and climate change perception and found ethnic group as an important factor of individual socioeconomic vulnerability. In the case of climate change beliefs, this is a new relationship that has not been discussed in previous literature: relationship between ethnic group of the household head and beliefs in climate change.

The remaining variables such as experience, farm size, having agriculture as the only source of income and age do not significantly affect farmers' beliefs on climate change. The result of the last variable is surprising, as Heath (2006) found that older people tended to believe that the causes of global climate change are natural using the correlation method. One limitation of this paper is the lack of inclusion of religion as an independent variable. However, Haluza-DeLay, (2014) suggests the potential utility of religions engaging the issue of

human-induced climate change can be compromised by the perception that religious beliefs are often in conflict with scientific understanding. Those following modern religion believe on climate change, because both climate change and the religions modern concepts, but animists are expected to not believe or to think that it is God made, because of their traditional knowledge.

Table 2. Multinomial logit model estimation of Farmers' Beliefs on Climate Change (reference category: Human activities) / Estimation par modèle logit multinomial des croyances des agriculteurs sur le changement climatique (catégorie de référence : Activités humaines)

Variables	Coefficients			Relative-risk ratios		
	Natural changes in the environment as well as human activities	Natural changes in the environment	God or gods anger	Natural changes in the environment as well as human activities	Natural changes in the environment	God or gods anger
Gender (Reference category: Female)	-0.11 (1.80)	15.00*** (1.71)	14.79*** (1.56)	0.90 (1.61)	3260414*** (5583236)	2646883*** (4131816)
Age	-0.08 (0.06)	-0.04 (0.05)	-0.02 (0.06)	0.93 (0.05)	0.96 (0.05)	0.99 (0.6)
Ethnic group (Reference category: Bariba ethnic group)						
Lokpa ethnic group	2.33 (2.32)	4.48** (1.79)	18.13*** (2.17)	10.34 (24.03)	88.04** (157.84)	7.44e+07*** (1.62e+08)
Others ethnic group	0.01 (1.69)	2.57** (1.19)	15.69*** (1.56)	1.02 (1.71)	13.07** (15.52)	6526782*** (1.02e+07)
Household size	-0.03 (0.08)	-0.13* (0.08)	-0.22** (0.10)	0.97 (0.07)	0.88* (0.07)	0.81** (0.08)
Experience	0.08 (0.07)	0.08 (0.06)	0.10 (0.07)	1.09 (0.08)	1.09 (0.07)	1.10 (0.07)
Farm size	-0.21 (0.25)	0.13 (0.10)	0.04 (0.19)	0.81 (0.21)	1.14 (0.11)	1.04 (0.20)
Agriculture as the only source of income	1.53 (1.18)	0.24 (0.94)	0.51 (1.07)	4.64 (5.48)	1.27 (1.19)	1.67 (1.78)
Constant	0.44 (1.18)	-1.99 (1.52)	-16.36*** (2.60)	1.56 (3.85)	0.14 (0.21)	7.87e-08*** (2.05e-07)
Observations	60	Prob > chi2=0.00		Pseudo R2=0.25		

Note: Robust standard errors in parentheses. *, **, *** indicate statistical significance at the 10%, 5%, and 1%, respectively.

4. Conclusion and policy implications

Due to the importance of climate change beliefs in shaping adaptive measures, this paper investigated the extent of these beliefs as well as the factors associated to them in the Sudan Savannah Zone of Benin, a region heavily reliant on rain-fed agriculture, using a multinomial logit regression. The findings paint a diverse picture: 33.33%, 31.67%, 21.67%, and 13.33% of the farm households believed that climate change is due to human activities, to natural changes in the environment, to God or gods anger, and to both human activities and natural changes in the environment, respectively.

The analysis unveiled intriguing associations: climate change beliefs are related to the gender and the ethnic group of the household head, and household size. In a striking contrast, male-headed households are more likely to attribute climate change to natural phenomena or divine intervention compared to their female-headed counterparts. Similarly, the Lokpa ethnic group and others ethnic groups, exhibited different beliefs compared to the Bariba ethnic group. However, household size was found to decrease the likelihood to believe that climate change is due to natural or divine causes compared to believing that it is due to human activities.

Armed with this knowledge, it becomes imperative to disseminate information that climate change is largely a consequence of anthropogenic greenhouse gases (from human activities). This can enable those that believed that climate change is attributable to natural changes in the environment to be consistent with the scientific knowledge on the causes of climate change as found as the IPCC (Pörtner *et al.*, 2022). This crucial information should be tailored to reach those who attribute climate change to natural changes or divine will, as they might otherwise rely solely on prayers and sacrifices as adaptation measures, overlooking practical and scientifically-supported strategies.

Moreover, special attention must be given to raising awareness among male-headed households, the Lokpa and other ethnic groups regarding the actual causes of climate change, fostering a deeper understanding and potentially transforming their adaptive approaches. Future research may probe deeper into the link between farmers' beliefs on climate change and adaptation decisions, as well as exploring innovative methods for communicating climate science to diverse audiences.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank BIARI ALUMNI RESEARCH TEAM 2016-17. The authors would like to thank their peers from seven nations across Africa, Asia, South America, and Europe for giving them the opportunity to collect this extra data during their participative work. They are: Chinwe Maryann ONUGBU, Cristobal Delgado MATAS, Efosa ADAGBASA, Eustace

UZOR, Mariaelena HUAMBACHANO, Portia ADADE WILLIAMS, Siri VELAND, Solomon ADESOJI, Tyseer EL HADI OMER and Wang HUAIYU. Moreover, the special thanks and heartfelt gratitude go to the farmers in Benin who participated in the survey for their time and contributions as well as their efforts in sharing their experiences during the field work which contributed to the success of this study. We will acknowledge BIARI (Brown University) which has founded this research. We would like to extend our gratitude to the journal editor and reviewers for a number of useful comments. We also extend our gratitude to the enumerators: Ken Kounouewa and Morel Kogbevi and the farmers who participate to this survey.

FUNDING

This project was sponsored by Brown International Advanced Research Institute (BIARI) of the Watson Institute for International and Public Affairs, Brown University, USA (BIARI ALUMNI 2016-17 FUNDING). Seed fund provided additional funding to BIARI's support and to our own efforts.

AUTHORS CONTRIBUTIONS

Roles	Name
Study design	Bonou A., Lokonon B.O.K.
Data collection	Bonou A., Lokonon B.O.K.
Data analysis	Bonou A., Lokonon B.O.K.
Funding acquisition	Bonou A.
Methodology	Bonou A., Lokonon B.O.K.
Project management	Bonou A.
Supervision	Singbo A.G.
Writing – original draft	Lokonon B.O.K., Bonou A.
Writing – review & editing	Singbo A.G., Egah J.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have declared no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study, the collection, analyses, or interpretation of the data; nor in the writing of the manuscript or in the decision to publish the results.

REFERENCES

- Adjacou, D. M., Houehanou, T. D., Gouwakinnou, G. N., & Natta, A. K. (2022). Connaissances ethnoécologiques des variétés locales de *Mangifera indica* L. dans l'Atacora au Bénin: usages, diversité et perceptions du changement climatique. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 12(1), 15-28.
- Agossou, F. (2012). Impact économique du changement climatique sur l'agriculture au Bénin. Mémoire de Master. Université d'Abomey-Calavi. Maîtrise (2012). https://www.memoireonline.com/05/19/10788/m_Impact-economique-du-changement-climatique-sur-l-agriculture-au-Benin29.html#toc70. Consulted on January 2, 2023.
- Azadi, Y., Yazdanpanah, M., & Mahmoudi, H. (2019). Understanding smallholder farmers' adaptation behaviors through climate change beliefs, risk perception, trust, and psychological distance: Evidence from wheat growers in Iran. *Journal of environmental management*, 250, 109456.
- Arbuckle, G. J., Prokopy, L. S., Haigh, T., Hobbs, J., Knoot, T., Knutson, C., et al. (2013). Climate change beliefs, concerns, and attitudes toward adaptation and mitigation among farmers in the Midwestern Union States. *Climatic Change*, 117(2013), 943-950. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0707-6>
- Chisale, H. L., Chirwa, P. W., & Babalola, F. D. (2022). Awareness, Knowledge and Perception of Forest Dependent Communities on Climate Change in Malawi: A Case of Mchinji and Phirilongwe Forest Reserves in Malawi. *Journal of Sustainable Forestry*, 1-18.
- Coase, R. H. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44. <https://doi.org/10.1086/674872>
- Debela, N., Mohammed, C., Bridle, K., Corkrey, R., & McNeil, D. (2015). Perception of climate change and its impact by smallholders in pastoral/agropastoral systems of Borana, South Ethiopia. *SpringerPlus*, 4(1), 1-12.
- Deressa, T. T., Hassan, R. M., & Ringler, C. (2011). Perception of and adaptation to climate change by farmers in the Nile basin of Ethiopia. *Journal of Agricultural Science*, 149, 23-31. doi:10.1017/S0021859610000687
- Di Falco, S., & Veronesi, M. (2014). Managing Environmental Risk in Presence of Climate Change: The Role of Adaptation in the Nile Basin of Ethiopia. *Environ Resource Econ*, 57, 553-577. <https://doi.org/10.1007/s10640-013-9696-1>
- Di Falco, S., & Veronesi, M. (2013). How Can African Agriculture Adapt to Climate Change? A Counterfactual Analysis from Ethiopia. *Land Economics*, 89(4), 743-766. DOI : 10.1353/ide.2013.0043
- Di Falco, S., Veronesi, M., & Yesuf, M. (2011). Does Adaptation to Climate Change Provide Food Security? A Micro-Perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3), 829-846. doi: 10.1093/ajae/aar006
- Dunlap, R. E., & Scarce, R. (1991). Poll trends: Environmental problems and protection. *The public opinion quarterly*, 55(4), 651-672.
- Fosu-Mensah, B. Y., Vlek, P. L., & MacCarthy, D. (2012). Farmers' perception and adaptation to climate change: a case study of Sekyedumase district in Ghana. *Environ Dev Sustain*, 14, 495-505. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9339-7>
- Greene, H. W. (2012). *Econometric Analysis*. New York: Prentice Hall.
- Haden, V. R., Niles, M. T., Lubell, M., Perlman, J., & Jackson, L. E. (2012). Global and Local Concerns: What Attitudes and Beliefs Motivate Farmers to Mitigate and Adapt to Climate Change? *PLoS ONE*, e52882. doi:10.1371/journal.pone.0052882

- Haluzi-DeLay, R. (2014). Religion and climate change: varieties in viewpoints and practices. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(2), 261-279
- Heath, Y., & Gifford, R. (2006). Free-market ideology and environmental degradation: The case of belief in global climate change. *Environment and behavior*, 38(1), 48-71
- Jooste, B. S., Dokken, J. V., Van Niekerk, D., & Loubser, R. A. (2018). Challenges to belief systems in the context of climate change adaptation. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, 10(1), 1-10.
- Lee, T. M., Markowitz, E. M., Howe, P. D., Ko, C. Y., & Leiserowitz, A. A. (2015). Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world. *Nature climate change*, 5(11), 1014-1020. DOI: 10.1038/NCLIMATE2728.
- Lokonon, B. O., & Mbaye, A. A. (2018). Climate change and adoption of sustainable land management practices in the Niger basin of Benin. *Natural Resources Forum*, 42(2018), 42-53. DOI: 10.1111/1477-8947.12142
- Lokonon, B. O., Savadogo, K., & Mbaye, A. A. (2015). Assessing the impacts of climate shocks on farm performance and adaptation responses in the Niger basin of Benin. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 10(3), 234-249. DOI: [10.22004/ag.econ.211670](https://doi.org/10.22004/ag.econ.211670)
- Maddison, D. (2007). *The Perception of and Adaptation to Climate Change in Africa*. Washington, D.C.: The World Bank, Policy Research Working Paper No. 4308.
- MAEP. (2017). Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) 2025 et Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle PNIASAN 2017 - 2021. Cotonou: Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche.
- McCright, A. M. (2010). The effects of gender on climate change knowledge and concern in the American public. *Population and Environment*, 32, 66-87. <https://doi.org/10.1007/s11111-010-0113-1>
- MCVDD. 2014. Stratégie de développement à faible intensité de carbone et résilient aux changements climatiques 2016 - 2025.84p. Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable.
- Menapace, L., Colson, G., & Raffaelli, R. (2015). Climate change beliefs and perceptions of agricultural risks: An application of the exchangeability method. *Global Environmental Change*, 35, 70-81. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.07.005>.
- Nago, S.G. A.; Gnohossou, P.; Sagbo, R. R. S. & Bokonon - Ganta, E. (2019). Perception du changement climatique et stratégies locales d'adaptation dans la pêche de la Réserve de Biosphère de la Pendjari, Bénin. *Afrique Science*, 15(3), 114-127.
- O'Neil, G. M. M., Tovihoudji, G. P., Ollabodé, N., Akponikpè, P. I., & Yabi, J. A. (2022). Perception des producteurs des changements climatiques et stratégies d'adaptation dans les systèmes de culture à base de maïs (*Zea mays*) au Nord-Bénin. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 12(1), 1-14.
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., ... & Birkmann, J. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. *IPCC Sixth Assessment Report*, 37-118.
- Saleh Safi, A., James Smith Jr, W., & Liu, Z. (2012). Rural Nevada and climate change: Vulnerability, beliefs, and risk perception. *Risk Analysis: An International Journal*, 32(6), 1041-1059. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2012.01836.x

- Satoguina, H. (2016). Impact économique du changement climatique sur la production de maïs et d'igname au Bénin. *Annale des Sciences Economiques et de Gestion*, 15(2). <http://www.annalesumng.org/index.php/seg/article/view/54>
- Silvestri, S., Bryan, E., Ringler, C., Herrero, M., & Okoba, B. (2012). Climate change perception and adaptation of agro-pastoral communities in Kenya. *Reg Environ Change*, 12(4), 791-802. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0293-6>
- Vodounou, J. B. K., & Onibon Doubogan, Y. (2016). Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin. *Cybergeo: European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage*, document 794, mis en ligne le 15 novembre 2016. DOI:10.4000/cybergeo.27836
- Sodjinou, E., & Hounkponou, S. K. (2019). Impact des changements climatiques sur les revenus des ménages agricoles au Bénin: Evidence basée sur l'application du modèle Ricardien. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 9(1), 43-54.
- Wheeler, S., Zuo, A., & Bjornlund, H. (2013). Farmers' climate change beliefs and adaptation strategies for a water scarce future in Australia. *Global Environmental Change*, 23(2013), 537-547. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.008>
- Whitmarsh, L., & Capstick, S. (2018). Perceptions of climate change. In *Psychology and climate change* (pp. 13-33). Academic Press.
- Yegbemey, R. N., Imorou, S. E. H., Aïhounton, D. G. B., Yabi, J. A., Kinkpe, T. A., & Atchikpa, M. (2020). Déterminants de l'adaptation des agriculteurs aux changements climatiques dans les zones du Nord Bénin et du Sud Niger. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 10(2), 31-42.
- Yirga, C. (2007). The dynamics of soil degradation and incentives for optimal management in the Central Highlands of Ethiopia (Doctoral dissertation, University of Pretoria).

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) consists of the letters 'SNA' in a bold, green, sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving them a three-dimensional appearance. The logo is centered horizontally and is flanked by two horizontal lines above and below it.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>







ARTICLE DE
RECHERCHE

<https://doi.org/10.56109/aup-sna.v13i1.25>

<https://sna.fa-up.bj>

Farmer's perception of agrochemical use on honeybees and honey production in Benin: Implication for organic honey production

Anicet G. DASSOU^{1*}, Corinne M. ANAGONOU¹, Sènan VODOUHE¹, Aristide D. ADJAI-EDIKOU¹, Silvère TOVIGNAN², Barrès B. DASSOU³, Delphine BODJRENOU⁴, Valentin KINDOMIHOU³, Léonard AFOUDA², Simplicie D. VODOUHE^{3,4}

* Corresponding author

¹ High National School of Biosciences and Applied Biotechnologies (ENSBBA), National University of Sciences, Technologies, Engineering and Mathematics (UNSTIM), Dassa, Benin

² Faculty of Agronomy (FA), University of Parakou (UP), Parakou, Benin

³ Faculty of Agronomic Sciences (FSA), University of Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Benin

⁴ Beninese Organization for the promotion of Organic Agriculture (OBEPAB), Cotonou, Benin

Emails : dassoua5@gmail.com ; c.anagonou@yahoo.com ; vodouhesenan@yahoo.fr ; edikoufoxfg@gmail.com ; tsilvere@yahoo.fr ; d.baudelaire.b@gmail.com ; bmdelphine@gmail.com ; kindomihou@gmail.com ; lafouda@gmail.com ; dsvodouhe@yahoo.com

Received on January 3, 2022 - Accepted on February 20, 2023 - Published on June 30, 2023

Abstract : Beekeeping faces numerous challenges, including the use of agrochemicals. Honeybee colonies are lost because of chemical pesticides use in agriculture to control pests and diseases, which affects detoxifying mechanisms and immune responses, making them more vulnerable to parasites. The purpose of this study was to investigate people's perception of the impact of agricultural pesticide use on the honeybee community and honey production in northern Benin. A survey was conducted using a questionnaire among 100 beekeepers. Individual interviews were used to gather information on treated crops, the distance between beehives and these cultivated fields, the effect of pesticides and herbicides, alternative methods to pesticide use and honey production. Chemical pesticides such as Callifor G, Kalach, Atrazila 80 WP, Herbextra, Atrforce, Adwumawura (480 SL), Cottonex, Thalix, Cottonix and Cypercal P 330 EC were used in agricultural fields, and beehives were typically found near treated fields. The majority of beekeepers (79%) are aware of the risks associated with pesticides and employ non-pesticide alternatives such as biopesticides to minimize them. In general, beekeepers reported a reduction in the big breed of bees and a 40% decrease in the little breed. When the beehives were placed far away from the treated areas, the honey yield was higher. Alternative pest management strategies to farmers' pesticide use would result in long-term increases in honey production and would constitute the main step of the conversion to organic apiculture in northern Benin.

Keywords: Beekeeping, Agrochemicals, Honeybees, Honey production, Benin.

Perception des agriculteurs sur l'impact des produits agrochimiques sur les abeilles et la production de miel au Bénin : Implications pour la production de miel biologique

Résumé : L'apiculture est confrontée à de nombreuses contraintes, notamment l'utilisation de produits chimiques en agriculture près des systèmes apicoles. Les colonies d'abeilles diminuent à cause de l'utilisation des pesticides chimiques, qui affectent les mécanismes de détoxification et les réponses immunitaires, les rendant plus vulnérables aux parasites. Cette étude vise à examiner la perception des agriculteurs quant à l'impact de l'utilisation de pesticides agricoles sur la communauté des abeilles mellifères et la production de miel dans le nord du Bénin. Une enquête a été menée auprès de 100 apiculteurs au moyen d'un questionnaire. Des entretiens individuels ont été réalisés pour recueillir des informations sur les cultures traitées,

la distance entre les ruches et ces cultures, l'effet des pesticides et des herbicides, les méthodes alternatives à l'utilisation des pesticides et la production de miel. Des pesticides chimiques tels que Callifor G, Kalach, Atrazila 80 WP, Herbextra, Atrforce, Adwumawura (480 SL), Cottonex, Thalix, Cottonix et Cypercal P 330 EC ont été utilisés dans les champs agricoles, et les ruches étaient généralement situées à proximité des champs traités. La majorité des apiculteurs (79 %) sont conscients des risques associés aux pesticides et utilisent des alternatives sans pesticides, telles que les biopesticides, pour les minimiser. En général, les apiculteurs ont signalé une réduction de la grande race d'abeilles (60% des apiculteurs) et une diminution de la petite race (40 % des apiculteurs). Lorsque les ruches étaient placées loin des zones traitées, le rendement en miel était plus élevé. Des stratégies alternatives de lutte contre les ravageurs, en remplacement de l'utilisation de pesticides par les agriculteurs, permettraient d'augmenter à long terme la production de miel et constitueraient une étape majeure dans la conversion vers l'apiculture biologique au nord Bénin.

Mots clés : Apiculture, produits chimiques, abeilles, production du miel, Bénin.

1. Introduction

Pesticides have been used for weed control and plant health management, especially to achieve high yields in agriculture. In recent years, the excessive use of chemical pesticides has posed a significant threat to both plants and animals (Sutherland et al., 2018; Tubbs and McDonough, 2018). For instance, the widespread use of chemical pesticides, combined with the expansion of farming, has heightened the vulnerability of natural resources, and the biodiversity of plants and animals (Gentilcore, 1960). Animal species exposed to pesticides, such as insecticides, rodenticides, fungicides, and herbicides, are at risk of harm (Colborn et al., 1993). Many pesticides are toxic not only to pests but also to beneficial insects, mammals, birds, amphibians, and fish (Aktar et al., 2009; Robbins and Sharp 2003).

The toxicity of a pesticide and its other properties depend on the amount of application, frequency, time and method of spraying, climate, vegetation structure, soil type and the non-target species (Resende et al., 2016). Organochlorines such as endosulfan are still commonly used in Africa and are highly environmentally sustainable and moderately persistent in soil systems rather than aqueous systems (Iloba and Ekraekene 2008; Pazou et al., 2006; Darko et al., 2017). The improper use of pesticides and habitat changes can lead to significant declines in non-target species populations.

Pesticides are an important factor in biodiversity (Isenring, 2010) and particularly beneficial insect declines. In several countries around the world, several studies have shown unusual colony declines and mortality (Fairbrother et al., 2014). With a big spectrum of actions, these pesticides including carbamates, organophosphates and pyrethroids, can lead to decreases in the population of beneficial arthropods such as bees, spiders and beetles (Bakker et al., 2022). Many of these beneficial arthropods play a major role in the food web or as natural enemies of pests. Bees, in particular, are notable pollinators and have been experiencing

pressure from a combination of factors, including parasite mites, viral diseases, habitat loss, and intensive pesticide use (Hapke 2008; Cresswell 2011). The main environmental threats to honeybees and wild bees are intensive farming practices, habitat loss and agrochemicals. The relatively small number of detoxifying genes in bees suggests that they are more susceptible to pesticides than other insects (Claudianos et al., 2006). It has often been reported that pesticide exposure can have a direct impact on certain immune system compounds, even on physical defenses or behaviors preventing insect contamination, especially bees (Berenbaum and Johnson, 2015). Pesticides can therefore influence insect humoral immune responses (James and Xu, 2012). They can also influence cellular reactions. For this reason, beekeeping professionals have reported a global loss of 20-30% in honey production between 1997 and 2009 (Genersch et al., 2010).

In Benin, pesticides are frequently used in agriculture, and beehives are often located near agrochemical fields. These farming practices can have a negative effect on bee population dynamics and honey production (Paraíso et al., 2012). Chemicals used to treat agricultural seeds can contaminate bees when the treated seeds germinate (Bogdanov, 2006). The residues of chemicals from treated seed crops in pollen may pose a high risk to bees (Thompson 2003). Sublethal doses of chemicals can lead to a reduction in bees' learning ability (Girard et al., 1998). These toxic molecules (neurotoxicants) have been found in plant pollens (Mullin et al., 2010; Cresswell, 2016) and their effects on bee health have been well-documented. Notably, the northern region of Benin is characterized by intensive agriculture and beekeeping, involving two distinct bee races: a small, yellow, aggressive breed that produces highly sweet honey, and a larger, black, less aggressive breed that produces honey with less sweetness. As these two income-generating activities are carried out in the same agroecological areas and with the same farmers, they must be carried out sustainably to ensure that agricultural practices do not contaminate the honey

produced by beekeepers. Agrochemicals contribute to pollution in these agricultural production areas. Crops are mostly treated with cotton with chemical pesticides. An increase in the number of producers of organic cotton would help reduce chemical pesticide pollution. Certain farmers have already adopted agroecological practices, such as using plant extracts like *Azadirachta indica* (Togbé et al., 2015; Lernoud et al., 2019) and fertilizing the soil with compost and animal droppings. These agroecological practices used by certain farmers can significantly reduce the risk of contamination in beekeeping systems, promoting a transition toward organic beekeeping principles.

The objective of this research is to evaluate the impact and potential of chemical pesticides use in farming on honey production in northern Benin. Specifically, the study aims to (1) identify the agricultural chemical compounds commonly used in the region, including insecticides, nematicides, herbicides, and fungicides; (2) analyze local perceptions of the use of agricultural chemicals on honeybee communities and honey production; and 3) determine the relationship between beehive placement, the type of beehive, and honey quantity and sweetness.

2. Material and Methods

2.1. Study sites

The study was performed in four communes: Banikoara, Gogounou, Kandi, and Segbana. These communes were selected due to their agricultural and beekeeping culture, as well as their widespread use of chemical pesticides. Alibori lies between latitude 11°19' north and longitude 2°55' east. It is bounded by Niger and the Republic of Burkina Faso in the north, Borgou in the south, the Federal Republic of Nigeria in the east and Atacora in the west. It covers an area of 26 242 km², which accounts for 23% of the national territory. The region comprises two agroecological zones: the far northern area and the cotton zone in northern Benin. It experiences a single rainy season, with annual precipitation ranging from 700-1200 mm. The vegetation consists of a mosaic of dense, dry and sparkling forests, clear forests and wooded savannas (Adomou, 2011). Sorghum, rice, maize and cotton are the most prevalent crops cultivated in the region.

2.2. Selection of respondents

An exploratory survey was conducted to select the target districts for the study. The selection was based on the following criteria: i) agricultural and beekeeping production and (ii) the use of pesticides in agriculture. A total of 25 beekeepers were randomly selected from each commune, making a total of one hundred (100) farmers in the study area, using the snowball method. Data regarding farmers' socio-demographic

characteristics were collected as part of the survey. Individual surveys were conducted using a structured questionnaire in the villages of the four communes, involving 100 selected beekeepers. Both individual and group surveys were carried out among beekeepers.

2.3. Data collection on agrochemical effects on honeybees and honey production

Firstly, an inventory was conducted to document the crops produced and the specific agrochemicals used, including their active ingredients. Secondly, we sought to understand the period during which farmers heavily used chemicals and when beekeeping activities were intense. Data were collected to examine farmer's perceptions of the contamination of honeybees and honey, as agriculture and beekeeping were concurrently carried out by the same individuals. Farmers were asked to provide a list of all agroecological practices they employed for the management of chemicals. Thirdly, we sought to determine farmers' perceptions of the potential effects of agrochemicals on bees and honey production. Specifically, we assessed farmers' perception of the population dynamic of the two bee races in the study areas. We also collected information on the average density of the two races of bees per hive in the study areas. Additionally, farmers assisted in counting the number of dead honeybees around the beehives in order to establish any relationship with the use of agrochemicals. Lastly, we determined the relationship between the distance between the beehives and the honey production fields. For this purpose, we identified all the beehives located between 100 and 500 m from the treated fields and recorded the quantity of honey produced per beehive.

2.4. Data collection on the type and taste of beehive systems

Information was gathered on three categories of beehive systems: modern type, wood type, sheet metal type (Dassou et al., 2019). Moreover, we determined the honey production of each type of beehive. The taste of the produced honey was assessed using the following indicators: 0.20 for very poor taste, 0.40 for poor taste, 0.60 for good taste, 0.80 for very good taste, and 1 for better taste.

2.5. Statistical analysis

The data were summarized using descriptive statistics (mean, standard deviation, frequency, and percentage). The relationship between pesticide use and the abundance of small and large bee species was determined using Generalized Linear Models (GLMs). A linear model (lm) was used to explore the relation between the distance from the treated fields and the amount of honey collected per hive. This model was simulated using the 'pgirmess' package function of PermTest. The honey quantity was estimated by a

probabilistic function due to fluctuations in the distances from the treatment fields (Hacura et al., 2001). A stochastic model from Monte Carlo was therefore used to generate the honey quantity per beehive based on a model with the normally distributed random outputs (Platon and Constantinescu, 2014) and performing 10 000 iterations. GLMs were also used to investigate the relationship between the hive type and the quantity and taste of the honey sweetness. The Tukey HSD test was used to determine significant differences in the taste of honey produced in modern beehives, wood-based beehive and sheet metal beehives. All statistical analyses were conducted at a significance level of 5% using R version 3.2.2 (R Core Team, 2012).

3. Results

3.1. Socio-demographic characteristics of surveyed farmers

Beekeeping was primarily carried out by male farmers (97%) with a smaller representation of female farmers (3%). Approximately 76% of the farmers had no formal education and other farmers had primary (12%), secondary (9%) and university (3%) education level. The age group of 20-35 years was the most dominant accounting for 45% of the farmers, followed by 36-50 years (37%) and 51-68 years (18%). The average years of experience was 9.194 ± 0.778 (SD) years for senior beekeepers, with 7% of beekeepers having 16-20 years of experience and 4% with more than 20 years of experience.

3.2. Inventory of the main treated crops and their needs for agrochemical treatments in Northern Benin

Whatever the crop grown, farmers necessitated the application of some agrochemicals to control weeds or pests. The most popular crop combinations included cotton and maize, which were cultivated by all beekeepers, followed by sorghum, soybean, cowpeas, yam and millet. Among these crops, cotton (100% of the farmers), maize (100% of the farmers), sorghum (60% of the farmers), soybean (45% of the farmers), cowpeas (20% of the farmers), yam (3% of the farmers) and millet (2% of the farmers) required agrochemical treatments (Figure 1).

3.3. Major pesticides used by farmers in the study area

A total of 19 agrochemicals were used in the study areas, including 14 herbicides (73.68%) and 5 insecticides (26.32%). The most used herbicides were Callifor G (15%), Kalach (12%), Atrazila 80 WP (10%), Herbextra (10%), Atrforce (10%), Adwumawura (480 SL) (9%) and Cottonex (8%). Insecticides such as Thalis (48%), Cotonix (36%) and Cypercal P 330 EC (10%)

were predominantly used compared to other types (Table 1). The effect of the agrochemicals on bees varied depending on the agrochemicals categories: herbicides indirectly affected honeybees by eliminating small flowering plants and rendering the bees' food resources unavailable, while insecticides directly affected honeybees (Table 2).

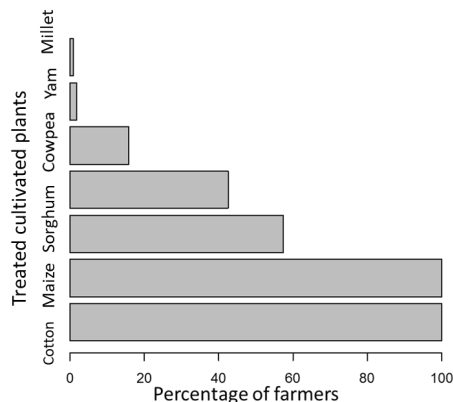


Figure 1. Main crops cultivated and treated with agrochemicals in Northern Benin / Plantes cultivées traitées avec les pesticides chimiques au Nord du Bénin

Table 1. Main pesticides used (% respondents) and their active ingredients / Principaux pesticides utilisés (% répondants) et leurs matières actives

Pesticides	Active ingredients	Pesticide use (% of farmers)
Herbicides		
Callifor G	Prometryn + Fluometuron (250g/kg)	15
Kalach	Glyphosate (Glycine) (700g/kg)	12
Atrazila 80WP	Atrazine (800g/kg)	10
Herbextra 720SL	Amino salt (720g/L)	10
Atrforce	Atrazine 50%SC + 80%WP	10
Adwuma wura (480 SL)	Glyphosate (480g/L)	9
Cottonex PG 560 SC	Fluometuron (250g/L) + Prometryn (250g/L + Glyphosate (60g/L)	8
Kabasate	Glyphosate 480 g/l SL	5
Buta force EC	Butachlor 50 % EC	5
Grass Killer	Cinnamon bark 0.95%	4
Glyphader 75SG	Glyphosate 680g/kg	4
Malik	Haloxifos R-methyl	3
Parae force	Dichlorure de Paraquat 276 g/l SL	3
Buta Plus	Lambda cyhalothrin	2
Insecticides		
Thalis	Emamectine benzoate 48 g/l-acetamipride 64 g/l. 0.25 Deltamethrin (12 g/L) +	48
Cotonix	Chlorpyrifos-ethyl (300 g/L) + Acetamipride (160 g/L)	36
Cypercal P 330 EC	Cypermethrin (30 g/L) + Profenofos (300 g/L)	10
Emacot	Emamectin benzoate	4
Lambda Super 25 EC	Lambda cyhalothrin (25 g/L)	2

Table 2. Farmer's perception (%respondents) of the consequences of the agrochemical use on bee communities / Perception paysanne (% répondants) des conséquences d'utilisation des pesticides chimiques sur les communautés d'abeilles

Pesticide effects on bees	Farmer's perception (% respondents)
Herbicides	
Kill growing herbs, destroy seeds and prevent regrowth of herbs, reduce the availability of bee foods	60
Cause the death of bees	30
Decrease the production capacity of honey	10
Insecticides	
Repel bees	35
Kill bees	30
Poison the flowers	12
Pollute the air surrounding bees	10
Weaken worker bees and diminish the production capacity of honey	8
Decolonize beehives	5

3.4. Negative effects of pesticide use on honeybee communities

During our field visits, we observed dead honeybees in the vicinity of the beehives, with the number of dead honeybees varying across districts ($P < 0.00001$; $Df = 3$). Beekeepers reported a gradual decrease in honeybees regardless of the breed, with approximately 49% of farmers observing a decrease in the population of the larger breed and 40% in the smaller breed across the study areas. However, some beekeepers mentioned an increase in the population dynamics of bees, with 6% observing an increase in the smaller breed and 5% in the larger breed. Statistical analysis indicated a negative effect of pesticides use (insecticide and herbicide) on the abundance of both the larger honeybee breed (Estimate = - 2.45; $P = 0.0042$) and the smaller honeybee breed (Estimate = - 0.29; $P = 0.001$). Farmers collected honey in May through November, which coincided with the period of agrochemical use (Figure 2). Given the gradual pollution of this honey production environment, some farmers adopted agroecological practices such as placing beehives away from pesticide-treated fields, practicing crop association, utilizing biopesticides, and embracing ecological beekeeping to ensure sustainable honey production (Figure 3).

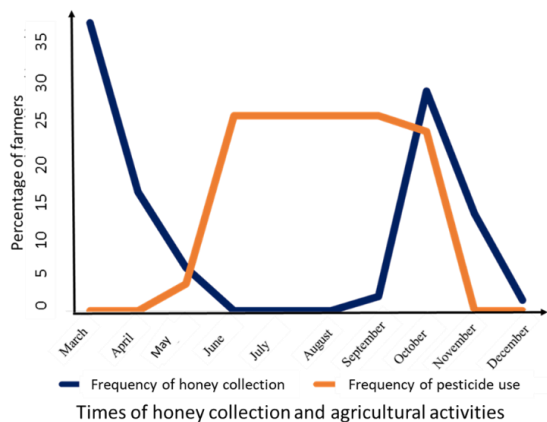


Figure 2. Periods of honey collection and pesticide uses / Périodes de collecte du miel et d'utilisation des pesticides dans les champs

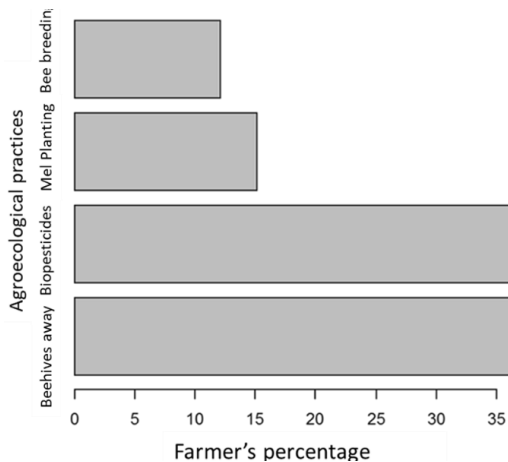


Figure 3. Agroecological practices adopted by some farmers for sustainable honey production as an alternative solution to reducing pesticide effects / Pratiques agroécologiques adoptées par quelques paysans pour une production du miel durable comme solution alternative pour réduire les effets des pesticides

Notes: Beehives away = Beehives placed away / Ruches placées loin ; Mel planting = Crop association / Association de cultures ; Bee breeding = Bee breeding in natural areas / Élevage d'abeilles dans des zones naturelles.

3.5. Influence of the distance of beehives from cultivated fields on honey production and Monte Carlo modeling

The beekeepers were grouped into two categories based on the proximity of their beehives to treated crops. The average honey production per beehive in the first category was 8.08 liters, while the second category produced 9.75 liters per harvest. The Monte Carlo method showed a significant positive relationship between the distance of beehives from fields and the quantity of honey production ($F = 116.7$; $Df = 98$; $P = 0.00001$; Figure 4).

3.6. Relationships between beehive type and honey taste and quantity

The effect of beehive type on the quantity of honey produced was not significant ($P = 0.32$; $Df = 2$). However, there was a significant effect of beehive type on the taste of honey ($P < 0.00001$; $Df = 2$). Tukey's test revealed a highly significant difference in the taste of

honey produced between beehives made with metal sheet and those made with therapeutic plant woods (Figure 5; Table 3; $P < 0.00001$). Beehives made with therapeutic woods yielded honey with a very appreciable taste. The difference in taste was moderately significant between honey produced from beehives made with therapeutic woods and modern beehives. In addition, there was a minor difference between the honey produced from modern beehives and those made from metal sheet (Figure 5; Table 3).

Table 3. Tukey's test on the honey taste according to beehive system types

Beehive systems	diff	lwr	upr	p adj
Metal sheet -modern	-0.2928	-0.3969	-0.1888	$P < 0.00001$
Wood-modern	0.1041	0.0236	0.1846	0.0075877
Wood- metal sheet	0.3969	0.2903	0.5035	$P < 0.00001$

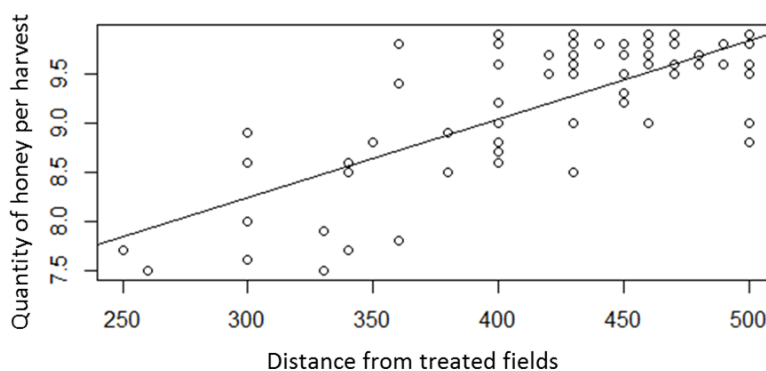


Figure 4. Relationships between quantity of honey and distance from beehives to treated fields / Relation entre la quantité de miel et la distance entre ruches et champs traités avec des pesticides chimiques

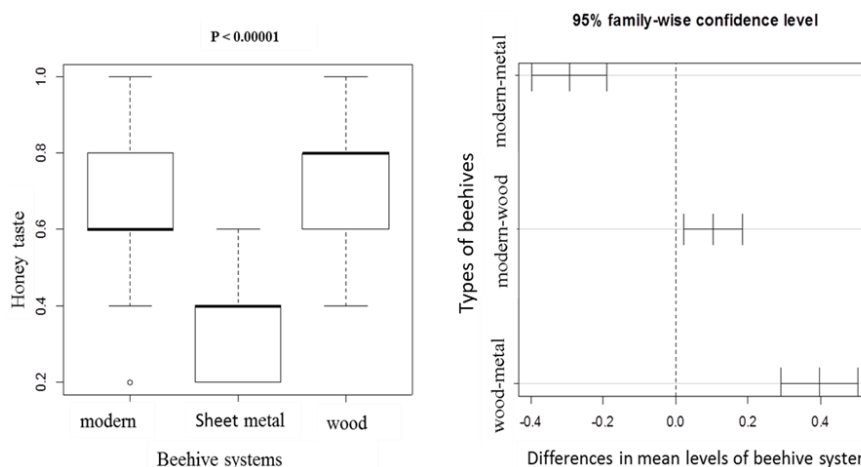


Figure 5. Relationship between beehive types and honey taste / Relation entre les types de ruche et le goût du miel

4. Discussion

The present study reveals that beekeeping is an activity mainly practiced by men (97%) and by individuals with limited formal education. These findings are consistent with Paraíso et al. (2012), who observed that honey production in the study area was predominantly carried out by male beekeepers with a low level of education. The average age of the surveyed beekeepers was 37.58 ± 1.48 years and beekeepers with years of experience ranging from 1 to 5 are the most numerous, indicating a higher involvement of young people in beekeeping. The interest of young individuals in beekeeping is an important asset for the modernization and intensification of honey production. By attracting and engaging the younger generation, beekeeping can experience a rejuvenation, bringing fresh perspectives, innovative ideas, and a renewed energy to the field. This can contribute to the sustainability and growth of beekeeping practices, ensuring their continuity for future generations.

Farmers in Northern Benin heavily rely on chemical pesticides for the cultivation of their crops. Agrochemicals were extensively applied from June to October, coinciding with the period when bees are collecting nectar for honey production. This timing of pesticide use may lead to high mortality rates in the bee community as observed in other studies that have shown the negative effects of neonicotinoids on bee health (Johansen et al., 1983; Cresswell 2011; Doublet et al., 2015). Furthermore, honey harvesting occurs after the pesticide application, potentially resulting in the presence of pesticide residues in the honey. Studies in Uganda have reported significant contamination of honey with insecticides, including neonicotinoids, organophosphates, carbamates, triazines, and diacylhydrazines in contaminated samples (Amulen et al., 2017).

The perception of beekeepers regarding the effects of pesticides on bees reflects their understanding of how different categories of chemicals impact bees. Herbicides were seen to have indirect effects, primarily through trophic interactions, as they reduce species diversity by destroying weeds that serve as food sources for other animals. The use of pesticides in market gardening and other crops has been reported to negatively impact the honeybee species *Apis mellifera adansonii* (Zoclanclounon et al., 2017). Farmers also reported that insecticides increased bee mortality, contributing to the depopulation of beehives and subsequent loss of honey harvest (Panseri et al., 2014). The presence of fungicides in bees, pollen, and honey has been observed in other studies as well (David et al., 2016). Bees can become contaminated by insecticides containing active ingredients such as cypermethrin, deltamethrin, and emamectin, which can have both lethal and sublethal effects on forager worker honeybees (Abdu-Allah and Pittendrig 2018).

In response to the risks posed by agricultural pesticides, some beekeepers have adopted alternative practices. These include placing beehives away from treated fields and establishing buffer zones, especially for bee breeding. These methods can reduce the negative impacts on bees. However, land availability remains a major challenge due to agricultural expansion. Another adaptation method is the use of biopesticides, which involve the application of plant extracts to control crop pests. These plant extracts can be combined with biological control methods in Integrated Pest Management (IPM) programs, which can benefit pollinators (Gomes et al., 2011). The development of agroforestry systems incorporating melliferous plant species in association with cultivated plants could also provide a better solution for ecologically and sustainably producing honey (Lee-Mäder et al., 2020). The study area is characterized by a diversity of agroforestry honey plants (Dassou et al., 2019), which could be utilized in designing agroforestry systems integrated with crop cultivation.

The study also highlights the beekeepers' perception of a decline in the populations of the two honeybee breeds in Benin. Approximately 49% of farmers reported a decrease in the population of the larger breed (yellow breed), while 40% observed a decline in the smaller breed (black breed). This possible decrease is not only due to the use of pesticides but also the agricultural pressure responsible for the bee biotope destruction. Other factors including pests like Varroa which is known as most important pest of honeybees decline both honeybee and honey production (Vanhove et al., 2020). The declines observed in the populations of the two honeybee breeds in Benin have important implications, particularly for pollination services and biodiversity. Honeybees play a vital role in pollinating crops (Fikadu, 2019) and maintaining ecosystem balance (Breeze et al., 2011). The decrease in honeybee populations can disrupt pollination dynamics, affecting agricultural productivity and biodiversity conservation (Maderson, 2023). Understanding the broader ecological impacts of these declines is crucial for implementing effective conservation strategies.

The distance between beehives and cultivated fields was found to have a significant influence, with beehives located farther from treated fields producing a higher quantity of honey. Bees located far from treated fields are less exposed to agrochemicals, allowing them to thrive and increase their populations. These bees have access to a variety of honey plants without contamination. However, factors such as the lack of hive maintenance and abandonment of beehives installed far from fields for the benefit of agriculture can also affect honey production. The quality of the hives could also contribute to the taste of honey (Dassou et al., 2019). In this study the type of beehive used was not found to significantly impact honey quantity, but it did have a significant effect on honey taste. Beehives made of

therapeutic plant woods were associated with honey of highly appreciable taste, while the taste differences between honey produced in modern beehives and those made of metal sheets were minor.

5. Conclusion

Beekeeping is predominantly carried out in the north of Benin by cotton farmers who extensively use chemical pesticides for their crop cultivation. Herbicides and insecticides, coming largely from informal supply networks, are the most used pesticides. The timing of pesticide application during the period when bees are collecting nectar poses a risk to the bee population, potentially leading to a decline in the two honeybee breeds found in northern Benin. However, a minority of beekeepers have adopted adaptation measures to mitigate the risk of bee population decline. Yet, the harmful effects of biopesticide contamination on bees should be minimized as well.

This study highlights the challenges faced by beekeeping in Benin due to the use of chemical pesticides and the resulting decline in honeybee populations. To promote sustainable beekeeping and honey production, it is essential to engage young beekeepers, foster innovation in beekeeping practices, and raise awareness about the importance of protecting honeybees and their habitats. Implementing alternative pest management strategies, such as agroforestry systems and integrated pest management, can minimize the negative impacts of agrochemicals on bees and support the ecological and sustainable production of honey.

ACKNOWLEDGEMENT

We thank the beekeepers of northern Benin for their active collaboration in this study. This work was funded by Ecological Organic Agriculture (EOA-Phase 1).

AUTHORS CONTRIBUTIONS

Rôles	Names
Study design	AGD, CA, SV, SDV, VK, DB, ST and LA
Data collection	CA, BD, and AAE
Data analysis	AGD, CA, SV, SDV, VK, DB, ST and LA
Funding acquisition	SDV
Methodology	AGD, CA, SV, SDV, VK, DB, ST and LA
Project management	ST and SDV
Supervision	SDV
Writing – original draft	AGD, CA, SV, SDV, VK, DB, ST and LA
Writing – review & editing	AGD, CA, SV, AAE, BD, DB, ST, VK, SDV and LA

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no competing interests.

ETHICS APPROVAL AND CONSENT TO PARTICIPATE

No ethical approval was needed for this study. Prior to data collection, participants gave oral consent to participate in the study.

AVAILABILITY OF DATA AND MATERIALS

Data generated during this study are available from the corresponding author.

REFERENCES

- Abdu-Allah, G. A., Pittendrigh, B. R. 2018. Lethal and sub-lethal effects of select macrocyclic lactones insecticides on forager worker honey bees under laboratory experimental conditions. *Ecotoxicology* 1:81-88.
- Adomou, A. C., Agban, O. P., Sinsin, B. 2011. Plantes. Protection de la nature en Afrique de l'Ouest: Une liste rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin, 21-46.
- Aktar, W., Sengupta, D., Chowdhury, A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *International journal of Toxicology* 1:1-12.
- Amulen, D. R., Spanoghe, P., Houbraken, M., Tamale, A., de Graaf, D. C., Cross, P., Smagghe, G. 2017. Environmental contaminants of honeybee products in Uganda detected using LC-MS/MS and GC-ECD. *PloSone* 12(6), e0178546.
- Bakker, L., van der Werf, W., & Bianchi, F. J. 2022. Sweep netting samples, but not sticky trap samples, indicate beneficial arthropod abundance is negatively associated with landscape wide insecticide use. *Journal of Applied Ecology*, 59(4), 942-952.
- Berenbaum, M. R., & Johnson, R. M. 2015. Xenobiotic detoxification pathways in honey bees. *Current Opinion in Insect Science* 10: 51-58.
- Bogdanov, S. 2006. Contaminants of bee products. *Apidologie* 37(1): 1-18.
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G., & Potts, S. G. 2011. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(3-4), 137-143.
- Brettell, L. E., & Martin, S. J. 2017. Oldest Varroa tolerant honey bee population provides insight into the origins of the global decline of honey bees. *Scientific Reports* 7: 45-53.

- Claudianos, C., Ranson, H., Johnson, R. M., Biswas, S., Schuler, M. A., Berenbaum, M. R., Oakeshott, J. G. 2006. A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. *Insect Molecular Biology* 15(5): 615-636.
- Colborn, T., Vom Saal, F. S., Soto, A. M. 1993. Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives* 5: 378-384.
- Cresswell, J. E. 2011. A meta-analysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (Imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology* 1: 149-157.
- Cresswell, J. E. 2016. The impacts of agrochemical pesticides on bees in intensively cultivated farmland. In *Pollination Services to Agriculture: Sustaining and Enhancing a Key Ecosystem Service*. Routledge. pp. 173-197.
- Darko, G., Addai Tabi, J., Adjaloo, M. K., Borquaye, L. S. 2017. Pesticide residues in honey from the major honey producing forest belts in Ghana. *Journal of Environmental and Public Health* 1-6. <https://doi.org/10.1155/2017/7957431>
- Dassou, A. G., Ogouchoro, D., Vodouhe, F. G., Dassou, H. G., Dansi, A., Tixier, P. 2019. Ethnoapicultural investigation to improve conservation status of threatened melliferous agroforestry species with high medicinal and food values in Benin. *Agroforestry Systems* 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00423-2>
- David, A., Botías, C., Abdul-Sada, A., Nicholls, E., Rotheray, E. L., Hill, E. M., Goulson, D. 2016. Widespread contamination of wildflower and bee-collected pollen with complex mixtures of neonicotinoids and fungicides commonly applied to crops. *Environmental International* 88: 169-178.
- Doublet, V., Labarussias, M., de Miranda, J. R., Moritz, R. F., Paxton, R. J. 2015. Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honey bee mortality across the life cycle. *Environmental Microbiology* 4: 969-983.
- Fairbrother A., Purdy, J., Anderson, T., Fell, R. 2014. Risks of neonicotinoid insecticides to honeybees. *Environmental Toxicology and Chemistry* 33(4): 719-731.
- Fikadu, Z. 2019. The contribution of managed honey bees to crop pollination, food security, and economic stability: Case of Ethiopia. *The Open Agriculture Journal*, 13(1): 175-181.
- Genersch, E., Von Der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Büchler, R., Meixner, M. 2010. The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41(3): 332-352.
- Genersch, E. 2010. Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Applied Microbiology and Biotechnology* 1: 87-97.
- Gentilcore, R. L. 1960. Ontario, California and the Agricultural Boom of the 1880s. *Agricultural History* 34(2): 77-87.
- Girard, C., Picard-Nizou, A. L., Grallien, E., Zaccomer, B., Jouanin, L., Pham-Delegue, M. H. 1998. Effects of proteinase inhibitor ingestion on survival, learning abilities and digestive proteinases of the honeybee. *Transgenic Research* 4: 239-246.
- Gomes, T., Feás, X., Iglesias, A., Estevinho, L. M. 2011. Study of organic honey from the northeast of Portugal. *Molecules* 7: 5374-5386.
- Hacura, A., Jadamus-Hacura, M., Kocot, A. 2001. Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 20: 551-553
- Hapke, S. D. 2008. Integrated Management of Varroa Destructor Anderson & Trueman (Acari: Varroidae) in Honey Bees, *Apis Mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), in Western Washington State, USA (Doctoral dissertation, Washington State University).
- Hounkpe, N., Mensah, G. A., Koutinhoun, B., Pomalegni, S., Goergen, G. 2007. Typisation des abeilles mellifères dans le Nord Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 58: 56-59.
- Iloba, B. N., Ekrakene, T. 2008. Soil micro arthropods recovery rates from 0–5 cm depth within 5 months period following endosulfan (organochlorine pesticide) treatment in designated plots in Benin City, Nigeria. *Academy Journal of Entomology* 1:36-44.
- Isenring, R. 2010. Pesticides and the loss of biodiversity. Pesticide Action Network Europe, London, 26.
- James, R. R., & Xu, J. 2012. Mechanisms by which pesticides affect insect immunity. *Journal of invertebrate pathology* 109(2): 175-182.
- Johansen, C. A., Mayer, D. F., Eves, J. D., Kioussis, C. W. 1983. Pesticides and bees. *Environmental Entomology* 5: 1513-1518.
- Lee-Mäder, E., Vaughan, M., & Goldenetz-Dollar, J. 2020. Agroforestry and cover cropping for pollinators. In Gemmill-Herren, B., Azzu, N., Bicksler, A., and A. Guidotti (eds.). *Towards Sustainable Crop Pollination Services: Measures at Field, Farm and Landscape Scales* (pp. 105-126). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca8965en>
- Lernoud, J., Willer, H., & Schlatter, B. 2019. Africa: current statistics. *The World of organic agriculture*, 179.
- Maderson, S. 2023. Co-producing agricultural policy with beekeepers: Obstacles and opportunities. *Land Use Policy*, 128: 106603.
- Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., Pettis, J. S. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS One* 3: e9754.
- Osborne, J. L., Williams, I. H., Corbet, S. A. 1991. Bees, pollination and habitat change in the European community. *Bee World* 3: 99-116.

- Panseri, S., Catalano, A., Giorgi, A., Arioli, F., Procopio, A., Britti, D., Chiesa, L. M. 2014. Occurrence of pesticide residues in Italian honey from different areas in relation to its potential contamination sources. *Food Control* 38: 150-156.
- Paraiso, A., Olodo, G. P., Tokoudagba, S., Auteu, R., Yegbemey, R. N., Sanni, A. 2012. Déterminants et contraintes de la production du miel dans le Nord-Ouest du Bénin: Cas des communes de Natitingou et de Tanguéta. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* 1: 69-82.
- Pazou, E. Y. A., Boko, M., Van Gestel, C. A., Ahissou, H., Lalèyè, P., Akpona, S., van Straalen, N. M. 2006. Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in the Ouémé River catchment in the Republic of Bénin. *Environmental International* 5: 616-623.
- Platon, V., Constantinescu, A. 2014. Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. *Procedia Economics and Finance* 15: 393-400.
- Resende, G. C., Alvarenga, E. S., de Araújo, T. A., Campos, J. N., Pincanço, M. C. 2016. Toxicity to *Diaphania hyalinata*, selectivity to non-target species and phytotoxicity of furanones and phthalide analogues. *Pest Management Science* 72(9): 1772-1777.
- Robbins, P., Sharp, J. 2003. The lawn-chemical economy and its discontents. *Antipode* 5: 955-979.
- Sutherland, W. J., Butchart, S. H., Connor, B., Culshaw, C., Dicks, L. V., Dinsdale, J., Jiang, Z. 2018. A 2018 horizon scan of emerging issues for global conservation and biological diversity. *Trends in Ecology & Evolution* 33(1): 47-58.
- Thompson, H. M. 2003. Behavioural effects of pesticides in bees—their potential for use in risk assessment. *Ecotoxicology* 1-4: 317-330.
- Togbé, C. E., Haagsma, R., Aoudji, A. K., Vodouhè, S. D. 2015. Effect of participatory research on farmers' knowledge and practice of IPM: the case of cotton in Benin. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 21(5): 421-440.
- Tubbs, C. W., & McDonough, C. E. 2018. Reproductive impacts of endocrine-disrupting chemicals on wildlife species: implications for conservation of endangered species. *Annual Review of Animal Biosciences* 6: 287-304.
- Tucak, Z., Periškić, M., Bešlo, D., Tucak, I. 2004. Influence of the beehive type on the quality of honey. *Collegium Antropologicum* 28(1): 463-467.
- Vanhove, W., Yao, R. K., N'Zi, J. C., Toussaint, L. A. N. G., Kaminski, A., Smaghe, G., Van Damme, P. 2020. Impact of insecticide and pollinator-enhancing substrate applications on cocoa (*Theobroma cacao*) cherelle and pod production in Côte d'Ivoire. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 293: 106855.
- Wilfert, L., Long, G., Leggett, H. C., Schmid-Hempel, P., Butlin, R., Martin, S. J. M., Boots, M. 2016. Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by Varroa mites. *Sciences* 6273: 594-597.
- Zoclanclounon, D. G., Paraiso, G., Paraiso, A., Akogbeto, F., Quenum, G. 2017. Sensitivity of Bee *Apis mellifera* adansonii to a Fungicide Commonly Used in Benin. *International Journal of Environmental Science and Technology* 3: 1-9.

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

SNA

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Gestion durable des peuplements naturels de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. pour la production de bois énergie au Bénin

Théophile Abaro SINADOUWIROU^{1*} , Eméline S. Pélagie ASSEDE^{1,2} , Hidirou OROU¹ ,
Samadori Sorotori Honoré BIAOU^{1,2} 

* Auteur Correspondant

¹ Unité de Recherche en Biologie Forestière et Modélisation Ecologique, Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale, Université de Parakou, Bénin

² Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

Emails : tsinad@yahoo.com ; assedeemeline@gmail.com ; orouhidirou1996@gmail.com ; hbiaou@gmail.com

Reçu le 20 Août 2022 - Accepté le 7 Mars 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : Les ressources forestières en bois énergie sont fortement exploitées en Afrique, entraînant la dégradation des peuplements d'espèces comme *Detarium microcarpum*. La présente étude, réalisée dans trois phytodistricts au nord du Bénin, vise à contribuer à l'élaboration de techniques durables d'exploitation de bois de feu dans les peuplements naturels de *D. microcarpum*. Différentes modalités de hauteur (à ras du sol, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm et 50 cm du sol) et de diamètre ([4-10[, [10-15[et [15-20] cm) de coupe ont été testées sur *D. microcarpum*. Les données ont été collectées sur 240 souches coupées de manière aléatoire dans huit sites. Les mesures ont concerné le nombre de rejets par souche, la hauteur et le diamètre au collet des rejets. Les résultats issus des données collectées et les analyses de Kruskal-Wallis sur les variables « nombre de rejets », « croissance en diamètre » et « croissance en hauteur » révèlent une influence des modalités de coupe sur le développement des rejets. Cette influence est significativement plus importante sur les souches de grande taille. En effet, le nombre de rejets, la croissance en hauteur et la croissance en diamètre des rejets sont plus élevés lorsque la souche est coupée à une hauteur de 50 cm du sol avec un diamètre compris entre 15 et 20 cm. La coupe à 50 cm du sol avec un diamètre des souches compris entre 15 et 20 cm est par conséquent la meilleure option pour une gestion durable des peuplements naturels de *D. microcarpum* pour la fourniture de bois-énergie. Des études complémentaires pourraient se concentrer sur d'autres aspects de la régénération et de la croissance des rejets, ainsi que sur l'efficacité des pratiques de gestion recommandées, afin de fournir des informations supplémentaires pour une exploitation et une conservation plus efficaces de *D. microcarpum*.

Mots clés : *Detarium microcarpum*, régénération, gestion durable, méthode d'exploitation, Bénin.

Sustainable management of natural stands of *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. for wood energy production in Benin

Abstract: Forest wood energy resources are heavily exploited in Africa, leading to the degradation of stands of species such as *Detarium microcarpum*. This study, conducted in three phytodistricts in northern Benin, aims to contribute to the development of sustainable techniques for the exploitation of firewood in natural populations of *D. microcarpum*. Different cutting methods based on height (at ground level, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm and 50 cm) and diameter ([4-10[, [10-15[and [15-20])

cm) of cut have been tested on *D. microcarpum*. Data were collected from 240 randomly selected cut stumps across eight sites. The data collection included the number of stump sprouts, height and crown diameter of the sprouts. The results from the collected data and the Kruskal-Wallis analyses on the variables “number of shoots” and “diameter growth” and “height growth” reveal an influence of the cutting methods used on the development of shoots. This influence is significantly greater for large stumps. Indeed, the number of shoots, the height growth and the diameter growth of the shoots are higher when the stump is cut at a height of 50 cm from the ground, with a diameter between 15 and 20 cm. Thus, the cutting of stumps at 50 cm from the ground with a diameter between 15 and 20 cm represents the best option for the sustainable management of *D. microcarpum* natural stands for wood energy supply. Further studies could focus on other aspects of sucker regeneration and growth, as well as the effectiveness of the recommended management practices, to provide additional insights for more efficient exploitation and conservation of *D. microcarpum*.

Keywords: *Detarium microcarpum*, regeneration, sustainable management, exploitation method, Benin.

1. Introduction

Les ressources forestières dans la majorité des pays africains subissent une dégradation croissante du fait des activités humaines (Amani et Touré, 2015; Hlovor et al., 2021). L'une des principales causes de cette dégradation croissante est l'exploitation du bois comme source d'énergie (Avakoudjo et al., 2014; Houessou et al., 2013). La croissance démographique et l'augmentation des besoins en bois-énergie des populations entraînent des coupes démesurées des espèces d'arbres forestiers (FAO, 2012). Ceci entraîne la diminution, voire l'extinction de certaines espèces (MEPN-PNUD, 2009) surtout celles à usages multiples dans les espaces forestiers. Les besoins en énergie domestique dans la majorité des pays d'Afrique sont à 80% ou plus couverts par le bois énergie en provenance des formations forestières (FAO, 2012). Au Bénin, la consommation de l'énergie pour la cuisson dans les ménages est dominée par l'utilisation du bois énergie, qui représentait environ 46,2% du bilan énergétique du pays en 2017 (PNUD-Bénin, 2022).

Les espèces d'arbres les plus exploitées comme bois-énergie au Bénin sont : *Isoberlinia doka*, *Isoberlinia tomentosa*, *Terminalia avicennioides*, *Vitellaria paradoxa*, *Crossopteryx febrifuga*, *Detarium microcarpum*, *Burkea africana*, *Pteleopsis suberosa*, *Terminalia leiocarpa*, *Lophira lanceolata*, *Prosopis africana*, *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Yaoitcha et al., 2016 ; Agbo et al., 2017; Yacoubou Issifou et al., 2020) . La crise du bois-énergie dans les différentes localités du Bénin a conduit à l'utilisation de toutes sortes de combustibles, même les branchages du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) par les populations locales (Agbahungba et al., 2001). Il est donc nécessaire de mettre en place des politiques de développement et de gestion des peuplements forestiers d'espèces autochtones pour répondre aux besoins urgents en bois-énergie.

Detarium microcarpum, communément appelé « petit détar », est une espèce présente dans les régions

semi-arides des zones agroécologiques sahéliennes et soudaniennes de l'Afrique subsaharienne (Kouyaté et Lamien, 2011). Elle est largement utilisée comme bois énergie au Bénin (Agbo et al., 2017) et dans toute sa zone de distribution. Cette espèce est utilisée comme bois de chauffage et est préférée par les femmes pour la cuisson de la bière et du beurre de karité (Dao et Lamien, 2020). Kaboré (2005) a souligné le fort potentiel énergétique de *Detarium microcarpum* (19684 kJ / kg). Elle est largement exploitée par les populations locales comme bois de feu et pour la production de charbon de bois (Kaboré, 2005). On la trouve dans les savanes boisées, les savanes arbustives et les zones forestières sèches semi-défrichées, principalement sur les flancs de collines (Assédé et al., 2015). L'espèce est présente naturellement dans toute l'Afrique subsaharienne aride et soudanienne, notamment au Bénin, au Burkina Faso, au Cameroun, en Côte d'Ivoire, en Gambie, au Ghana, en Guinée, en Guinée-Bissau, au Mali, au Niger, au Nigeria, la République centrafricaine, au Sénégal, au Soudan et au Tchad (Kouyaté et Lamien, 2011; Oibiokpa et al., 2014). Elle est l'une des espèces d'arbres les plus abondantes en jachère parce que parfois épargnée sur les terres agricoles pour le bois de chauffage et l'amélioration de la fertilité des sols (Oibiokpa et al., 2014) à cause de sa capacité à fixer l'azote comme toutes les légumineuses. De nombreux usages médicinaux ont aussi été signalés pour *D. microcarpum* (Agbo et al., 2017). La pulpe du fruit, riche en minéraux et en vitamine essentielle telle que les vitamines C, E, B2 et l'acide folique, est utilisée comme complément alimentaire (Oibiokpa et al., 2014), soulignant ainsi la contribution de cette espèce à la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Compte tenu des multiples biens et services que *D. microcarpum* procure aux populations locales, les peuplements naturels de l'espèce sont soumis à une forte pression anthropique (Kaboré, 2005). De plus, la forte fréquence d'utilisation du bois (83,20%) a conduit à la vulnérabilité de cette espèce (Agbo et al., 2017), principalement en raison des

techniques de récolte inadéquates qui ne garantissent pas une exploitation rationnelle et durable des peuplements.

Au regard de l'importance de l'espèce pour les populations locales et compte tenu du constat de sa dégradation, il est nécessaire de développer des méthodes et des stratégies de gestion durable pour les peuplements naturels de cette espèce. Plusieurs stratégies de gestion durable de peuplements naturels pour la fourniture de bois énergie existent. Par exemple, Assédé *et al.* (2021) ont montré que le dépressage à 60%, suivi d'élagage de forme permet d'obtenir la meilleure productivité en biomasse sèche dans les savanes soudanaises. En Côte d'Ivoire, N'Guessan *et al.* (2016) se sont intéressés à la production de légumineuses arborescentes en zones sèches afin de trouver des solutions à la pénurie du bois-énergie et de service. Ces stratégies sont globales et il est nécessaire de développer des méthodes de régénération optimales spécifiques à chaque espèce dans son milieu pour assurer une fourniture durable de bois. Plusieurs autres études se sont intéressées à la reproduction et la conservation du *D. microcarpum* (Lamy, 2021; Baatuuwiew *et al.*, 2019; Bationo *et al.*, 2001; Ouedraogo, 1997; Ricez, 2008). Par exemple, Baatuuwiew *et al.* (2019) ont constaté que le prétraitement à l'eau des graines de *Detarium microcarpum* donnait le taux de germination le plus élevé au Ghana (73,06%), tandis que le prétraitement à l'acide sulfurique donnait le taux de germination le plus faible. Au Bénin, le taux de germination le plus élevé a été obtenu avec des amandes nues provenant de la zone soudanaise (Sinadourou *et al.*, 2022). En Côte-d'Ivoire, la coupe de tiges de faible diamètre ([10–15 cm]), effectuée à une hauteur élevée (40 cm ou 50 cm) favorise davantage la formation de rejets au-dessus du sol, alors que la coupe de tiges de fort diamètre ([15–20 cm]) au ras du sol (coupe rase ou à 10 cm du sol) favorise la formation d'un nombre maximal de drageons et de rejets issus du collet (Batiano *et al.*, 2001). Lamy *et al.* (2021) ont révélé, au nord du Cameroun, que la conservation in situ de la population de *D. microcarpum* n'était pas suffisante pour assurer la pérennité de cette espèce dans leur zone d'étude après évaluation des indicateurs de conservation tels que l'habitat, la structure de la population et les caractéristiques dendrométriques. Ils ont ainsi conclu que pour une conservation durable, des techniques de domestication ex situ et spécifiques aux plantes devraient être mises en œuvre pour maintenir la persistance des espèces dans la région étudiée.

Cette étude vise donc à élaborer une technique durable d'exploitation du bois de *D. microcarpum* en peuplement naturel pour répondre de manière durable à la demande en bois énergie de la population par l'amélioration du potentiel de régénération in situ grâce à des techniques de coupe appropriées.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée au Bénin dans trois districts phytogéographiques (Borgou Sud, Borgou Nord et Atacora), répartis dans deux zones agroécologiques (soudanaise et soudano-guinéenne), à cause de leurs abondances en *Detarium microcarpum* (Figure 1).

Huit sites d'étude ont été sélectionnés dans les trois districts phytogéographiques : le périmètre de reboisement de Parakou, la forêt classée de N'Dali et le site de Saoré pour le district phytogéographique Borgou Sud ; la forêt de Kota dans la commune de Natitingou et le site de Yarekou dans la commune de Toukoutouna pour le district phytogéographique Atacora, et la zone cynégétique de la Djona du Parc W, la forêt classée de la Sota et le site de Ouèrè pour le district phytogéographique Borgou Nord (Figure 2).

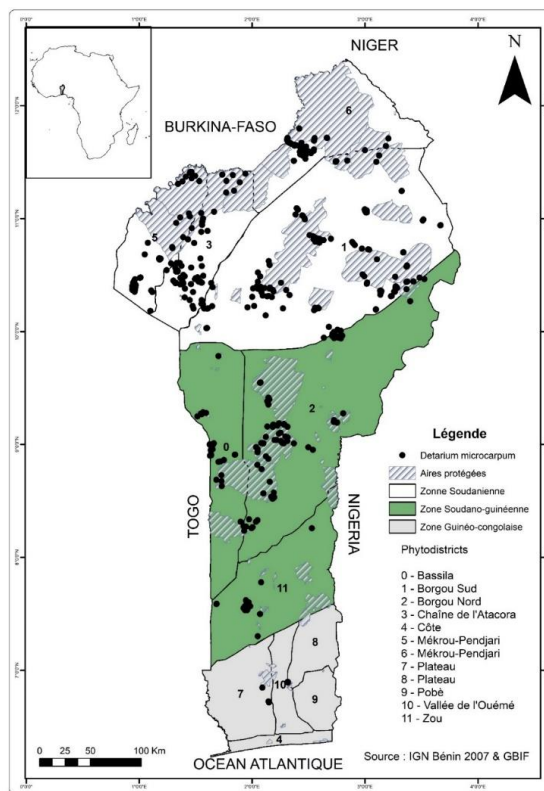


Figure 1: Points d'occurrences de *Detarium microcarpum* dans les districts phytogéographiques du Bénin (Adomou, 2005 ; GBIF, 2022) / Occurrence points of *Detarium microcarpum* in the phytogeographical districts of Benin (Adomou, 2005; GBIF, 2022)

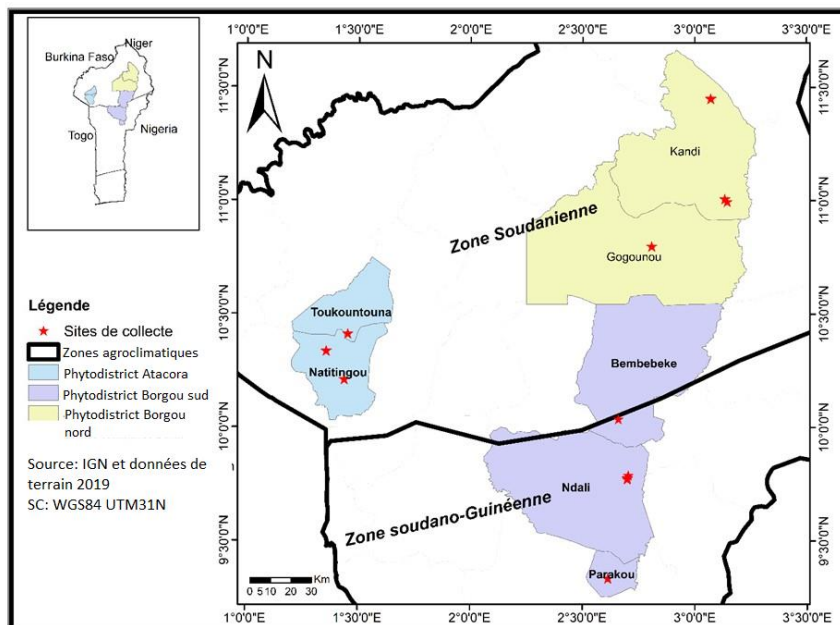


Figure 2: Sites de collecte des données et zones phytogéographiques correspondantes / Data collection sites and corresponding phytogeographic zones

2.2. Méthodes de collectes des données

La collecte des données a été réalisée en choisissant aléatoirement les individus de *D. microcarpum* rencontrés au sein des peuplements de chaque site d'étude. Les sites ont été sélectionnés après une prospection pour vérifier la présence de peuplements de *D. microcarpum*. Les coupes expérimentales ont été effectuées avec les outils traditionnels (machettes et haches) en juillet 2019, correspondant à la période habituelle d'exploitation. Avant lesdites coupes, la mesure des diamètres et hauteurs de coupe des individus choisis a été faite à l'aide d'un pied à coulisse et d'un mètre tailleur respectivement (figure 3).

La coupe expérimentale a été appliquée selon six modalités de hauteurs de coupe (Bationo et al., 2001) en se basant sur les hauteurs de coupes empiriques observées sur le terrain lors de la prospection : coupe à ras du sol, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm et 50 cm. Étant donné que le choix des individus coupés par les populations locales est généralement aléatoire, les diamètres de coupe ont été regroupés en trois classes de diamètre (cm) : [4-10], [10-15] et [15-20]. Ces classes de diamètre ont été obtenues en mesurant la circonférence de l'arbre au niveau de la hauteur de coupe et en appliquant la formule $d = c / \pi$. Chaque site comportait trente (30) individus à raison de cinq (05) individus par hauteur de coupe pour un total de 240 individus qui ont été coupés dans les 8 sites (Tableau 1).

Les données ont été collectées tous les trois mois sur une durée de deux ans, à partir d'octobre 2019 (trois

mois après les coupes expérimentales), et comprenaient le nombre de rejets par souche, la hauteur des rejets et le diamètre au collet des rejets (figure 3).

2.3. Analyse des données

Pour évaluer l'effet du diamètre et de la hauteur de coupe sur la régénération et la croissance en hauteur et en diamètre des rejets de *Detarium microcarpum*, les données obtenues ont été soumises à l'analyse non paramétrique de Kruskal-Wallis suivie d'un test de comparaison par paires, avec un seuil de signification de 5%, à l'aide du package *car* du logiciel R version 4.0.3. Cette analyse a été choisie en raison de la distribution non normale des données, vérifiée à l'aide du test de Shapiro-Wilk ($p < 2.2e-16$). Ensuite, un test de corrélation de Spearman entre la croissance en hauteur et la croissance en diamètre a été effectué.

3. Résultats

3.1. Effet du diamètre de coupe et de la hauteur de coupe sur le nombre de rejets de souche de *Detarium microcarpum*

Le diamètre de coupe des individus a un effet significatif sur le nombre de rejets de souches de *Detarium microcarpum* après la coupe ($\chi^2 = 10,098$; $df = 2$; p -value = $6,4 \times 10^{-3}$).

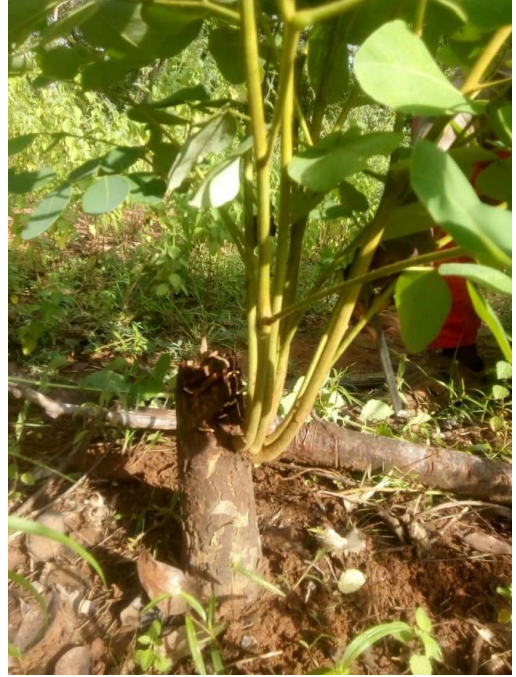
Tableau 1: Distribution des hauteurs de coupe et des classes de diamètre des individus sélectionnés par site d'étude / Cut height and diameter class distribution of selected individuals by study site

Zone agroécologique	District phytogéographique	Sites	Hauteur de coupe (cm)	Diamètre de coupe (cm)			Total
				[4-10[[10-15[[15-20]	
Zone soudanienne	Borgou nord	DJONA	0	4	2	0	6
			10	3	1	0	4
			20	3	1	0	4
			30	5	1	0	6
			40	4	2	0	6
			50	2	2	0	4
	Total	21	9	0	30		
	Borgou nord	SOTA	0	3	2	1	6
			10	3	1	0	4
			20	2	2	0	4
			30	4	2	0	6
			40	3	2	0	5
			50	2	3	0	5
	Total	17	12	1	30		
	OUERE	0	5	0	0	5	
		10	5	0	0	5	
		20	5	0	0	5	
		30	5	0	0	5	
		40	5	0	0	5	
		50	4	0	1	5	
	Total	29	0	1	30		
Atacora	KOTA	0	3	3	0	6	
		10	1	3	1	5	
		20	1	2	1	4	
		30	1	1	2	4	
		40	2	2	1	5	
		50	0	4	2	6	
Total	8	15	7	30			
YAREROU	0	4	1	0	5		
	10	3	2	0	5		
	20	5	0	0	5		
	30	3	1	0	4		
	40	3	0	0	3		
	50	8	0	0	8		
Total	26	4	0	30			
Zone soudano-guinéenne	Borgou sud	SOARE-KININROU	0	4	1	0	5
			10	4	1	1	6
			20	3	2	0	5
			30	4	0	0	4
			40	5	0	0	5
			50	3	2	0	5
	Total	23	6	1	30		
	Borgou sud	TAMAROU	0	5	0	0	5
			10	5	0	0	5
			20	4	1	0	5
			30	5	0	0	5
40			5	0	0	5	
50			2	3	0	5	
Total	26	4	0	30			
PARAKOU	0	4	1	1	6		
	10	6	1	0	7		
	20	3	1	0	4		
	30	5	0	0	5		
	40	3	1	0	4		
	50	4	0	0	4		
Total	25	4	1	30			

A



B



C



D



Figure 3 : Tige de *D. microcarpum* coupée (A) ; rejets de souche de *D. microcarpum* (B) mesure de diamètre des rejets de souche (C et D) / Cut stem of *D. microcarpum* (A); Stump suckers of *D. microcarpum* (B) diameter measurement of stump suckers (C and D)

Les coupes expérimentales effectuées sur des individus de faible diamètre ([4-10]) donnent moins de rejets (2 rejets en moyenne) comparativement à la coupe effectuée sur les individus de grand diamètre ([15-20]) qui produisent 3 rejets en moyenne (Figure 4).

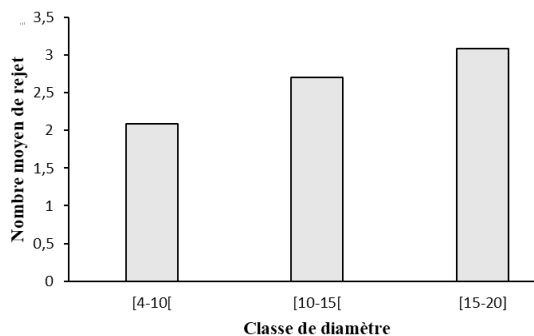


Figure 4 : Nombre moyen de rejets de souche par classe de diamètre de coupe (cm) / Average number of stump shoots by cutting diameter class (cm)

La hauteur de coupe a également un effet significatif sur le nombre de rejets de souche ($\chi^2=19,479$; $df=5$; $p\text{-value}=1,6 \times 10^{-3}$). Les coupes expérimentales sur des souches de grande hauteur donnent en général un nombre plus élevé de rejets ($3,19 \pm 3,82$), tandis que les tiges coupées à ras du sol donnent moins de rejets ($1,63 \pm 2,14$) (Tableau 2).

Tableau 2: Nombre moyen de rejets de souche par hauteur de coupe / Average number of stump suckers by cutting height

Hauteur de coupe (cm)	Nombre de rejets
	(Moyenne \pm écart type)
0.	1,63 \pm 2,14
10.	2,46 \pm 3,35
20.	1,79 \pm 2,13
30.	2,05 \pm 2,72
40.	2,46 \pm 2,45
50.	3,19 \pm 3,82

3.2. Effet du diamètre de coupe et de la hauteur de coupe sur la croissance en hauteur de *Detarium microcarpum*

Le diamètre de coupe n'influence pas significativement la croissance en hauteur des rejets de souche ($\chi^2=3,2688$; $df=2$; $p\text{-value}=0,1951$). Cependant, la croissance en hauteur des rejets est influencée par la hauteur

de coupe des individus ($\chi^2=12,35$; $df=5$; $p\text{-value}=0,03$). Les coupes à grande hauteur (40 et 50 cm) favorisent la meilleure croissance en hauteur ($64,16 \pm 92,73$ cm) des rejets de souche comparativement aux souches coupées à ras du sol ($40,91 \pm 57,84$ cm) (Tableau 3).

Tableau 3 : Hauteur moyenne des rejets de souche par hauteur de coupe / Average height of stump suckers by cutting height

Hauteur de coupe (cm)	Hauteur des rejets
	(Moyenne en cm \pm écart type)
Coupe à ras du sol	40,91 \pm 57,84
10.	50,04 \pm 54,33
20.	52,65 \pm 62,61
30.	47,46 \pm 58,6
40.	57,98 \pm 57,46
50.	64,16 \pm 92,73

3.3. Effet du diamètre de coupe et de la hauteur de coupe sur la croissance en diamètre des rejets de souche de *Detarium microcarpum*

La hauteur de coupe des individus influence significativement la croissance en diamètre des rejets ($\chi^2=12,601$; $df=5$; $p\text{-value}=0,027$) et la croissance en diamètre des rejets est favorisée par des coupes de grande taille. En effet, une coupe effectuée à 50 cm du sol favorise une forte croissance en diamètre des rejets ($1,28 \pm 1,88$ cm), comparativement à une coupe effectuée à ras du sol ($0,80 \pm 1,26$ cm) (Tableau 4).

En revanche, le diamètre de coupe ($\chi^2=0,394$; $df=2$; $p\text{-value}=0,82$) n'a pas d'effet significatif sur la croissance en diamètre des rejets de souches de *Detarium microcarpum*.

Tableau 4 : Diamètre moyen des rejets de souche par hauteur de coupe / Average diameter of stump shoots by cutting height

Hauteur de coupe (cm)	Diamètre des rejets
	(Moyenne en cm \pm écart type)
Coupe à ras du sol	0,80 \pm 1,26
10.	0,91 \pm 1,50
20.	0,89 \pm 1,05
30.	0,88 \pm 1,18
40.	0,97 \pm 0,99
50.	1,28 \pm 1,88

3.4. Corrélation entre la croissance en hauteur et la croissance en diamètre des rejets

Il y a une forte corrélation significative et positive entre la croissance en hauteur et la croissance en diamètre des rejets ($\rho = 0,94$; $p\text{-value} < 2.2e-16$). En effet, la croissance en hauteur des rejets augmente avec la croissance en diamètre des rejets, et vice versa (Figure 5).

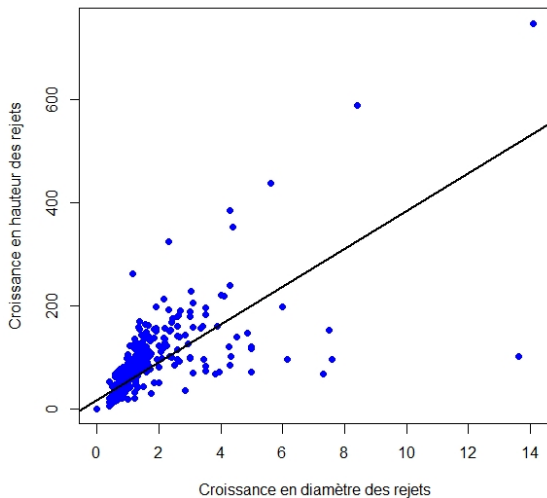


Figure 5 : Corrélation entre la croissance en hauteur et la croissance en diamètre des rejets / Correlation between height growth and diameter growth of stump suckers

4. Discussion

4.1. Effet du diamètre de coupe et de la hauteur de coupe sur le nombre de rejets de souche de *Detarium microcarpum*

L'identification des facteurs qui influencent la régénération et la croissance des rejets de souche de *Detarium microcarpum* revêt une grande importance pour la gestion durable de cette espèce. Les résultats de cette étude confirment que le diamètre de coupe et la hauteur de coupe ont un impact significatif sur le nombre de rejets de souche. Ainsi, les individus de plus grand diamètre et les coupes effectuées à une hauteur plus élevée favorisent la production d'un plus grand nombre de rejets.

Le nombre plus élevé de rejets remarquables chez les individus à gros diamètre s'expliquerait par la présence d'une réserve nutritive plus importante, capable d'alimenter plusieurs bourgeons végétatifs sur la souche. Au Bénin, des plantations de *D. microcarpum* à partir de semis ne sont pas encore courantes, et l'espèce se régénère principalement de manière naturelle par dispersion des graines dans les champs, les jachères et même les forêts. Cependant, la régénération naturelle par voie

végétative est prépondérante grâce aux rejets de souche issus des troncs coupés par l'homme et des drageons issus des racines pivotantes.

Nous avons également noté que les coupes effectuées à 50 cm de hauteur produisent plus de rejets de souche que les autres hauteurs de coupe. Ce résultat s'explique par le fait que ces souches offrent plus de protection contre de nombreuses perturbations telles que le feu (Bationo et al., 2001), les prédateurs et dents d'animaux. Ce résultat confirme celui de Bationo et al. (2001) au Burkina Faso qui ont constaté que les rejets sont nombreux lorsque la hauteur de coupe est de 50 cm. Larwanou et Saadou (2004) ont également rapporté que les rejets sont plus nombreux lorsque la hauteur de coupe est élevée. Fayé et al. (2013) ont montré que les espèces de la famille des *Combretaceae* ayant une multiplication sexuée difficile, telles que *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis*, produisaient de nombreux rejets préventifs et adventifs lorsqu'ils étaient coupés à une hauteur de 50 cm, avec une croissance en hauteur importante. Ainsi, la coupe effectuée à 50 cm de hauteur pour la production des rejets est une meilleure option pour la régénération de *D. microcarpum* sous le régime de taillis. Il est donc préférable de préserver et de protéger ces rejets, ainsi que de favoriser leur croissance optimale en éliminant quelques tiges indésirables et en laissant une seule tige capable de se développer (Tougianni et al., 2016) conformément à la technique du balivage.

4.2. Effet du diamètre de coupe et de la hauteur de coupe sur la croissance en hauteur et en diamètre des rejets de *Detarium microcarpum*

Les résultats de cette étude mettent en évidence l'importance de la hauteur de coupe dans la croissance en hauteur et en diamètre des rejets de souche de *Detarium microcarpum*. Les meilleures croissances sont obtenues sur les individus coupés entre 40 et 50 cm de hauteur. Ces croissances se justifient par le fait que les tiges sont issues d'une régénération dominée par des rejets adventifs ayant la capacité d'épuiser les réserves des souches (Bellefontaine, 2005). Cependant, les résultats de la présente étude ne distinguent pas les rejets adventifs des rejets préventifs.

La faible croissance observée dans les souches coupées à ras du sol s'explique par le développement rapide des drageons partageant la même réserve nutritive que les rejets situés au collet de la souche. Toutefois, ces résultats sont en contradiction avec ceux de Bationo et al. (2001), qui ont constaté que les meilleurs taux de croissance des rejets de *D. microcarpum* sont obtenues lorsque la hauteur de coupe des souches est réduite (ras du sol ou 10 cm du sol). Une étude réalisée par Sawadogo (2007) sur l'état de la biodiversité et la production des ligneux dans le cadre d'un aménagement forestier dans la région de Nazinon, après une vingtaine d'années de pratique de l'aménagement, a montré que les

hauteurs de coupe recommandées dans le plan d'aménagement étaient comprises entre 5-10 cm et 10-25 cm. Faye et al. (2013) recommandent une coupe expérimentale à 20 cm du sol pour une meilleure croissance des rejets de *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis*, car les rejets produits fatiguent moins les souches. Leurs résultats indiquent également une corrélation significative entre la croissance en hauteur et la croissance en diamètre des rejets de *Detarium microcarpum*.

4.3. Implications pour la gestion durable de *Detarium microcarpum*

L'ensemble des résultats obtenus suggère que la régénération et la croissance optimales des rejets de souche de *Detarium microcarpum* peuvent être favorisées en choisissant des hauteurs et des diamètres de coupe appropriés. Cela souligne l'importance de mettre en œuvre des pratiques d'exploitation qui prennent en compte les paramètres de coupe spécifiques à l'espèce et qui visent à maximiser la croissance des rejets de souche. De plus, la corrélation positive entre la croissance en hauteur et la croissance en diamètre des rejets souligne l'importance de promouvoir des stratégies de gestion qui visent à favoriser une croissance équilibrée des rejets dans le cadre de la régénération de *Detarium microcarpum*.

En dépit de ces résultats importants, il sera intéressant d'analyser dans de futurs essais l'évolution de la densité de rejets de souche sur plusieurs cycles de coupe et faisant varier les saisons (sèche et pluvieuse) de coupe, afin de déterminer si ces pratiques permettent de maintenir une régénération durable de l'espèce. Aussi, des enquêtes sur le terrain pourraient être réalisées pour évaluer l'acceptation et l'adoption des pratiques de gestion recommandées par les communautés locales et les exploitants forestiers, afin de développer des stratégies de conservation et de gestion adaptées aux réalités locales. Ces études complémentaires contribueront à améliorer les recommandations en matière d'exploitation et de conservation de cette espèce.

5. Conclusion

Cette étude fournit des informations précieuses sur l'effet du diamètre de coupe et de la hauteur de coupe sur la régénération et la croissance des rejets de souche de *Detarium microcarpum*. Les résultats confirment l'importance de ces paramètres de coupe dans le succès de la régénération de cette espèce. Les souches issues d'individus à grand diamètre (15 et 20 cm) et coupées à une hauteur importante (50 cm) émettent un nombre plus élevé de rejets de souche comparativement aux coupes effectuées à faibles diamètres et à faible hauteur. Cependant, le diamètre de coupe n'a pas d'influence significative sur la croissance en hauteur et en diamètre des rejets de souche.

Ces résultats fournissent des informations précieuses pour orienter les pratiques d'exploitation forestière et les stratégies de conservation de *Detarium microcarpum*. Ainsi, pour une utilisation durable de *D. microcarpum* au Bénin, il est recommandé de couper les tiges ayant un diamètre compris entre 15 et 20 cm à une hauteur de 50 cm. Cette combinaison permettrait d'obtenir un grand nombre de rejets et une meilleure croissance en hauteur de ces rejets.

Des études complémentaires pourraient se concentrer sur l'efficacité des pratiques de gestion recommandées et leur acceptation par les communautés locales et les exploitants forestiers, afin de fournir des informations supplémentaires pour une exploitation et une conservation plus efficaces de *Detarium microcarpum*. Il sera intéressant notamment d'évaluer la fréquence optimale de coupe, la saison optimale de coupe, et l'impact à long terme des pratiques de gestion recommandées sur la population de l'espèce.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient messieurs SOULE Fawaz et PONTIKAMOU Robert pour leur participation aux opérations de coupes et leur collaboration dans la collecte des données.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Sinadouwirou T.A., Biaou S.S.H., Assédé E.S.P.
Collecte des données	Orou H., Sinadouwirou T.A.
Analyse des données	Orou H., Assédé E.S.P.
Acquisition de financement	Sinadouwirou T.A.
Méthodologie	Sinadouwirou T.A., Biaou S.S.H., Assédé E.S.P., Orou H.
Gestion du projet	Sinadouwirou T.A.
Supervision	Assédé E.S.P., Biaou S.S.H.
Rédaction manuscrit initial	Orou H., Sinadouwirou T.A., Assédé E.S.P.
Révision et édition manuscrit	Sinadouwirou T.A., Assédé E.S.P., Orou H., Biaou S.S.H.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adomou C.A., 2005. Vegetation pattern and environmental gradients in Benin: implications for biogeography and conservation. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Agbahungba, G., Sokpon, N., Gaoué, O.G., 2001. Situation des ressources génétiques forestières du Bénin. Atelier Sous-Régional FAOIPGRIICRAF sur Conserv. Gest. Util. Durable Mise En Valeur Ressour. Génétiques For. Zone Sahél. Ouagadougou 22-24 Sept 1998.
- Agbo, I.R., Missihoun, A.A., Vihotogbe, R., Assogbadjo, E.A., Ahanhanzo, C., Agbangla, C., 2017. Impacts des usages traditionnels sur la vulnérabilité de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (Caesalpiniaceae) dans le district phytogéographique Zou au Bénin (en Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11, 730–742. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.16>.
- Amani, Y. C., & Touré, A., 2015. Implantations humaines et dégradation des forêts classées du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire: cas des Rapides Grah. *Taloha*, (21), 1-9.
- Assédé, E.S.P., Azihou, F.A., Biauou, S.S.H., Mariki, S.B., Geldenhuys, C.J., Sinsin, B., 2021. Managing woodland development stages in Sudanian dry woodlands to meet local demand in fuelwood. *Energy Sustain. Dev.* 61, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.01.006>
- Assédé, E.S.P., Azihou, F.A., Oumarou, M., Sinsin, B., 2015. Effet du relief sur la régénération des espèces ligneuses en zone soudanienne du Bénin. *Bois For. Trop.* 326, 15–24. <https://doi.org/10.19182/bft2015.326.a31280>
- Avakoudjo, J., Mama, A., Toko, I., Kindomihou, V., Sinsin, B., 2014. Dynamique de l'occupation du sol dans le parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8, 2608–2625. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.22>
- Baatuuwie, B.N., Nasare, L.I., Smaila, A., Issifu, H., Asante, W.J., 2019. Effect of seed pre-treatment and its duration on germination of *Detarium microcarpum* (Guill. and Perr.). *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 13, 317–323. <https://doi.org/10.5897/AJEST2019.2706>
- Bationo, B.A., Ouedraogo, S.J., Guinko, S., 2001. Stratégies de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso). *Fruit* 56, 271–285. <https://doi.org/10.1051/fruits:2001129>
- Bellefontaine, R. 2005. Régénération naturelle à faible coût dans le cadre de l'aménagement forestier en zones tropicales sèches en Afrique. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 6(2). <https://doi.org/10.4000/vertigo.4335>
- Dao, A., Lamien, N., 2020. Women's preferences and the calorific value of fuelwood species used for cooking local beer and shea butter in Burkina Faso. *J. Appl. Biosci.* 156, 16139–16146. <https://doi.org/10.35759/JABs.156.7>
- FAO, 2012. Synthèse Régionale de l'Etat des Ressources Génétiques Forestières en Afrique de l'Ouest. Rapport atelier régional, Ouagadougou, Burkina Faso. 32 p.
- Faye, E., Diallo, H., Samba, S.A.N., Touré, M.A., Dramé, A., Fall, B., Lejoly, J., Diatta, M., Kaïré, M., De Cannière, C., Mahy, G., Bogaert, J., 2013. Importance de la méthode de coupe sur la régénération de Combretaceae du Bassin arachidier sénégalais. *Tropicultura* 31, 44–52.
- GBIF, 2022. *Detarium microcarpum*. <https://www.gbif.org/species/2961176>
- Hlovor A. D., Adjonou K., Dangbo F. A., Abotsi K. E., Afelu B. et Kokou K., 2021. Dynamique du couvert forestier dans la partie méridionale des monts Togo, Afrique de l'ouest. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 37, 300 – 313.

- Houessou, L.G., Teka, O., Imorou, I.T., Lykke, A.M., Sinsin, B., 2013. Land use and land-cover change at " W" Biosphere Reserve and its surroundings areas in Benin Republic (West Africa). *Environ. Nat. Resour. Res.* 3(2), 87–101. <https://doi.org/10.5539/enrr.v3n2p87>
- Kaboré, C., 2005. Aménagement des forêts au Sahel point sur vingt années de pratiques au Burkina Faso. Ministère de l'Environnement et de l'Eau, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Kouyaté, A.M., Lamien, N., 2011. Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaire prioritaire de l'Afrique Subsaharienne : *Detarium microcarpum*. *Bioersivity Int. Rome Ital.* 4–8.
- Lamy, G.M.L., 2021. Regeneration indicators of *Detarium microcarpum* Guill. & Perl. in the Mbe plain of the Adamawa, Cameroon. *Eur. J. Ecol.* 7(1). <https://doi.org/10.17161/eurojocol.v7i1.14749>
- Larwanou, M., Saadou, M., 2004. Influence du régime de coupe sur la régénération de l'espèce *Acacia nilotica* (L.) Wild. dans une formation de bas-fonds (Forêt de Korop) au Niger. *Bull. Rech. Agron. Bénin* (46), 1–8.
- MEPN et PNUD. 2009. Quatrième rapport national du Bénin sur la convention des nations unies sur la diversité biologique. Cotonou, Bénin 172 p.
- N'Guessan, K. A., Bi, B. N. B. V., Akedrin, T. N., & Tape, B. F. A., 2016. Les légumineuses arborescentes dans les systèmes de production des zones sèches de Côte d'Ivoire/Arborescent leguminous plants in the production systems of dry zones in Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 18(1), 36.
- Oibiokpa, F.I., Adoga, G.I., Saidu, A.N., Shittu, K.O., 2014. Nutritional composition of *Detarium microcarpum* fruit. *Afr. J. Food Sci.* 8, 342–350. <https://doi.org/10.5897/AJFS2014.1161>
- Ouedraogo, A., 1997. L'effet de la coupe de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. sur la régénération de la végétation dans la forêt classée de Nazinon (Thèse de doctorat). Ouagadougou, Burkina Faso.
- PNUD-Bénin, 2022. Formation des charbonniers sur de nouvelles technologies écologiques. <https://www.undp.org/fr/benin/press-releases/>
- Ricez, T., 2008. Etude des modes de régénération à faible coût de *Prosopis africana* et *Detarium microcarpum* en forêt classée de Dinderesso (Mémoire de stage). Université Paris XII Val-de-Marne Faculté des sciences et technologies 61, avenue du Général de Gaulle 94010 CRETEIL.
- Sawadogo, L., 2007. Etat de la biodiversité et la de production des ligneux du Chantier d'Aménagement Forestier du Nazinon après une vingtaine d'années de pratiques d'aménagement. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR). 42p.
- Sinadouwirou T.A., Assédé P.E., Orou H., M'mouyoum K., Dicko A., Biaou S. H. & Natta K.A. (2022). Les amandes nues des graines de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. (Fabaceae) récoltées en zone soudanienne assurent une bonne germination en pépinière au Bénin, Afrique de l'Ouest. *European Scientific Journal, ESJ*, 18 (27), 275. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p275>.
- Tougiani, A., Boubacar, K., Boureima, M., Abdou, G., 2016. Pratique et gestion de la régénération naturelle assistée (Note technique No. 1). FIDA.
- Yakoubou Issifou A., Tonouewa, J.F.M.F., Biaou., S.S.H., Houehanou, T.D., et Idrissou, Y., 2020. Technique de carbonisation du bois au Nord-Ouest du Bénin, Afrique de l'Ouest. *Afrique SCIENCE* 16(2), 49 – 58.

Yaoitcha, A. S., Aboh, A. B., Zoffoun, A. G., Houinato, M., Mensah, G. A., Sinsin, B., & Akpo, E. L., 2016. Potentiel de régénération des chantiers de production du charbon de bois au Centre-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4), 1702-1716.

<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.21>

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) is displayed in a bold, green, sans-serif font. The letters 'S', 'N', and 'A' are spaced out and are the only text in the logo.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Germination et croissance des types morphologiques de propagules du Palétuvier rouge (*Rhizophora racemosa*) du Site Ramsar 1017 au Bénin

Elie Antoine PADONOU^{1,2*} , Gbodja H. François GBESSO³ , Alexis Bokon AKAKPO^{2,5} ,
Rasnus ADJOVI² , Moustapha Arè mou KOLAWOLE^{2,4} 

* Auteur Correspondant

¹ Ecole de Foresterie Tropicale, Université Nationale d'Agriculture, Kétou, Bénin

² Laboratoire d'Écologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Benin

³ Laboratoire des Sciences Végétales, Horticoles et Forestières (LaSVHF), Unité de Recherche Horticole et d'Aménagement des Espaces Verts, Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAEV), Université Nationale d'Agriculture (UNA), Kétou, Bénin

⁴ Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

⁵ West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL), Climate Change and Human Habitat (CC&HH), Federal University of Technology of Minna, Niger State, Nigeria

Emails : padonouelic@gmail.com ; fr.gbesso@gmail.com ; ab_akakpo@yahoo.fr ; rasnusemanuel@gmail.com ;
cgakabassi@gmail.com ; moustapakolawole@gmail.com

Reçu le 5 Mars 2022 - Accepté le 5 Février 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : *Rhizophora racemosa* est une espèce de mangrove présente au Bénin. Elle est très vulnérable dans son biotope à cause de la pression des populations riveraines pour l'exploitation de son bois (énergie et service). Pour sa conservation, les essais des plantations enregistrent des échecs à cause de la qualité des plants utilisés. Cette étude évalue la germination et la croissance des propagules de *R. racemosa* provenant des populations de mangrove du site Ramsar 1017. 1200 propagules ont été collectées et mesurées suivant leur poids, longueur et épaisseur. Une Classification Ascendante Hiérarchique suivie de l'Analyse Canonique Discriminante ont permis de regrouper les propagules par type morphologique et de décrire les différences entre ces types morphologiques. Une analyse de variance sur mesures répétées a été effectuée sur les données de germination et de croissance en rapport avec les types morphologiques identifiés. Quatre types morphologiques (1, 2, 3 et 4) ont été décrits. Les types morphologiques 2 et 4 ont regroupé des individus à propagules longues et lourdes (en moyenne 29 cm et 35 g), présentant un taux de germination élevé (environ 80%) avec des plantules à croissance rapide. Les types morphologiques 1 et 3 ont regroupé des individus à propagules courtes et de faible poids (en moyenne 23 cm et 24 g), présentant un taux de germination faible (environ 65%) avec des plantules à croissance lente. Les types morphologiques 2 et 4 paraissent donc intéressants pour les stratégies de restauration des mangroves avec *R. racemosa* dans le site Ramsar 1017.

Mots clés : Mangrove, Restauration, Morphotypes, Performances de croissance, Bénin.

Germination and growth of morphological types of Red Mangrove propagules (*Rhizophora racemosa*) from Ramsar Site 1017 in Benin

Abstract: *Rhizophora racemosa* is a mangrove species in Benin. It is very vulnerable in its biotope because of the pressure of local communities for the exploitation of its wood (energy and service). For its conservation, the trials of plantation have failed because of the quality of the used plants. This study assesses the germination and growth of *R. racemosa* propagules from mangrove populations at Ramsar site 1017. 1200 propagules were collected and measured regarding to their weight, length and thickness. Ascending Hierarchical Classification followed by Canonical Discriminant Analysis were applied to group the propagules by morphological type and to describe the differences between these morphological types. A repeated measures analysis of variance was performed on the germination and growth data to characterize these morphological types. Four morphological types (1, 2, 3 and 4) have been described. The morphological types 2 and 4 were tree individuals with long and heavy propagules (on average 29 cm and 35 g), exhibiting a high germination rate (around 80%) and fast-growing seedlings. However, morphological types 1 and 3 grouped together individuals with short propagules and low weight (on average 23 cm and 24 g), displaying a low germination rate (around 65%) and slow-growing seedlings. Indeed, morphological types 2 and 4 seem to be interesting for mangrove restoration strategies with *R. racemosa* in Ramsar site 1017.

Keywords: Mangrove, Restoration, Morphotypes, Growth performance, Benin.

1. Introduction

Les mangroves sont des écosystèmes naturels constitués de palétuviers qui fournissent à la population des produits et services directs tels que le bois de construction, le bois énergie et les tanins (Folega et al., 2017). Elles jouent des fonctions écologiques, socio-économiques et de régulation du climat (Gnansounou et al., 2022 ; Teka et al., 2018 ; Duarte et al., 2013 ; Huxham, 2010). Cependant, les pressions démographiques ont conduit à une augmentation des besoins humains au cours des dernières décennies, entraînant la déforestation et la dégradation des écosystèmes de mangroves (Adanguidi et al., 2020 ; Folega et al., 2017, Alexandris et al., 2013 ; Armah et al., 2010 ; Maoulana-Abbas, 2009). La dégradation des mangroves a connu une accélération alarmante ces dernières années, ce qui constitue un souci pour l'humanité (Zanvo et al., 2021 ; El-lison, 2008). Selon les prévisions actuelles, environ 70 % de ces mangroves pourraient disparaître d'ici 2070 si aucune action n'est entreprise (Dieye et al., 2013 ; 2011).

Au Bénin, les mangroves du site Ramsar 1017 sont caractérisées par deux espèces de palétuviers, *Rhizophora racemosa* (G.) Meyer et *Avicennia germinans* (L.) L. (Sinsin et al., 2018 ; Adjakidjè et Sokpon, 2001). Malgré les nombreuses actions entreprises pour leur conservation, ces mangroves font face à plusieurs menaces d'origine anthropique (Padonou et al., 2021 ; Adanguidi et al., 2020 ; Sinsin et al., 2018 ; Yo et al., 2018). La situation s'aggrave dans plusieurs localités à cause des coupes intensives des palétuviers pour la satisfaction des besoins domestiques, la production de sel,

le mareyage et pour l'installation des engins de pêche (Adanguidi et al., 2020 ; Yo et al., 2018). Par exemple, entre 1995 et 2015, la superficie des mangroves est passée de 13.306,05 ha à 9.452,5209 ha, soit une perte de plus de 20 % de leur superficie en 20 ans (Sinsin et al., 2018 ; Orekan et al., 2019) avec un taux annuel de dégradation de 3,1% qui est supérieur au taux global de 0,16% (Friess et al., 2019). Pour restaurer et préserver l'écosystème des mangroves du site Ramsar 1017, la reforestation des zones dégradées est nécessaire (Padonou et al. ; 2021 ; Sinsin et al., 2018). Le site renferme des formations végétales écologiquement uniques et constituées des mangroves dominées par *Rhizophora racemosa* (Sinsin et al., 2018 ; Adjakidjè et Sokpon, 2001) et des cocoteraies qui ont toujours joué des rôles écologiques, économiques et socio-culturels importants pour les communautés vivant dans la zone (Sinsin et al., 2018 ; FAO, 2007).

Selon les rapports techniques et les observations, un important taux de mortalité est observé lors des essais de restauration des mangroves par plantation. En effet, l'une des causes de cette mortalité des plants de palétuvier mis en terre est l'affectation inappropriée du matériel végétal (Ewel & Baldwin, 2022 ; Proffitt & Travis, 2010). La croissance des plantules et leur survie en plantation seraient fortement influencées par les conditions ectopiques des semences (Diallo et al., 2020). Ainsi, le site de provenance des propagules servant à la production des plants a une influence significative sur la survie des plants mis en terre (Sinsin et al., 2022). Dans ce contexte, il est essentiel de caractériser le matériel végétal en termes de paramètres des propagules, de la germination et de la croissance des plantules afin

d'identifier les types morphologiques performants (Diallo et al., 2020).

C'est dans cette optique que la présente étude a été effectuée pour servir de référence pour la restauration et la gestion durable des mangroves du site Ramsar 1017 au Bénin. Elle vise spécifiquement à i) évaluer le niveau de variabilité au niveau des propagules de *R. racemosa*, ii) comparer le taux de germination des propagules et la vitesse de croissance des plantules issues des différents types morphologiques de propagule.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été effectuée sur le Site Ramsar 1017 qui est situé entre 1°52'10"E et 6°40' N. Il s'étend sur une superficie d'environ 524 289 ha (<https://rsis.ramsar.org/fr/rsis/1017>) et se trouve à cheval sur trois départements que sont l'Atlantique, le Mono et le Couffo (Figure 1). Le matériel végétal a été collecté dans les localités de Adouanko, Hio (département de l'Atlantique),

Avlo, et Sèhoubato (département du Mono). Le climat de la région est du type subéquatorial avec une succession de quatre saisons dont deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. Les sols sont majoritairement caractérisés par une formation géologique récente, présentant encore des caractéristiques liées à une évolution permanente. La population humaine recensée dans le site est d'environ 89212 habitants, avec une proportion de 40,65 % d'hommes (INSAE, 2016). Elle est essentiellement rurale et la majorité des habitants sont des pêcheurs et des mareyeuses, avec comme ethnie dominante les Xwla (INSAE, 2016).

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des propagules et des plantules issues de la germination des dites propagules (Figure 2). Les propagules ont été collectées au pied des arbres-mères de *R. racemosa* provenant de quatre populations. Chaque population a été circonscrite à l'une des quatre localités (Adouanko, Avlo, Hio et Sèhoubato).

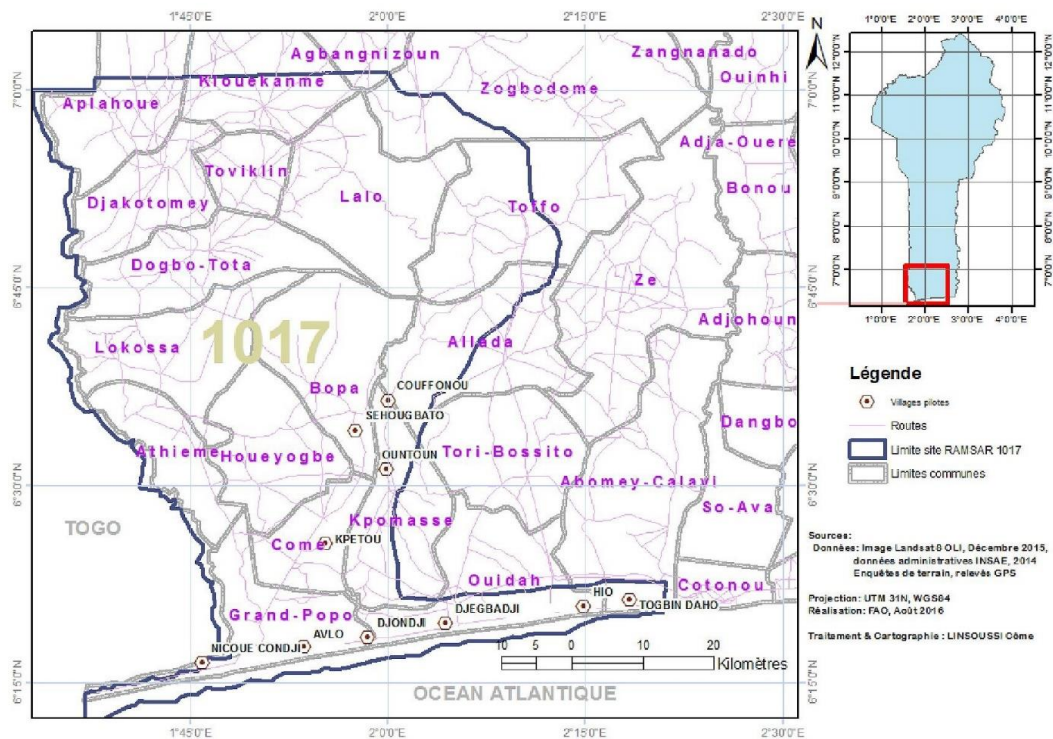


Figure 1 : Localisation du site Ramsar 1017 au sud Bénin / Location of Ramsar Site 1017 in southern Benin



Figure 2 : Propagules et plantules de *R. racemosa* immergées dans l'eau / Propagules and seedlings of *R. racemosa* submerged in water

2.3. Collecte de données

Les propagules mûres ont été collectées au pied de 120 arbres échantillonnés et qui sont espacés les uns des autres d'au moins 100 mètres afin d'éviter la collecte d'individus génétiquement proches (Assogbadjo et al., 2006). Dix (10) propagules matures ont été mesurées par arbre et sur chaque propagule, les mesures morphométriques et pondérales (poids, longueur et épaisseur) sont prises. Au sein de chaque type morphologique, 30 propagules sélectionnées de façon aléatoire ont été semées dans 30 pots individuels (une propagule par pot) en polyéthylène de 18 cm de longueur sur 5,5 cm de largeur. Les pots ont été remplis préalablement avec un sol de type sablo-vaseux et immergés à un tiers dans l'eau des mangroves. Au total, 40 propagules ont été utilisées par unité expérimentale, avec 10 propagules par type morphologique. Le dispositif expérimental était un Bloc Aléatoire Complet (BAC) avec trois répétitions (Figure 3). Aucun arrosage n'a été effectué car le dispositif était déjà immergé dans l'eau. Le nombre de propagules germées a été compté quotidiennement jusqu'à la fin de l'expérimentation qui a duré 45 jours pour évaluer le taux de germination, la fin de germination et la durée de germination. A la fin de la période de germination, le diamètre au collet, la hauteur des plantules et le nombre de feuilles ont été mesurés chaque semaine durant six semaines.

2.4. Analyse des données

Les données relatives au poids, à la longueur et à l'épaisseur des propagules ont été soumises à une Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) avec le

logiciel statistique SAS 9.1 (SAS Institute Inc., 2003), afin de regrouper les propagules par type morphologique. La CAH est une méthode de classification dont le principe est de regrouper des individus selon leurs ressemblances et les représenter sous la forme d'un arbre de classification appelé dendrogramme. Le nombre de groupes n'est pas connu a priori. L'élaboration de cet arbre est ascendante, par regroupements successifs des individus.

Ensuite, une Analyse Canonique Discriminante (ACD) a été réalisée sur les types morphologiques obtenus afin de décrire les différences entre les types morphologiques. L'ACD est une technique statistique multivariée qui permet d'identifier les différences entre groupes d'individus et d'améliorer la compréhension des relations entre les variables mesurées au sein de ces groupes (Cruz-Castillo et al., 1994). L'ACD exige que les données au sein des groupes aient des distributions normales multivariées (Glèlè Kakaï et al., 2006). Cependant, les hypothèses de normalité et d'homogénéité ne sont pas toujours considérées comme des préalables absolus pour l'utilisation de l'ACD (Cliff, 1987 ; Kendall, 1975 ; Krzanowski, 1988).

Enfin, une analyse de variance sur mesures répétées (Crowder et Hand, 1990) a été effectuée sur les données de germination et de croissance en rapport avec les types morphologiques. L'analyse de la variance sur mesures répétées est une méthode statistique de comparaison des moyennes d'une variable mesurée par intervalle de temps sur les mêmes individus de deux ou plusieurs populations. Les conditions préalables (normalité et homogénéité) ont été vérifiées par le test de Ryan-Joiner pour la normalité et celui de Levene pour l'homogénéité (Glèlè Kakaï et al., 2006). Les moyennes ajustées des différentes variables (taux de germination, nombre de feuilles, hauteur et diamètre au collet des plantules) ont été utilisées pour générer, à l'aide d'Excel, des courbes de tendance illustrant la variation du taux de germination, du nombre de feuilles, de la hauteur et du diamètre au collet par type morphologique au fil du temps.

3. Résultats

3.1. Types morphologiques

Quatre types morphologiques de *R. racemosa* ont été identifiés par la CAH effectuée avec 85% des informations recueillies sur l'ensemble des propagules (Figure 4).

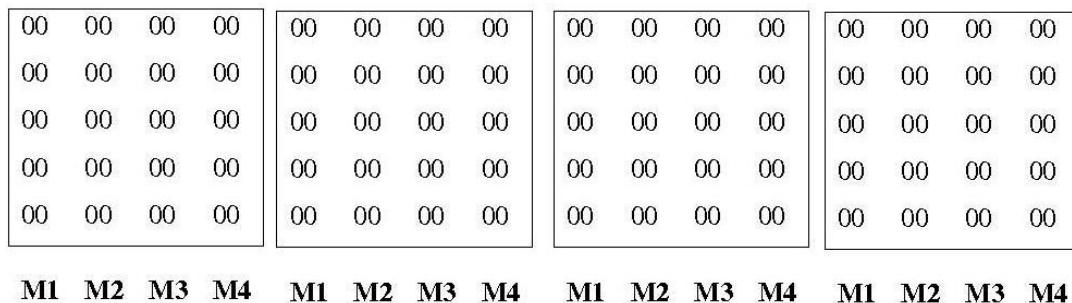


Figure 3 : Dispositif expérimental / Experimental design

○ : Pot ; M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4
 ○ : Pot ; M1 : morphological type 1 ; M2 : morphological type 2 ; M3 : morphological type 3 ; M4 morphological type 4.

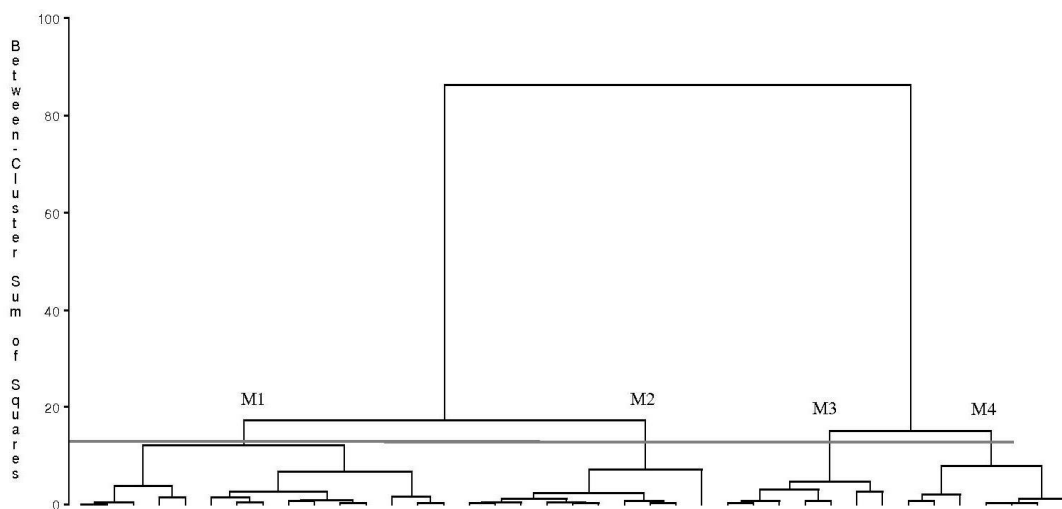


Figure 4 : Dendrogramme de classification des types morphologiques de propagules de *R. racemosa* / Dendrogram of clustering of *R. racemosa* propagules morphological types

M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4
 M1 : morphological type 1 ; M2 : morphological type 2 ; M3 : morphological type 3 ; M4 morphological type 4.

La distance de Mahalanobis entre les types morphologiques deux à deux est significative au seuil de 1% (Tableau 1), ce qui signifie que les types morphologiques sont significativement distincts les uns des autres. La projection des types morphologiques dans les deux premiers axes canoniques représente 95,48% des informations. Le premier axe canonique est corrélé positivement avec les variables longueur des propagules ($r=0,67$), poids ($r=0,97$) et grande épaisseur ($r=0,80$)

tandis que le second axe canonique est corrélé avec la variable petite épaisseur ($r=0,81$).

Les types morphologiques 2 et 4 sont positivement corrélés à l'axe 1 (Figure 5) contrairement aux types morphologiques 1 et 3. Ainsi, les types morphologiques 2 et 4 regroupent les propagules les plus longues, larges et massives (Tableau 2, Figure 5), tandis que les types morphologiques 1 et 3 sont les plus courts, les plus légers et à petite épaisseur (Tableau 2, Figure 5).

3.2. Germination des propagules issues des différents types morphologiques

La germination des propagules de l'ensemble des types morphologiques a démarré le 21^e jour (délai de la germination) et s'est achevé le 29^e jour après les semis avec une durée de germination de 9 jours. L'analyse de variance sur mesures répétées (Tableau 3) indique une différence très significative de l'effet du temps sur la germination des propagules ((F = 64,86 ; p= 0,0001). Cela signifie que le nombre de propagules germées a varié significativement dans le temps (Figure 6). Cependant, le facteur type morphologique des propagules,

et le facteur blocs n'ont eu aucun effet sur la germination des propagules de *R. racemosa* (Tableau 3). Cela traduit donc une homogénéité de la germination entre les blocs et entre les types morphologiques de propagules. Toutefois, pendant les trois premiers jours après la première germination (Figure 6), les types morphologiques 3 et 4 ont présenté une germination plus élevée que les types morphologiques 1 et 2. A partir du 3^e jour après la première germination jusqu'à la fin de la durée de germination (9 jours), les types morphologiques 1, 2 et 4 ont montré une germination plus élevée que le type morphologique 3 (Figure 6).

Tableau 1 : Distance de Mahalanobis entre les types morphologiques de propagules de *R. racemosa* / Mahalanobis distance between *R. racemosa* propagule morphological types

Types morphologiques	1	2	3	4
1	0,00ns	8,12***	6,69***	17,94***
2	8,12***	0,00ns	7,32***	7,06***
3	6,69***	7,32***	0,00ns	23,83***
4	17,94***	7,06***	23,83***	0,00ns

1 : type morphologique 1 ; 2 : type morphologique 2 ; 3 : type morphologique 3 ; 4 type morphologique 4. ns : non significatif, *** significatif à 0,001

1 : morphological type 1 ; 2 : morphological type 2 ; 3 : morphological type 3 ; 4 morphological type e 4. ns : not significant, *** significant at 0.001

Tableau 2 : Caractéristiques des types morphologiques de propagules de *R. racemosa* / Characteristics of *R. racemosa* propagule morphological types

Variables	M 1		M 2		M 3		M 4	
	m	s	m	s	m	s	m	s
Longueur (cm)	23,21	1,33	29,29	1,59	23,71	3,82	29,13	2,83
Grande épaisseur (mm)	14,20	1,22	14,53	1,69	13,46	1,14	16,22	1,81
Petite épaisseur (mm)	8,66	2,19	7,66	2,69	6,98	1,87	8,06	2,55
Poids (g)	25,97	3,78	31,97	3,02	23,61	3,72	39,60	4,03

M : Type morphologique ; m : moyenne ; s : écart type.

M : Morphological type ; m: mean ; s: standard deviation.

Tableau 3 : Analyse de variance sur mesures répétées de la germination de *R. racemosa* / Analysis of variance on repeated measurements of *R. racemosa* germination

Source	DL	Carré moyen	F
Blocs	2	2,10	2,05ns
Types morphologiques	3	0,64	0,62ns
Temps	8	5,73	64,86***
Blocs×Types Morphologiques	6	0,91	0,89ns
Temps ×Blocs	16	0,03	0,40ns
Temps×Types Morphologiques	24	0,09	1,11ns
Temps×blocs×Types Morphologiques	48	0,09	1,06ns
Erreur	640	0,08	

DL : Degré de liberté ; F : valeur de Fisher ; ns : non significatif ; *significatif à 0,05 ; ** significatif à 0,01 ; *** significatif à 0,001

DL: Degree of freedom ; F: Fisher value ; ns : not significant ; *significant at 0.05 ; **significant at 0.01 ; ***significant at 0.001

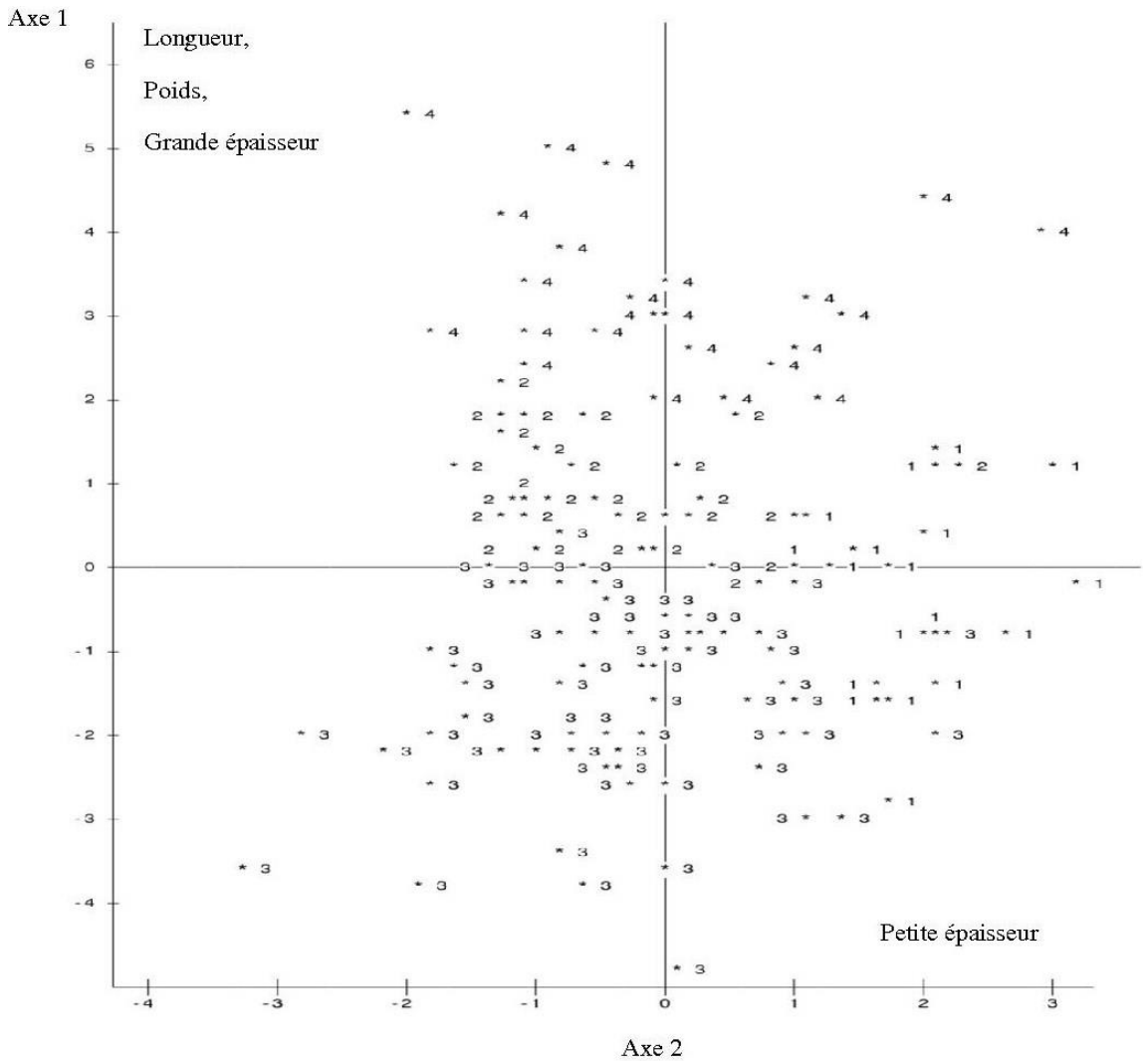


Figure 5 : Représentation des quatre types morphologiques de *R. racemosa* dans le plan factoriel / Positioning of the four *R. racemosa* morphological types in the factorial plane

1 : type morphologique 1 ; 2 : type morphologique 2 ; 3 : type morphologique 3 ; 4 type morphologique 4. Longueur, poids, grande épaisseur, petite épaisseur

1 : morphological type 1 ; 2 : morphological type 2 ; 3 : morphological type 3 ; 4 morphological type 4. Length, weight, large thickness, small thickness

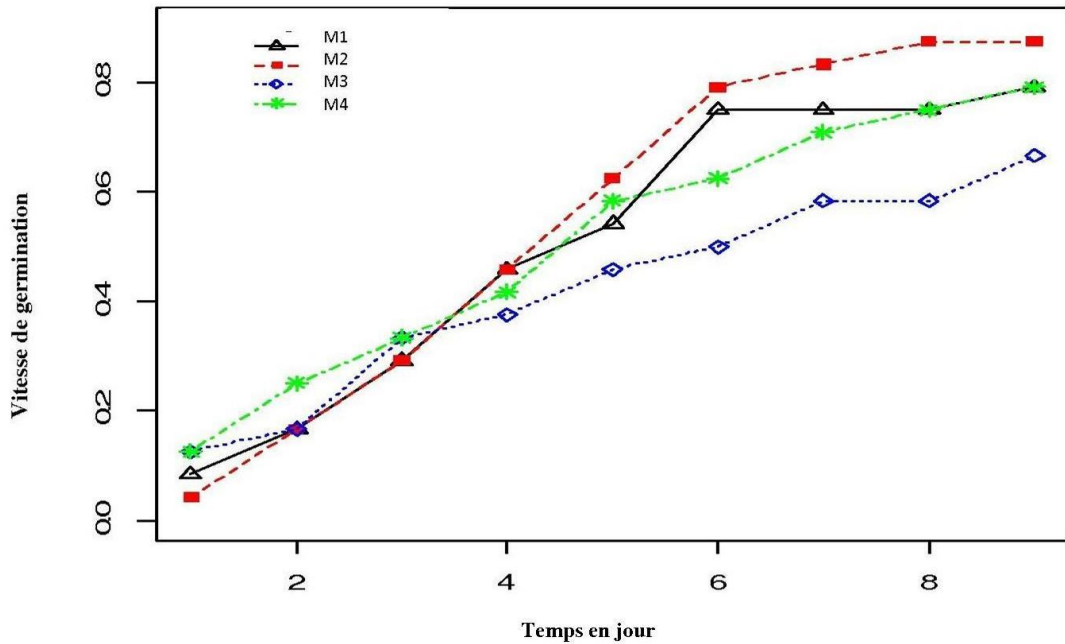


Figure 6 : Dynamique de germination des propagules de *R. racemosa* / Germination dynamics of *R. racemosa* propagules

Temps en jour ; M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4

Time in day ; M1 : morphological type 1 ; M2 : morphological type 2 ; M3 : morphological type 3 ; M4 morphological type 4.

3.3. Croissance des plantules des différents types morphologiques

La croissance des plantules des quatre types morphologiques de *R. racemosa* en termes de nombre de feuilles, hauteur totale des plants et diamètre au collet a varié de la fin de la période de germination (29^e jour) au 59^e jour (Figure 7). L'analyse de variance sur mesures répétées a indiqué un effet très significatif du temps, sur le diamètre au collet, la croissance en hauteur des plantules et le nombre de feuilles (Tableau 4). Cela traduit une croissance significative des plantules en termes de diamètre au collet (Figure 7a), hauteur (Figure 7b) et nombre de feuilles (Figure 7c) dans le temps. La hauteur et le nombre de feuilles ont significativement augmenté à partir de la deuxième semaine alors

que l'augmentation du diamètre a été observée à partir de la quatrième semaine. L'effet des blocs n'est pas significatif de façon globale. Cela témoigne donc que les blocs sont homogènes en ce qui concerne la croissance des plantules des différents types morphologiques. Les effets des interactions entre les blocs, le temps et les types morphologiques sont globalement significatifs (Tableau 4), ce qui montre qu'il existe une différence dans la croissance des différents types morphologiques entre les blocs dans le temps. De façon globale, les types morphologiques 2 et 4 ont présenté une forte croissance du diamètre au collet contrairement au type morphologique 3 (Figure 7a). La même tendance a été observée avec la hauteur (Figure 7b) et le nombre de feuilles (Figure 7c).

Tableau 4: Analyse de variance sur mesures répétées pour les paramètres de croissance de *R. racemosa* / Analysis of variance on repeated measurements for *R. racemosa* growth parameters

Source de variation	Diamètre			Hauteur		Nombres de feuilles	
	DL	Carré moyen	F	Carré moyen	F	Carré moyen	F
Temps	4	0,48	63,91***	1082,43	365,52***	48,87	101,73***
Blocs	2	21,51	1,29ns	32,66	1,84ns	27,70	3,72**
Types Morphologiques	3	36,57	2,20*	53,05	2,98**	23,47	3,15**
Blocs×Types Morphologiques	6	32,81	1,97*	23,10	1,30ns	8,90	1,2 ns
Temps×Blocs	8	0,03	3,98***	2,57	0,87 ns	6,27	3,04***
Temps×Types Morphologiques	12	0,01	1,19 ns	12,07	4,08***	0,93	1,96**
Temps×Blocs×Types Morphologiques	24	0,01	1,59**	5,28	1,78**	0,76	1,6**

DL : Degré de liberté ; F : valeur de Fisher ; ns : non significatif ; *significatif à 0,05 ; **significatif à 0,01 ; *** significatif à 0,001

DL: Degree of freedom; F: Fisher value; ns: not significant; *significant at 0.05; **significant at 0.01; ***significant at 0.001

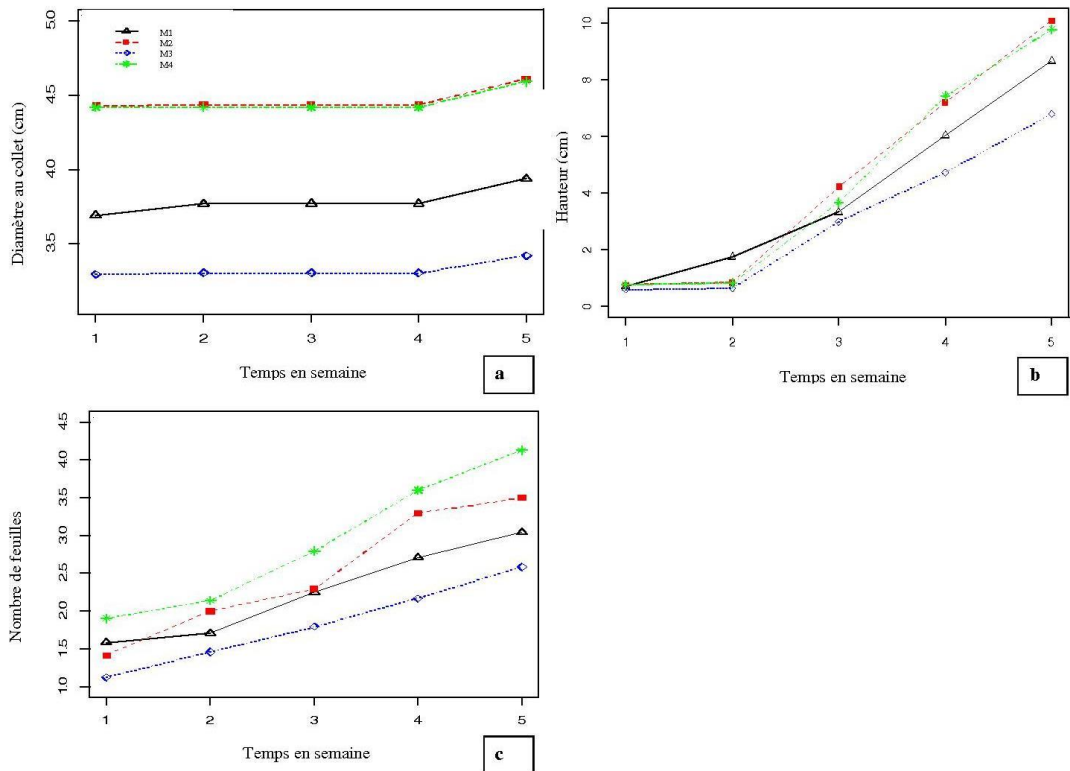


Figure 7 : Variation du diamètre (a), de la hauteur (b) et du nombre de feuilles (c) de *R. racemosa* / Variation in diameter (a), height (b) and number of leaves (c) of *R. racemosa*

Temps en semaine. M1 : type morphologique 1 ; M2 : type morphologique 2 ; M3 : type morphologique 3 ; M4 : type morphologique 4

Time in week; M1: morphological type 1; M2: morphological type 2; M3: morphological type 3; M4: morphological type 4.

4. Discussion

4.1. Variation morphologique des propagules

L'étude sur la caractérisation des propagules de *R. racemosa* a identifié quatre types morphologiques de propagules sur le site Ramsar 1017 au Bénin. Ces types morphologiques sont significativement distincts les uns des autres comptes tenus des traits morphologiques considérés. Des études similaires (Padonou et al., 2014 ; 2013 ; Assogbadjo et al., 2011 ; Fandohan et al., 2011) ont révélé des variations morphologiques liées aux conditions environnementales dans le cas d'autres espèces végétales (*Jatropha curcas*, *Azelia africana*, *Adansonia digitata* et *Tamarindus indica*). En effet, ces variations peuvent être attribuées aux différences climatiques et aux gradients écologiques. Dans le cas des propagules de *R. racemosa*, les variations observées entre les types morphologiques seraient liées uniquement au gradient écologique au sein des écosystèmes de mangroves du site Ramsar 1017 où les propagules ont été collectées, puisque ledit site se trouve dans une région climatique unique. Il existe une variation pédologique, du niveau de salinité, et du niveau d'eau au sein des écosystèmes de mangroves de ce site (Sinsin et al., 2018) en plus de l'âge des palétuviers sur lesquels les propagules ont été récoltées. Par ailleurs, excepté l'âge, le sol et le climat de la localité d'origine des arbres, la vigueur et le génotype des parents sont des facteurs importants pouvant affecter les caractéristiques des fruits (Salazar & Quesada, 1987). Ainsi, la variation observée au niveau des propagules pourrait également être due à des facteurs génétiques, car en plus de la variation observée au niveau des propagules, on a constaté une différence entre les paramètres de germination, hauteur, nombre de feuilles et diamètre lors de la croissance en pépinière.

4.2. Germination et croissance des plantules

Les types morphologiques ont eu un effet très significatif sur la germination des propagules de *R. racemosa*. Cela indique qu'il existe une différence au niveau du pouvoir germinatif des propagules selon leur morphologie. A la fin de la période de germination (29^e jour), les types morphologiques 2 (84%) et 4 (78%) ont cumulé un fort taux de germination (figure 6). En effet, la taille et la forme des propagules influencent positivement leur germination (Padonou et al., 2014 ; 2013). Ainsi le fort taux de germination obtenu pour les propagules des types morphologiques 2 et 4 peut être attribué à leur taille. De plus, les plantules issues des propagules plus larges et plus lourdes ont une croissance plus rapide que celles issues de propagules plus courtes et légères. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Padonou et al. (2014 ; 2013) qui ont révélé que les plantules issues des graines les plus larges et les plus lourdes ont une croissance plus rapide que celles issues

de graines plus courtes et légères. Les graines les plus larges et plus lourdes contiennent davantage de réserves de photosynthèse qui stimulent la croissance des plants (Rai & Tripathi, 1982 ; Mamo et al., 2006). Cette observation pourrait également s'appliquer aux propagules de *R. racemosa*.

Par ailleurs, Hatzig et al. (2015) ont montré que certains gènes sont associés à la vitesse de germination, au taux de germination et à la croissance des plantes. Cela pourrait être également le cas pour *R. racemosa*. Il est donc possible que des facteurs génétiques influencent les différences observées au niveau des propagules de *R. racemosa* en réponse aux conditions environnementales (Mathur et al., 1984).

La prise en compte de ces observations pourrait permettre une meilleure restauration des mangroves sur le site Ramsar 1017 du Bénin.

5. Conclusion

Une variation significative a été observée entre les propagules de *R. racemosa* des mangroves du site Ramsar 1017 en termes de taille, de taux de germination et de croissance des plantules. Les types morphologiques 2 et 4, caractérisés par des propagules plus longues et plus lourdes, ont démontré une performance élevée en matière de germination et de croissance des plantules. Compte tenu des services écosystémiques fournis par les mangroves et dans un souci de conservation optimale, la restauration des mangroves avec *R. racemosa* devrait tenir compte de ces caractéristiques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les populations locales pour leur collaboration pertinente dans l'accomplissement de cette recherche.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Padonou E.A.
Collecte des données	Padonou E.A., Adjovi R., Kolawolé M.A.
Analyse des données	Padonou E.A., Akakpo B.A.
Acquisition de financement	Padonou E.A.
Méthodologie	Padonou E.A.
Gestion du projet	Padonou E.A.
Supervision	Padonou E.A., Gbesso G.H.F
Rédaction manuscrit initial	Padonou E.A., Akakpo B.A., Adjovi R.
Révision et édition manuscrit	Padonou E.A., Akakpo B.A., Akabassi G.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adanguidi J., Padonou E. A., Zannou A., Hougbo S. B., Saliou I. O. & Agbahoungba S. 2020. Fuelwood consumption and supply strategies in mangrove forests-Insights from RAMSAR sites in Benin. *Forest Policy and Economics*, 116: 102192. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102192>
- Adjakidjè V. & Sokpon N. 2001. Caractérisation de la flore et de la végétation des complexes Est et Ouest des zones humides. Rapport de consultation PAZH-Bénin.
- Alexandris N., Chatenoux B., Lopez Torres L. & Peduzzi P. 2013. Monitoring mangrove restoration from space. UNEP/GRID-Geneva.
- Armah A. K., Diame A., Gordon A. & James Kairo J. 2010. Protection des mangroves : Le rôle du Réseau africain des mangroves. *Nature & Faune*, 24(1) : 27-51.
- Assogbadjo A. E., Glele Kakai R., Edon S., Kyndt T., Sinsin B. 2011. Natural variation in fruit characteristics, seed germination and seedling growth of *Adansonia digitata* L. in Benin. *New Forests*, 41: 113-125.
- Assogbadjo A. E., Kyndt T., Sinsin B., Gheysen G., & Van Damme P. 2006. Patterns of genetic and morphometric diversity in baobab (*Adansonia digitata*) populations across different climatic zones of Benin (West Africa). *Annals of botany*, 97(5) : 819-830. <https://doi:10.1093/aob/mcl043>
- Cliff N. 1987. Analyzing multivariate data. Harcourt Brace Jovanovich.
- Crowder M. J. & Hand D. J. 1990. Analysis of Repeated Measures, Chapman and Hall, London, UK, 257 pages.
- Cruz-Castillo J. G., Ganeshanandam S., Mackay B. R., Lawes G. S., Lawoko C. R. O. & Woolley D. J. 1994. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. *Horticultural Science*, 29: 1115-1119.
- Diallo F. A., Sandwidi A., Dao M. E. C., Bationo-Kando P. & Diallo B. O. 2020. Caractérisation phénotypique des plantules de quatre populations de *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. au Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 344: 33-46. <https://doi.org/10.19182/bft2020.344.a31898>
- Dieye E. B., Diaw A. T., Sane T. & Ndour N. 2013. Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *Cybergeo : European Journal of Geography*, [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 629, mis en ligne le 09 janvier 2013, consulté le 03 Mars 2022. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.25671>
- Dieye E. B., Diaw A. T., Sane T., Sy O. & Diah P. 2011. Changement climatique et évolution de la mangrove dans la lagune de Joal-Fadiouth (Sénégal). XXIVème Colloque International de l'Association Internationale de Climatologie, Rovereto, Italie : 183-188.
- Duarte C. M., Losada I. J., Hendriks I. E., Mazarrasa I. & Marba N. 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3: 961–968. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>
- Ellison M. A. 2008. Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: Moving beyond roving banditry. *Journal of Sea Research*, 59: 2-15.
- Ewel K. C. & Baldwin J. 2022. Long-term patterns of growth and survival of mangrove seedlings in Micronesia. *Hydrobiologia*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05041-1>
- Fandohan B., Assogbadjo A. E., Glèlè Kakai R., Kyndt T. & Sinsin B. 2011. Quantitative morphological descriptors confirm traditionally classified morphotypes of *Tamarindus indica* L. fruits. *Genetical Resources and Crop Evolution*, 58: 299-309.
- FAO 2007. The world mangrove 1985-2005: A thematic study conducted in the framework of the Global Forest Resources Assessment. Forestry paper, Rome, Italy, 153 pages.
- Folega F., Rakotondrasoa M. A., Wala K., Woegan Y. A., Kanda M., Pereki H., Polo-Akpiisso A., Batawila K. & Akpagana K. 2017. Ecologie et dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo. *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 17 numéro 3 | décembre 2017, mis en ligne le 15 décembre 2017, consulté le 02 avril 2018. <https://doi.org/10.4000/vertigo.18791>
- Glele Kakai R., Sodjinou E. & Fonton H. N. 2006. Conditions d'Application des Méthodes Statistiques Paramétriques, Bibliothèque Nationale, Cotonou, Bénin. 94 pages.
- Gnansounou C., Sagoe A. A., Agbeko P., Mattah D., Aheto D. W., & Glele Kakai L. R. (2022). Mangrove Ecosystem Services, Associated Threats and Implications for Wellbeing in the Mono Transboundary Biosphere Reserve (Togo-Benin), West-Africa. *Sustainability*, 14(4): 2438; <https://doi.org/10.3390/su14042438>
- Hatzig S. V., Frisch M., Breuer F., Nesi N., Ducournau S., Wagner M. H., & Snowdon R. J. 2015. Genome-wide association mapping unravels the genetic control of seed germination and vigor in *Brassica napus*. *Frontiers in plant science*, 6(221): 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00221>
- Huxham M. 2010. Intra- and interspecific facilitation in mangroves may increase resilience to climate change threats. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 365: 2127–2135.
- INSAE 2016. Effectif de la population des villages et quartiers de villes du Bénin., RGPH 4, République du Bénin.
- Kendall M. 1975. *Multivariate Analysis*. Charles Griffin, London.
- Krzanowski W. J. 1988. *Principles of multivariate analysis. A user's perspective*. Clarendon Press, Oxford.
- Mamo N., Mihretu M., Fekadu M., Tigabu M. & Teketay D. 2006. Variation in seed and germination characteristics among *Juniperus procera* populations in Ethiopia. *Forest ecology and management*, 225(1-3): 320-327.

- Maoulana-abbas S. 2009. Diagnostic géobotanique et impacts anthropiques sur le paysage de la mangrove dans la baie de Toliara. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Tuléar, Madagascar, 75 pages.
- Mathur R. S., Sharma K. K. & Rawat M. M. S. 1984. Germination behaviour of provenances of *Acacia nilotica* subsp. *indica*. Indian Forester, 110: 435-449.
- Orekan V., Plagbeto H., Edea E. et Sossou M. 2019. Evolution Actuelle Des écosystèmes De Mangrove Dans Le Littoral Béninois. *Conférence OSFACO : Des Images Satellites Pour La Gestion Durable Des Territoires En Afrique*, 1-15. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02189536>
- Padonou A. E., Gbaï N. I., Kolawole A. M., Idohou R., & Toyi M. 2021. How far are mangrove ecosystems in Benin (West Africa) conserved by the Ramsar Convention? Land Use Policy, 108: 105583. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105583>
- Padonou E. A., Kassa B., Assogbadjo A. E., Fandohan B., Chakeredza S., Glèlè Kakai R. & Sinsin B. 2014. Natural variation in fruit characteristics and seed germination of *Jatropha curcas* in Benin, West Africa. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 89(1): 69-73.
- Padonou E. A., Kassa B., Assogbadjo A. E., Chakeredza S., Babatoundé B. & Glèlè-Kakai R. 2013. Differences in germination capacity and seedling growth between different seed morphotypes of *Azelia africana* Sm. in Benin. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 88: 679-684.
- Proffitt C. E. & Travis S. E. 2010. Red Mangrove Seedling Survival, Growth, and Reproduction: Effects of Environment and Maternal Genotype. *Estuaries and Coasts*, 33: 890-901. <https://doi.org/10.1007/s12237-010-9265-6>
- Rai J. P. N. & Tripathi R. S. 1982. Adaptive significance of seed reserves in ray achenes of *Galinsoga parviflora* Cav. *Experientia*, 38(7): 804-805.
- Salazar R., Quesada M. 1987. Provenance Variation in *Guazuma ulmifolia* L. in Costa Rica. The Commonwealth Forestry Review, 66: 317-324.
- SAS Institute Inc. 2003. SAS OnlineDoc® 9.1.SAS Institute Inc., Cary, NC., USA
- Sinsin, L.C.B., Salako, K.V., Tohou, R.J. et al. Survival, Growth, and Productivity of *Rhizophora racemosa* Transplanted in Natural Ecosystems: Implications for Mangrove Restoration. *Wetlands*, 42(6) : 1-15. <https://doi.org/10.1007/s13157-022-01583-1>
- Sinsin B., Assogbadjo A. E., Tente B., Yo T., Adanguidi J., Lougbegnon T., Ahouansou S., Sogbohossou E., Padonou E. A. & Agbani P. 2018. Inventaire floristique et faunique des écosystèmes de mangroves et des zones humides côtières du Bénin. FAO & Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Bénin, ISBN 978-92-5-103148-7 (FAO-Bénin).
- Teka O., Houessou L. G., Djossa B. A., Bachmann Y., Oumorou M. & Sinsin B. 2018. Mangroves in Benin, West Africa: threats, uses and conservation opportunities. Springer Nature Environment Media B.V., part of Springer Nature Environment Development Sustainable. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0075-x>
- Yo T., Adanguidi J., Zannou A., Padonou E. A., 2018. Évaluation des besoins en bois des populations au niveau des zones de mangroves des sites Ramsar 1017 et 1018. FAO Bénin, ISBN: 978-92-5-130305-4 (FAO-Bénin).
- Zanvo, M. S., Barima, Y. S., Salako, K. V., Koua, K. N., Kolawole, M. A., Assogbadjo, A. E., & Kakai, R. G. (2021). Mapping spatio-temporal changes in mangroves cover and projection in 2050 of their future state in Benin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 350: 29-42. <https://doi.org/10.19182/bft2021.350.a36828>.

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

SNA

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Importance économique et financière de la production du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Nord-Bénin : un trésor sous-exploité

Rosaine Nérice YEGBEMEY[‡], Achille GBETO[‡], Modeste Djromahuton DOHOU^{*}, Jacob Afouda YABI[‡]

* Auteur Correspondant

[‡] « Une page de l'histoire se grise car dans un accident, nous avons perdu le Docteur Rosaine N. YEGBEMEY. Ce document témoigne de sa volonté de toujours contribuer à l'amélioration des moyens de subsistance des populations rurales dépendantes de l'agriculture. Nous sommes reconnaissants d'avoir eu l'occasion de le connaître, d'avoir bénéficié de son intelligence, de sa personnalité chaleureuse et de sa bonne humeur contagieuse. Dors en Paix Dr. Rosaine. » – Les auteurs.

Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES), Université de Parakou, Bénin

Emails : ynerice@gmail.com ; gbetoachille@gmail.com ; djromadohou@gmail.com ; ja_yabi@yahoo.com

Reçu le 18 Avril 2022 - Accepté le 5 Février 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : Le sésame (*Sesamum indicum* L.) joue un triple rôle crucial en tant que source majeure de revenus, agent de régénération de la fertilité des sols et aliment à haute valeur nutritionnelle. Toutefois, sa production peine à se développer et est actuellement limitée à quelques producteurs au Bénin. Cette recherche vise à réaliser une analyse approfondie des indicateurs de rentabilité et à identifier les défis spécifiques liés à la production de sésame dans la commune de Matéri, au Nord-Bénin. Des données primaires concernant les caractéristiques socio-démographiques des producteurs, les coûts associés aux facteurs de production, la production totale obtenue et les difficultés rencontrées ont été collectées sur un échantillon aléatoire de 171 producteurs répartis dans quatre (04) arrondissements via l'application Kobocollect. Les principaux outils d'analyse utilisés sont les statistiques descriptives et les indicateurs de la rentabilité. Les résultats justifient l'importance économique et financière de la production du sésame avec une marge nette de 257 273 FCFA/Ha et un ratio bénéfice-coût impressionnant de 4,18 FCFA. Toutefois, les producteurs sont confrontés à l'absence d'assistance technique (85,48%), le manque d'outillage approprié (80,71%) et l'attaque par les insectes (17,85%). Ces résultats suggèrent la nécessité d'une attention accrue des décideurs envers le sésame comme culture pouvant contribuer au bien-être de la population rurale au Bénin.

Mots clés : Sésame, Coût de production, bien-être, Afrique de l'ouest.

Economic and financial importance of sesame (*Sesamum indicum* L.) production in North Benin: an underexploited treasure

Abstract: Sesame is a crop of tripartite significance as it is a main source of income, facilitates soil fertility rejuvenation, and has a great nutritional value. However, its production is struggling to develop and is currently limited to a few producers in Benin. This research seeks to conduct an in-depth analysis of profitability indicators and to identify the specific challenges

associated with sesame production in the municipality of Matéri in northern Benin. Primary data on the socio-demographic characteristics of producers, costs associated with inputs, total output obtained, and difficulties encountered were collected from a random sample of 171 producers across four (04) districts via the Kobocollect application. The main analysis tools used were descriptive statistics and profitability indicators. The results attest to the economic and financial viability of sesame production, highlighted by a net margin of 257 273 XOF per hectare and a remarkable profit-to-cost ratio of 4.18 XOF. However, producers are confronted with the absence of technical assistance (85.48%), lack of appropriate tools (80.71%) and insect attacks (17.85%). These results suggest that agricultural policies should accord heightened attention to sesame as a crop that can contribute to the well-being of the rural population in Benin.

Keywords: Sesame, production cost, well-being, West Africa.

1. Introduction

L'une des principales menaces au développement des pays africains reste la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Au Bénin, 35 % de la population souffre de pauvreté multidimensionnelle (INSAE, 2016). Pour améliorer cette situation, le secteur agricole apparaît comme un secteur de choix où plusieurs stratégies de promotion des cultures à fort potentiel économique sont promues par le gouvernement. En particulier, l'encouragement des producteurs à privilégier des cultures qui puissent leur permettre d'accroître la capacité de production et d'acquérir des équipements agricoles plus modernes est considéré comme une alternative crédible. Depuis 2016, le gouvernement béninois a priorisé certaines cultures à investissement massif telles que le coton, l'anacarde, l'ananas et le soja (MAEP, 2017).

Parmi la liste des cultures prometteuses à la production et à l'exportation au Bénin, figure le sésame qui revêt une triple importance. Premièrement, c'est une culture à fort potentiel économique, faisant l'objet d'un commerce international en plein essor pour ses graines, son huile et son tourteau (Amoukou et al., 2013). Sa production améliore le pouvoir d'achat en milieu rural et renforce l'autonomisation des femmes qui sont les principales couches productrices de la spéculation (Nouhou, 2019). Deuxièmement, sa production étant moins exigeante en fertilisants agricoles et pouvant être installée dès les premières pluies, elle est adaptée aux conditions actuelles de variabilité climatique. En outre, ses feuilles contribuent à la régénération de la fertilité du sol (Diatta et al., 2022). Troisièmement, le sésame présente une valeur nutritionnelle élevée, étant riche en (acides gras (45 à 55%), en protéines (19 à 25%) et en minéraux (Ca, P, Mg, Fe, Zn) (Sene et al., 2017), de même qu'en vitamines (B et E), antioxydants et autres éléments minéraux comme le sélénium (Se) et le potassium (K) (Moazzami et al., 2007 ; Myint et al., 2020).

Par exemple, au Burkina Faso, la production de sésame est l'une des principales sources de revenus pour les deux tiers des ménages/exploitations du pays, particulièrement pour les groupes vulnérables (jeunes,

femmes) (MAHRH, 2009). Toutefois, sa production peine à se développer et n'est entreprise que par 0,3% des producteurs béninois (MAEP, 2017).

Les études scientifiques sur la rentabilité de la production de sésame au Bénin sont disponibles (Ajavon et al., 2015 ; Dossa et al., 2023), mais elles paraissent ordinaires car la marge nette de production ou le revenu net a été le seul indicateur de rentabilité utilisé.

Dans ce contexte, la présente recherche vise à combler cette insuffisance en analysant non seulement la rentabilité de la production de sésame au Nord-Bénin avec d'autres indicateurs de performance, tels que le ratio bénéfice-coût, mais aussi en se consacrant à l'analyse des contraintes rencontrées par les producteurs dans ce domaine. L'ensemble de ces indicateurs serviront de base et d'outils de plaidoyer auprès des gouvernants pour la promotion du sésame comme nouvelle culture.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description et justification du milieu d'étude

Le milieu d'étude est la commune de Matéri, située au Nord-Ouest du Département de l'Atacora, avec une superficie de 4 800 km². Cette commune se trouve entre 10°38' et 11°4' de latitude Nord et 0°48' et 1°10' de longitude Est. La principale activité économique de la commune est l'agriculture, employant environ 79,22 % de la population active (Mairie de Matéri, 2016). Dans cette commune, le sésame est considéré comme l'une des cultures porteuses (Mairie de Matéri, 2016). En outre, la situation géographique de cette commune favorise les échanges de sésame avec les pays limitrophes, tels que le Burkina Faso et le Togo (figure 1). Sur les six (06) arrondissements de cette commune, quatre (04) ont été sélectionnés de manière raisonnée, après consultation avec les acteurs de la vulgarisation agricole de la zone, en se basant sur la quantité de sésame produite. Ainsi, les arrondissements de Dassari, Gouandé, Matéri centre et Tantéga ont été sélectionnés.

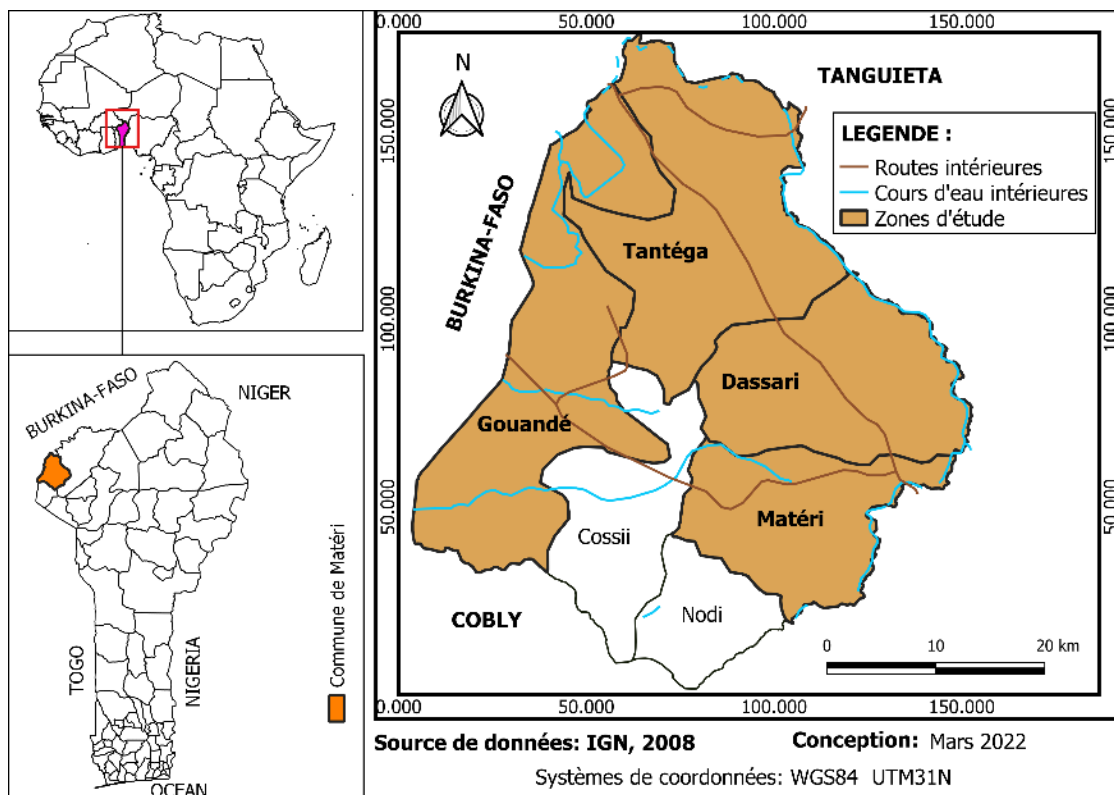


Figure 1: Carte du milieu d'étude / Map of the study area

2.2. Echantillonnage et base de données

L'unité d'observation de cette étude est le producteur de sésame. La liste des producteurs, disponible à la Cellule Communale de l'Agence Territoriale de Développement Agricole de Matéri, a permis de constituer l'échantillon de l'étude de façon aléatoire en utilisant un générateur de nombres aléatoires dans Excel.

La taille de l'échantillon (171 producteurs) a été déterminée en utilisant la formule de Cochran (1977), qui a également été utilisée dans des études antérieures, telles que celles de Dicko (2011) :

$$n = p(1 - p)z^2 / e^2$$

Tableau 1: Données de calcul de la taille de l'échantillonnage / Data for calculating the sample size

Indices	Significations	Valeurs
n	Taille de l'échantillon à déterminer	Indice calculé
p	Pourcentage des producteurs de sésame dans la commune	0,87
z	Score correspondant à l'intervalle de confiance désiré	1,96
e	Marge d'erreur	0,05

Source : Résultat de la phase exploratoire

La collecte des données a été réalisée sur la base d'un questionnaire enregistré dans kobocollect et rempli lors des entretiens individuels. Les données primaires collectées ont porté sur les caractéristiques sociales et démographiques des producteurs (âge, expérience, superficie emblavée, genre, niveau d'instruction et d'alphabétisation), l'estimation des coûts totaux de production (coûts variables et coûts fixes), le prix de vente du sésame et les contraintes de production y afférents.

2.3. Méthode d'analyse de données

Des statistiques descriptives ont été utilisées pour présenter les fréquences relatives et absolues, moyennes (avec écart-type), ainsi que les maximums et minimums des données collectées suivant leur nature. Plus spécifiquement, la marge nette de production de sésame et le ratio bénéfice-coût ont été utilisés comme indicateurs d'analyse de la rentabilité.

2.3.1. Marge Nette (MN)

Pour calculer la marge nette de production de sésame, il est possible d'utiliser directement : soit le produit brut en valeur, soit la marge brute de production. Dans le premier cas, les coûts totaux /charges totales de

production sont déduits directement du produit brut en valeur. Dans le second cas, seuls les coûts fixes sont déduits de la marge brute (Yabi et al., 2012; Sigue et al., 2019). Les formules mathématiques de ces deux méthodes de calcul s'écrivent de la manière suivante :

$$MN = PBV - (CV + CF) \text{ ou } MN = MB - CF$$

(en FCFA/Ha)

PBV (Produit Brut en Valeur) : correspond à la valeur totale des produits issus d'un processus de production. Dans son calcul, les flux internes ont été comptabilisés ainsi que les productions non encore vendues au prix du marché, c'est-à-dire au prix auquel le producteur pourrait vendre sa production (Sodjinou, 2016).

CV (Coûts Variables) : englobent les dépenses liées à l'acquisition d'intrants de productions de sésame. Dans cette recherche, il s'agit notamment des prix liés à la main d'œuvre et aux transports des produits de récolte.

CF (Coûts Fixes) : dépenses qui ne dépendent pas du volume de production, principalement les dépenses d'investissement. Dans cette recherche, les coûts fixes regroupent la valeur de l'amortissement linéaire des outils et équipements utilisés par les producteurs de sésame.

Lorsque $MN > 0$, la production de sésame est économiquement rentable. Si $MN < 0$, elle ne l'est pas (Paraïso et al., 2011; Yabi et al., 2012; Sigue et al., 2019). Cette deuxième situation peut être due à des coûts variables trop importants et un produit brut insuffisant pour couvrir ces coûts, ou à des coûts fixes exorbitants.

Il est important de préciser que le revenu agricole du producteur est assimilé à la marge nette de la production du sésame dans cette recherche.

2.3.2. Bénéfice/Coût (RBC)

Le Ratio Bénéfice/Coût est un indicateur d'analyse financière qui exprime le profit financier obtenu par l'investissement d'une unité de capital (Yabi et al., 2012 ; Sigue et al., 2019). Soit D l'ensemble des bénéfices obtenus après un investissement total (également appelé produit brut en valeur) et CT l'ensemble de tous les coûts de production exprimés en valeur, y compris la main d'œuvre familiale. La formule est la suivante :

$$RBC = \frac{D}{CT}$$

L'interprétation du RBC se fait en le comparant à la valeur « 1 ». Les deux possibilités de cas qui peuvent être observés sont : (i) $RBC > 1$, alors la production de sésame est financièrement rentable car 1 FCFA investi génère donc plus d'1FCFA ; (ii) $RBC < 1$, alors la production de sésame n'est pas financièrement rentable car elle ne permet pas de récupérer le capital investi.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques sociales et démographiques des producteurs de sésame enquêtés

Le tableau 2 présente les caractéristiques des producteurs de sésame enquêtés dans la commune de Matéri.

Dans le milieu de recherche, l'âge moyen des producteurs enquêtés est de 38 ans ($\pm 12,52$) avec une expérience moyenne de 3 ans ($\pm 1,31$) dans la production de sésame. La production de sésame est donc une nouvelle activité réalisée par les jeunes. Ces producteurs emblavent en moyenne, 1,95 Ha ($\pm 1,63$) avec un maximum de 7 Ha.

La majorité des producteurs sont des hommes (91,81%). Quant au niveau de scolarisation des enquêtés, il faut noter que 66,67% des enquêtés sont scolarisés mais seulement 38,60% savent lire et/ou écrire dans leurs langues locales.

3.2. Indicateurs de rentabilité de la production de sésame

Le tableau 3 renseigne les indicateurs de rentabilité économique et financière estimés.

Les producteurs dépensent en moyenne 45 728 FCFA comme coût total de production à l'hectare. Cette charge totale d'exploitation est totalement couverte par le produit brut en valeur qui s'élève en moyenne à 303 000 FCFA à l'hectare. La marge nette, qui est la différence entre ces deux valeurs, est positive, s'élevant à 257 273 FCFA/Ha. Les valeurs de cet indicateur justifient que la production de sésame est rentable économiquement.

Le ratio bénéfice-coût estimé est supérieur à 1, suggérant qu'un investissement de 1 FCFA dans la production de sésame génère en moyenne 4,18 FCFA. Cela confirme que la production de sésame est également financièrement rentable.

3.3. Contraintes liées à la production du sésame

La figure 2 présente les contraintes rencontrées par les producteurs de sésame.

La plupart des producteurs font face à des difficultés d'ordre technique et de commercialisation. Les difficultés d'ordre technique comprennent l'absence d'assistance technique (85,48%), le manque d'outils appropriés pour la production (80,71%) et les attaques par les insectes (17,85%). En ce qui concerne les contraintes liées à commercialisation, l'instabilité des prix a été soulignée, bien que dans une proportion relativement faible (3,57%).

Tableau 2 : Caractéristiques socio-démographiques des producteurs / Demographic and social characteristics of producers

Variables	Variables quantitatives			
	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Age	38,22	12,52	17	78
Expérience dans la production de sésame	2,32	1,31	1	11
Superficie production sésame Ha	1,43	1,20	0,25	7
	Variables qualitatives			
	Effectifs		Pourcentage (%)	
Sexe	Homme	157	91,81	
	Femme	14	8,19	
Scolarisation	114		66,67	
Alphabétisation	66		38,60	

Source : Résultats d'analyse des données d'enquêtes, 2021

Tableau 3 : Coûts de production et indicateurs de rentabilité / Production costs and profitability indicators

Indicateurs	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
Produit brut en valeur (FCFA/Ha)	303 002	169 868	30 000	1 852 500
Charge Variable (FCFA/Ha)	30 843	19 192	2 400	117 500
Charge fixe (FCFA/Ha)	14 885	14 563	0	134 208
Coût total de production (FCFA/Ha)	45 728	23 792	3429	180 208
Valeur de la main d'œuvre familiale (FCFA/Ha)	32 374	17 384	5129	962 189
Marge nette (FCFA/Ha)	257 274	167 178	22931	1811238
Ratio Bénéfice-Coût (FCFA)	4,18	2,40	0,74	21,83

Source : Résultats d'analyse des données d'enquêtes, 2021.

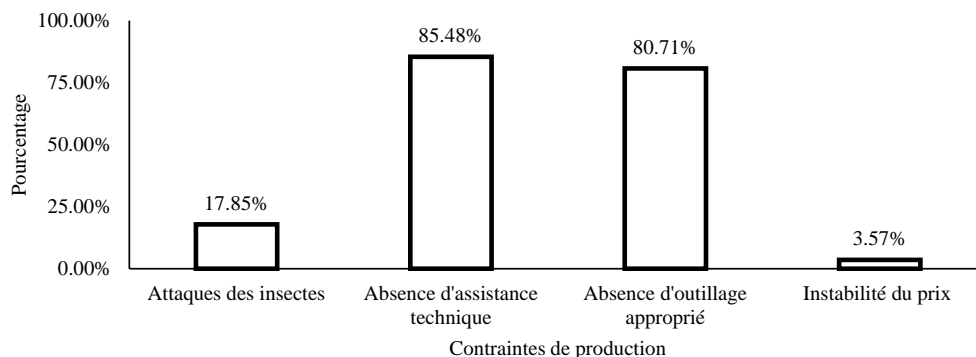


Figure 2 : Contraintes rencontrées par les producteurs de sésame / Challenges faced by sesame producers

Source : Résultats d'analyse des données d'enquêtes, 2021.

4. Discussion

Cette étude visait à évaluer la rentabilité de la production de sésame et les contraintes rencontrées par les producteurs dans la commune de Matéri au Nord-Bénin. Les résultats principaux indiquent que la production de sésame est devenue une activité principalement masculine, économiquement rentable, nécessitant une forte implication de la main-d'œuvre familiale. Cependant, les producteurs sont confrontés à des défis tels que l'absence d'assistance technique, le manque d'outillage approprié, et les attaques de ravageurs.

4.1. Dynamique de genre dans la production de sésame

Il est intéressant de noter que, contrairement à la perception courante de la production de sésame en tant qu'activité féminine (Nouhou, 2019), il est devenu manifeste que cette activité est en train de prendre une tournure majoritairement masculine. Cette tendance peut être attribuée aux responsabilités traditionnelles des hommes en tant que principaux pourvoyeurs des ménages, combinées à l'accès à des marchés de proximité pour l'écoulement des produits, incitant ainsi plus d'hommes à s'engager dans la production de sésame.

4.2. Rentabilité économique de la production de sésame

L'étude montre également que la production de sésame est économiquement rentable, ce qui est cohérent avec les constatations d'Amoukou et al. (2013). Les producteurs sont capables de couvrir les charges d'exploitation courantes, telles que les charges variables et les charges fixes, en dégagant des marges nettes positives. De plus, le ratio bénéfice-coût est impressionnant, suggérant que pour chaque franc CFA investi, les producteurs peuvent gagner près de quatre fois ce montant. Cette rentabilité est supérieure à celle de cultures traditionnelles telles que le maïs et le coton (les deux spéculations phares du Nord-Bénin, comme indiqué par Dossa et al. (2018). En effet, selon Dossa et al. (2018), bien que le maïs et le coton soient des cultures très encadrées et produites spécialement et pour assurer respectivement la sécurité alimentaire et un revenu conséquent aux ménages, elles présentent un ratio bénéfice coût de 1,28 F CFA et 1,16 F CFA. Aussi, Paraiso et al. (2011) ont montré qu'en investissant 1 F CFA dans la production du fonio au Nord-Bénin, les producteurs gagneraient en moyenne plus du double de leur investissement soit 2,78 F CFA. Ce gain comparé à la moyenne obtenue dans cette étude montre une fois encore que la production de sésame se retrouve en meilleure position que la production de Fonio. Ces résultats corroborent ceux de Ajavon et al. (2015) qui ont souligné que la rusticité du sésame permettait de le cultiver sans un investissement majeur dans les inputs. La valeur des produits bruts arrive à amortir les charges totales de production y compris la valeur de la main d'œuvre

familiale. Dans notre étude, seulement 1,16% des enquêtés n'arrivaient pas à récupérer le capital investi.

4.3. Importance de la main d'oeuvre familiale

La production de sésame exige une importante participation de la main-d'œuvre familiale. Ce besoin est potentiellement dû à une faible connaissance des techniques de production avancées et à l'absence de matériels et d'équipements de production qui pourraient réduire la nécessité de travail manuel, comme le soulignent Fayama et Togbe (2020). Dans la présente étude, la valeur moyenne de la main d'œuvre familiale esy estimée à 32 374 FCFA/Ha, qui est supérieure à la moyenne des dépenses effectuées dans la charge variable utilisée (30 840 FCFA/Ha). Cette implication significative de la main-d'œuvre familiale dans la production de sésame peut également être considérée comme un indicateur de l'importance de cette activité pour les ménages dans la commune de Matéri.

4.4. Défis et contraintes de la production de sésame

Malgré la rentabilité de la production de sésame, il est crucial de considérer les défis auxquels les producteurs sont confrontés. Ceux-ci incluent l'absence d'assistance technique, le manque d'outillage approprié, et la vulnérabilité aux attaques de ravageurs. Ces défis sont cohérents avec les observations de Myint et al. (2020) et de Teklu et al. (2021). Ces défis nécessitent des interventions ciblées pour soutenir les producteurs et optimiser la production de sésame. De telles interventions peuvent inclure le soutien technique, la formation, et la mise à disposition d'outils et d'équipements adéquats. Cela aidera non seulement à augmenter la production mais aussi à améliorer la qualité de vie des producteurs.

5. Conclusion

La culture de sésame joue un rôle essentiel dans le Nord-Bénin en raison de ses multiples avantages, notamment sa contribution significative aux revenus des ménages, son potentiel dans l'amélioration de la fertilité des sols, et sa haute valeur nutritionnelle. Cette étude a mis en évidence que la production de sésame est non seulement économiquement rentable, avec un bénéfice net de 257 273 FCFA/Ha, mais aussi financièrement attrayante avec un ratio bénéfice-coût de 4,28. Cela suggère que la culture de sésame peut être une alternative viable aux cultures traditionnelles, en particulier pour les hommes qui semblent s'engager de plus en plus dans cette activité. Cependant, pour améliorer les conditions de vie des producteurs et renforcer la filière sésame, des interventions ciblées sont nécessaires. Ces interventions devraient inclure l'assistance technique pour améliorer les connaissances et compétences des

producteurs, et l'approvisionnement en équipements et outils adéquats qui peuvent augmenter l'efficacité de la production tout en réduisant la dépendance à la main-d'œuvre familiale.

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements à l'endroit des producteurs de sésame du milieu d'étude et les acteurs de développement agricole de la commune de Matéri pour leur disponibilité tout au long de la collecte des données.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	A. Gbeto et R. N. Yegbemey
Collecte des données	A. Gbeto
Analyse des données	M. D. Dohou
Acquisition de financement	R. N. Yegbemey
Méthodologie	A. Gbeto et M. D. Dohou
Gestion du projet	A. Gbeto et M. D. Dohou
Supervision	R. N. Yegbemey et J. A. Afouda
Rédaction manuscrit initial	A. Gbeto et M. D. Dohou
Révision et édition manuscrit	A. Gbeto, M. D. Dohou, R. N. Yegbemey et J. A. Afouda

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Ajavon, A., Bello, S., Adegbola, P., 2015. Incidences socio-économiques et environnementales de la culture du sésame dans la commune de Tanguéta au Nord-Ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, Numéro spécial Economie et Sociologie Rurales - Décembre 2015, 1-14.

Amoukou, I.A., Boureima, S., Lawali, S., 2013. Caractérisation agro-morphologique et étude comparative de deux méthodes d'extraction d'huile d'accessions de sésame (*Sesamum indicum* L.). *Agronomie Africaine* 25, 71-82.

Cochran, W.G., 1977. *Sampling Techniques* (3rd edition). John Wiley & Sons, New York.

Diatta, M. B., Diouf, M., & Faye, E., 2022. Le sésame en succession avec le mil et l'arachide en conditions hivernales dans le Centre-Nord du bassin arachidier du Sénégal. *Afrique Science*, 20(2), 120-130.

Dicko, F.N., 2011. Amélioration de la méthode d'échantillonnage en deux cycles et application à l'estimation du total de la population. *Library and Archives Canada / Bibliothèque et Archives Canada*, Ottawa.

Dossa, F.K., Todota, C.T., Miassi, Y.E., Agboton, A. G., 2018. Analyse comparée de la performance économique des cultures de coton et de maïs au Nord-Bénin: cas de la commune de Kandji. *International Journal of Current Innovations in Advanced Research* 1, 118-130.

Dossa, K. F., Enete, A. A., Miassi, Y. E., & Omotayo, A. O., 2023. Economic analysis of sesame (*Sesamum indicum* L.) production in Northern Benin. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1015122. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1015122>

Fayama, T., Togbe, C.T., 2020. Les déterminants de la faible production du sésame dans la zone ouest du burkina-faso. *RILALE* 3(3), 69-79

INSAE, 2016. *Cahier des villages et quartiers de ville : Département de l'Atacora*. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), Cotonou, Bénin. 123 p.

Mairie de Matéri, 2016. *Plan de développement communal de Matéri 2^{ème} génération, période 2011-2015*, 203 p.

MAEP, 2017. *Plan stratégique de relance du Secteur Agricole (PSDSA): orientations stratégiques 2025 et Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (PNIASAN) 2017 - 2021 version provisoire*. Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, Bénin, 135 p.

MAHRH, 2009. *Plan stratégique filière sésame. Rapport final*. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. 56p.

Moazzami, A.A., Andersson, R.E., Kamal-Eldin, A., 2007. Quantitative NMR analysis of a sesamin catechol metabolite in human urine. *The Journal of nutrition* 137, 940-944.

Myint, D., Gilani, S.A., Kawase, M., Watanabe, K.N., 2020. Sustainable sesame (*Sesamum indicum* L.) production through improved technology: An overview of production, challenges, and opportunities in Myanmar. *Sustainability* 12, 3515.

- Nouhou, I., 2019. Le sésame au Niger : d'une culture de case à une culture de rente. IN: CTA. 2019. Innovation et promotion des chaînes de valeurs de produits agricoles locaux en Afrique. CTA Experience Capitalization Series 10. Wageningen (Pays-Bas). <https://hdl.handle.net/10568/101546>
- Paraíso, A., Sossou, A.C.G., Yegbemey, R.N., Biaou, G., 2011. Analyse de La Rentabilité de la Production du Fonio (*Digitaria exilis* S.) dans la Commune de Boukombe au Bénin. Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo) Série A 13, 27–37.
- Sene, B., Sarr, F., Sow, M.S., Diouf, D., Niang, M., Traoré, D., 2017. Physico-chemical composition of the sesame variety (*Sesamum indicum* L.) 32-15 and characterization of its derived products (seeds, oil and oilcake) in Senegal. Food Sci Qual Manag 65, 5–10.
- Sigue, H., Labiyi, I.A., Yabi, J.A., Biaou, G., 2019. Effet des composantes de la technologie microdose sur la performance économique et financière des exploitations agricoles du Kouritenga et du Zondoma au Burkina Faso. African Crop Science Journal 27, 331–349.
- Sodjinou, E., 2016. Guide pratique d'analyse financière d'une entreprise agricole : Théorie et application à la pisciculture. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). 64p.
- Teklu, D.H., Shimelis, H., Tesfaye, A., Abady, S., 2021. Appraisal of the Sesame Production Opportunities and Constraints, and Farmer-Preferred Varieties and Traits, in Eastern and Southwestern Ethiopia. Sustainability, 13(20), 11202. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/20/11202#>
- Yabi, J.A., Paraíso, A., Yegbemey, R.N., Chanou, P., 2012. Rentabilité économique des systèmes rizicoles de la commune de Malanville au Nord-est du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales - Décembre 2012, 1–12.

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.



Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Déterminants de l'adoption des technologies de sédentarisation de la production d'igname au Centre-Bénin : une analyse basée sur la régression probit

Sabine TEDE^{1*} , Epiphane SODJINOUE^{1,2} , Léonard Cossi HINNOU³ 

* Auteur Correspondant

¹ Unité de Recherche en Économétrie Appliquée et Politique Agricole (UREPA), Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES), Université de Parakou

² Ecole Nationale de Statistique de Planification et de Démographie & Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

³ Programme Analyse de la Politique Agricole (PAPA), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Emails : tede.sabine@gmail.com ; sodjinoue@gmail.com ; hinnou.leo@gmail.com

Reçu le 29 Septembre 2022 - Accepté le 24 Mai 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : La production de l'igname, basée essentiellement sur des cultures itinérantes sur brûlis dans les forêts naturelles ou les savanes arborées, entraîne la dégradation des terres, l'appauvrissement des sols et la perte de la biodiversité. Afin de remédier à ces problèmes, les systèmes agroforestiers sont promus en tant que pratiques agricoles alternatives visant à améliorer la fertilité des sols, les rendements de l'igname et la préservation de l'environnement par le biais de la sédentarisation de la production d'igname. La présente étude avait pour objectif d'analyser les déterminants de l'essai et de l'adoption de deux technologies de sédentarisation : la rotation *Mucuna pruriens var utilis*-igname et l'association *Gliricidia sepium*-igname. Les données ont été collectées auprès de 173 producteurs d'igname sélectionnés de manière aléatoire dans quatre communes du département des Collines, au Centre-Bénin. L'analyse de régression probit a montré que l'alphabétisation, l'accès au crédit et la participation à une formation sur la gestion de la fertilité des sols sont des facteurs déterminant positivement l'essai des différentes technologies. Les producteurs vivant proches des marchés ont une plus grande propension à expérimenter les technologies de sédentarisation pour la production d'igname par rapport à ceux qui se trouvent à une distance relativement plus éloignée de ces marchés. Une fois les technologies testées, la disponibilité de main-d'œuvre, la capacité des technologies à restaurer la fertilité des sols, à améliorer le rendement de l'igname et le revenu, à maintenir la qualité de l'igname, voire à contrôler les adventices deviennent cruciales dans la décision finale du producteur d'adopter lesdites technologies. Après l'essai des technologies, l'appui-conseil sur les aspects techniques devient moins important si les producteurs n'ont pas accès au crédit nécessaire pour mettre en œuvre ces technologies. Par conséquent, l'appui-conseil aux producteurs ayant déjà testé la technologie devrait accorder une attention particulière à faciliter l'accès à un crédit adéquat.

Mots clés : *Dioscorea alata*, adoption, *Mucuna pruriens*, *Gliricidia sepium*, Gestion de la fertilité des sols.

Determinants of the adoption of sedentarization technologies for yam production in Central Benin: a probit regression analysis

Abstract: Yam production, based essentially on shifting cultivation practices such as slash-and-burn cultivation in natural forests or tree savannas, has resulted in land degradation, soil nutrient depletion and biodiversity loss. To address these challenges, agroforestry systems are promoted as alternative farming practices to enhance soil fertility, yam yields, and environmental preservation through the sedentarization of yam production. This study aims to analyze the determinants of trialing and adopting two sedentarization technologies: *Mucuna pruriens var utilis* - yam rotation and *Gliricidia sepium* -

yam association. Thus, data were collected from 173 randomly selected yam producers in four communes of the Collines Province, in central Benin. Probit regression analysis revealed that literacy, access to credit and participation in training on soil fertility management positively influence the trialing of different technologies. Producers residing near markets are more likely to try sedentarization technologies for yam production compared to those located farther away. Once the technologies have been trialed, factors such as labor availability, the technologies' ability to restore soil fertility, improve yam yields and income, maintain yam quality, and control weeds become crucial in the producer's final decision to adopt these technologies. Moreover, after the initial trial, the importance of technical advice diminishes if producers lack access to the necessary credit for technology implementation. Therefore, support and guidance for producers who have already tried the technology should prioritize facilitating access to appropriate credit.

Keywords: *Dioscorea alata*, adoption, *Mucuna pruriens*, *Gliricidia sepium*, Soil fertility management.

1. Introduction

L'igname (*Dioscorea alata*), avec une production annuelle de 74 millions de tonnes, représente l'aliment de base de près de 500 millions de personnes situées essentiellement en Afrique tropicale (FAOSTAT, 2022). Au Bénin, la production annuelle de cette culture au cours des dix dernières campagnes est estimée à 3 294 100 tonnes avec un taux d'accroissement d'environ 15% (DSA, 2022). Cet accroissement s'explique notamment par l'augmentation des superficies cultivées plutôt que par l'amélioration de la productivité (Adifon et al., 2019).

En effet, la culture de l'igname est extensive et caractérisée surtout par une pratique itinérante (changement fréquent de parcelles) avec brûlis des forêts naturelles ou des savanes arborées (Maliki, 2013). En conséquence, on assiste à la dégradation des terres, l'appauvrissement des sols en éléments nutritifs et la perte de la biodiversité (Adifon et al., 2015). Malheureusement, la pression démographique est de plus en plus forte et les possibilités d'avoir des terres en jachère s'amenuisent d'année en année (Akpo et al., 2016). Ainsi, les agriculteurs sont obligés de cultiver l'igname dans des systèmes de rotation avec des jachères de courte durée ou des rotations culturales parfois inadaptes (maïs/sorgho-igname, coton-igname, etc.) (Doumbia, 2005).

Face à cette contrainte de baisse de la fertilité et l'impossibilité aux agriculteurs de continuer avec la pratique des cultures itinérantes traditionnelles en jachère de longue durée, diverses technologies et pratiques culturales ont été introduites en milieu paysan par les institutions de recherche et les projets de développement. Il s'agit en particulier des technologies agroforestières à base de légumineuses telles que le *Mucuna pruriens var utilis* et le *Gliricidia sepium* qui ont un potentiel de fixation de l'azote et d'amélioration de la disponibilité de la matière organique dans le sol (Maliki, 2006).

Ces différentes légumineuses ont fait l'objet de plusieurs années de recherche en vue de la sédentarisation

de la production de l'igname, tout en améliorant sa productivité (Maliki, 2013 ; Maliki et al., 2017). Bien que des études antérieures se sont intéressées à ces technologies utilisées pour la production d'igname (Maliki et al., 2000 ; Baba et al., 2016 ; Baco et al., 2013 ; Maliki et al., 2017), elles ont pour la plupart mis l'accent sur les contraintes liées à leur utilisation. Des études, par exemple Gachet (2017), ont montré que le *Mucuna pruriens var utilis* peut produire 50 à 100 tonnes par hectare de matière organique et dispose également de la capacité de réduction de la croissance des mauvaises herbes. Cela explique le fait qu'elle soit utilisée comme culture de jachère et en tant que engrais vert (Kavitha et Thangamani, 2004). Par ailleurs, le *Gliricidia sepium*, grâce à son système racinaire profond, remonte les éléments nutritifs à la surface pour nourrir les plantes et produit facilement de nouveaux rejets après avoir été recépé (Cornet et al., 2006 ; Gachet, 2019). Cette capacité de bourgeonnement de *Gliricidia sepium* constitue un avantage et réduit les coûts d'investissement dans le renouvellement des semences après une première utilisation. Dans la même logique, Maliki (2014) a montré que l'utilisation du *Gliricidia sepium* comme bois de feu ou bois d'œuvre et l'usage de ses feuilles dans les traitements thérapeutiques concourent également à son adoption. Ces études ne ressortent donc pas les facteurs socioéconomiques qui expliquent l'adoption des plants agroforestiers à fort potentiel de sédentarisation et d'amélioration de la productivité de l'igname tels que le *Mucuna pruriens var utilis* et le *Gliricidia sepium*. Il est toutefois à noter que Adegbola et Adekambi (2006) et Adekambi et al. (2021) ont analysé les déterminants d'adoption des mesures de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (dont le mucuna et le gliricidia) en lien avec la production du maïs.

La présente étude contribue donc à améliorer la compréhension de l'adoption des technologies de sédentarisation de la production d'igname, telles que la rotation *Mucuna pruriens var utilis*-igname (dans la suite du papier, les expressions "rotation *Mucuna pruriens var utilis*-igname" ou simplement mucuna seront utilisées indifféremment pour désigner cette technologie),

l'association *Gliricidia sepium*-igname (dans la suite du papier, "association *Gliricidia sepium*-igname" ou simplement *gliricidia* seront employés indifféremment pour désigner cette technologie), et des facteurs qui les déterminent. Il est attendu que les résultats de cette étude orientent mieux les stratégies et les politiques agricoles dans le sens de renforcer la dissémination des technologies capables non seulement de préserver l'environnement mais surtout de rendre durable la production d'igname.

2. Méthodologie

2.1. Cadre d'analyse de l'adoption des technologies de sédentarisation de la production de l'igname

Au niveau d'une exploitation agricole, l'adoption d'une technologie de sédentarisation de l'igname peut être définie comme étant le degré avec lequel la technologie est utilisée par l'exploitant lorsqu'il a des informations suffisantes sur ladite technologie (Feder et al., 1985). L'adoption d'une technologie fait donc référence à la décision de mettre en œuvre des propositions techniques nouvelles dans des systèmes de production existants (Van et al., 1994). Cette décision d'adoption des technologies de sédentarisation de l'igname peut se dérouler en trois grandes étapes : la connaissance qui est la phase d'information, la phase d'expérimentation où l'individu essaie l'innovation à petite échelle pour voir de façon pratique ses performances, et la phase d'adoption où l'individu utilise de façon continue la technologie considérée (Rogers, 2003). Dans la présente étude, étant donné que les données ont été collectées uniquement sur les producteurs d'igname ayant une bonne connaissance des technologies de sédentarisation de la production d'igname, le reste de l'article sera donc concentré sur l'essai et l'adoption (l'utilisation continue) de ces technologies.

La décision d'essayer et puis d'adopter une technologie donnée est généralement influencée par plusieurs catégories de facteurs comprenant les facteurs intrinsèques à la technologie (systèmes techniques existant, savoir-faire, risques, etc.), les facteurs relatifs à l'environnement de l'exploitant, les facteurs liés à l'exploitant (âge, niveau d'instruction, ses perceptions, etc.), les facteurs institutionnels (contact avec les structures de vulgarisation, normes, règles, valeurs, etc.) (Rogers, 2003 ; Ngondjeb et al., 2011 ; Sodjinou, 2011 ; Roussy et al., 2015).

Selon Fourgère (2010), étant donné que l'exploitant est rationnel, il utilise toute l'information relative à la technologie (rendement, cycle de maturité, résistance aux maladies, coûts des nouvelles technologies, préférences des consommateurs, etc.) afin de l'évaluer et décider de son essai et puis son adoption ou non. Cette évaluation dépend aussi des ressources dont dispose le

producteur, son niveau d'instruction, ses préférences et ses objectifs. Compte tenu du fait que ces éléments varient d'un producteur à un autre, les réactions ou la décision d'essai et la décision d'adoption vont aussi dépendre du producteur. En conséquence, certains vont réagir favorablement à la technologie et d'autres non. Dans ces circonstances, la décision du producteur peut être expliquée en se référant à la théorie de la maximisation de l'utilité espérée (Verbeek, 2004). Cette théorie stipule que la décision du producteur, à un moment donné, dépend de l'utilité qu'il espère obtenir de la nouvelle technologie comparativement à une ancienne technologie, c'est-à-dire celle qu'il utilisait (Chebil et al., 2009 ; Sodjinou, 2011).

Ainsi, soit U_{i1} l'utilité procurée par l'utilisation d'une technologie donnée de sédentarisation de l'igname pour un producteur i , et U_{i0} l'utilité espérée de l'utilisation de la technologie alternative (technologie traditionnelle ou l'ancienne technologie). Le producteur i adoptera la nouvelle technologie si $U_{i1} > U_{i0}$, c'est-à-dire lorsque l'utilité procurée par la nouvelle technologie est supérieure celle de la technologie traditionnelle. Autrement dit, le producteur essaie ou adopte la nouvelle technologie lorsque la différence d'utilité ($U_{i1} - U_{i0}$) est supérieure à 0. Selon Verbeek (2004), pour un producteur i donné, cette différence d'utilité peut être écrite comme étant une fonction des facteurs observables pouvant influencer l'essai ou l'adoption de la technologie, soit x_i , et des facteurs non observables ε_i . L'équation peut s'écrire comme suit :

$$y^* = U_{i1} - U_{i0} = X_i'\beta + \varepsilon_i \quad (1)$$

La variable y^* , qui n'est pas observable, est appelée variable latente. Dans le cas de la présente étude, l'essai de même que l'adoption d'une technologie donnée sont considérés comme binaire, avec 1 lorsque le producteur essaie ou adopte la technologie et 0 si non. Dans cette condition, la relation entre la variable latente y^* et la variable binaire y effectivement observée peut s'écrire :

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{si } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

De manière simple, l'équation (2) revient à déterminer la probabilité qu'un individu essaie ou adopte une technologie, c'est-à-dire :

$$p(y_i = 1|x_i) = F(x_i'\beta) \quad (3)$$

avec F , une fonction ayant des valeurs comprises entre 0 et 1. Dans la littérature sur les études d'adoption deux formes de distribution pour la fonction F sont généralement utilisées, à savoir, la distribution normale conduisant au modèle probit et la fonction de

distribution logistique standard conduisant au modèle logit. Le modèle probit est donné par :

$$F(w) = \varphi(w) = \int_{-\infty}^w \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}t^2\right\} dt \quad (4)$$

et le modèle logit peut s'écrire :

$$F(w) = L(w) = \frac{e^w}{1+e^w} = \frac{e^{x_i'\beta}}{1+e^{x_i'\beta}} \quad (5)$$

avec $w = x_i'\beta$.

En pratique, le modèle logit et le modèle probit conduisent aux mêmes conclusions. En conséquence, à défaut d'arguments théoriques sérieux, l'on peut choisir l'une ou l'autre des deux formes fonctionnelles dans les études empiriques. Pour la présente étude, le modèle probit a été retenu pour estimer la probabilité d'essai ou d'adoption des technologies de sédentarisation de la production d'igname.

2.2. Données utilisées

Les données utilisées dans cette étude proviennent des enquêtes effectuées dans le département des Collines (figure 1). Le choix de ce département est dû au fait qu'il représente, selon les données de la Direction de la Statistique Agricole (DSA, 2022) du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP), non seulement un des plus gros producteurs d'igname au Bénin mais surtout le département ayant connu une baisse drastique de la productivité et de la production d'igname au cours des dix dernières années. En effet, avec une superficie emblavée de 48 679 ha (soit 21% de la superficie totale emblavée en igname au Bénin), le département des Collines constitue le deuxième plus gros producteur d'igname au Bénin, après le Borgou (38%) (DSA, 2022). Cependant, entre la campagne agricole 2011-2012 et celle de 2021-2022, la production d'igname a connu une chute de 31% dans le département des Collines contrairement aux autres départements gros producteurs d'igname que sont le Borgou (28% d'accroissement), l'Atacora (28% d'augmentation) et la Donga (10% d'accroissement). Le rendement d'igname par hectare dans le département des Collines a connu une chute de 35% entre 2011-2012 et 2021-2022, passant de 16 705 kg/ha à 10 829 kg/ha (DSA, 2022). Ainsi, ce département qui était premier en termes de rendement en 2011-2012 est passé au quatrième rang au cours de la campagne agricole 2021-2022.

Dans un premier temps, une revue documentaire et des enquêtes exploratoires ont été effectuées afin d'identifier les villages d'introduction des technologies de sédentarisation de l'igname ainsi que les types de technologies introduites. Des entretiens semi-structurés

ont alors été réalisés avec des personnes ressources de même que des discussions de groupe avec des producteurs d'igname dans quatre communes ayant connu l'introduction de ces technologies à savoir, Ouèssè, Savè, Glazoué et Dassa-Zoumé (Maliki, 2013).

À l'issue de cette étape, huit (8) villages ont été initialement sélectionnés de manière aléatoire parmi les villages ayant connu l'introduction de technologies de sédentarisation de l'igname. Mais, seuls sept (7) villages ont été étudiés compte tenu du fait que le second village de la commune de Savè dans lequel ont été introduites les technologies n'abrite plus de producteurs d'igname. En effet, des enquêtes exploratoires réalisées dans le cadre de la présente étude, il ressort que les producteurs d'igname que vivaient dans ce dernier village ont dû migrer notamment à cause de la baisse de fertilité des sols.

Dans les 7 villages retenus, des enquêtes quantitatives ont été réalisées auprès des producteurs sélectionnés par échantillonnage aléatoire systématique (tableau 1). Ainsi, dans chaque village, la liste des producteurs d'igname a été établie de façon participative avec des personnes ressources (acteurs de la filière igname et chef du village) ayant une bonne connaissance des villages d'étude. Les producteurs recensés ont ensuite été numérotés de 1 à N . En désignant par « n » la taille de l'échantillon, « r » la « raison » de sondage ($r = N/n$), un choix au hasard d'un entier naturel « d » compris entre 1 et r est fait par un producteur. L'individu dont le numéro correspond à « d » était le premier producteur d'igname interviewé. Le deuxième producteur de l'échantillon était obtenu en ajoutant au « d », la raison de sondage « r ». Ainsi, les individus choisis étaient ceux dont les numéros correspondaient à : d ; $d+ r$; $d+ 2r$; $d+ 3r$; $d+ 4r$; etc.

Tableau 1. Répartition de l'échantillonnage par village d'étude/ Distribution of the sample by study village

Commune	Village	Effectif
Savè	Dani	28
	Akoba	30
Dassa- Zoumé	Miniffi	30
	Gomé	25
Glazoué	Sowé	39
	Akpéro	15
Ouèssè	Gbanlin	6
	Total	07

Source : Enquêtes de terrain 2021

Les données collectées, à travers le questionnaire, ont porté entre autres sur la connaissance, l'utilisation, les raisons d'essai et d'adoption des technologies étudiées, les superficies emblavées en igname, les perceptions des producteurs sur les technologies étudiées, le revenu des producteurs d'igname, etc.

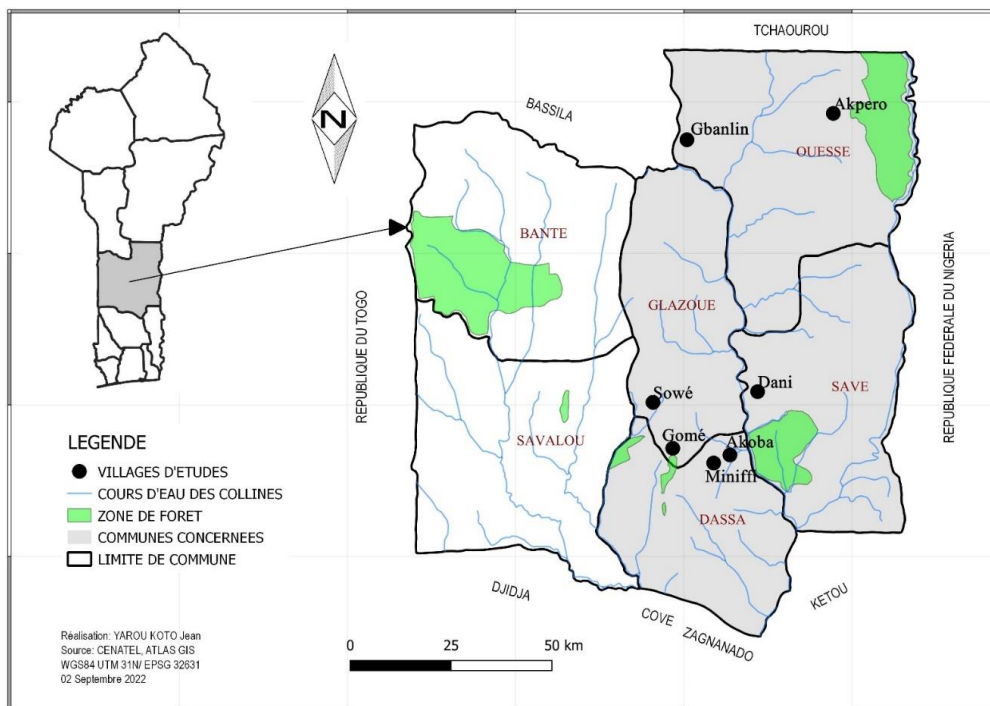


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude / Localisation of the study area area

2.3. Analyse des données

Dans les communes d'études, les technologies de sédentarisation de la production d'igname identifiées comprennent essentiellement la culture des légumineuses telles que le *Mucuna* (*Mucuna pruriens var utilis*), le *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) et l'*Aeschynomene* (*Aeschynomene histrix*). Les enquêtes exploratoires ont permis de noter que 77% des producteurs d'igname enquêtés avaient déclaré connaître la rotation *Mucuna pruriens var utilis*-igname contre 50% des cas pour le *Gliridia sepium* et seulement 9% pour le *Aeschynomene histrix*. En conséquence, seules deux technologies ont été considérées dans cette étude à savoir le mucuna et le gliricidia, et ceci compte tenu du fait que *Aeschynomene histrix* n'était présent pratiquement sur aucune parcelle dans les villages d'étude.

Le producteur est considéré comme ayant essayé une technologie donnée lorsqu'il a eu à l'installer au moins une fois (sur au moins une de ses parcelles d'igname) depuis l'introduction de ladite technologie dans son milieu. Il est considéré comme adoptant d'une technologie donnée s'il l'a pratiquée en continue au cours des deux campagnes ayant précédé les enquêtes. Pour chacune des technologies considérées, le modèle empirique d'essai est donné par :

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 EDUC_i + \beta_2 ALPHA_i + \beta_3 PARTF_i + \beta_4 COOP_i + \beta_5 ACONS_i + \beta_6 AGE_i + \beta_7 EXPERI_i + \beta_8 ACTAG_i + \beta_9 DMAR_i + \beta_{10} ACREDIT_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

Pour adopter une technologie, il faut l'avoir essayé. Autrement dit, dans cette étude, tous les adoptants font partie des "essayants". Le modèle empirique d'adoption de chacune des technologies se présente comme suit :

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 EDUC_i + \beta_2 ALPHA_i + \beta_3 PARTF_i + \beta_4 COOP_i + \beta_5 ACONS_i + \beta_6 AGE_i + \beta_7 EXPERI_i + \beta_8 ACTAG_i + \beta_9 DMAR_i + \beta_{10} ACRED_i + \beta_{11} NFER_i + \beta_{12} REVAN_i + \varepsilon_i \quad (7)$$

Dans l'équation 6, y_i représente la variable dépendante qui prend la valeur 1 lorsque la technologie considérée (le mucuna ou le gliricidia) est essayée ou adoptée et 0 sinon. Les variables indépendantes sont (tableau 2) :

- le niveau d'éducation du producteur représenté par deux variables à savoir, l'instruction en langue nationale (ALPHA) et la scolarisation en français (EDUC). L'instruction en langue nationale prend la valeur 1 si le producteur est alphabétisé et 0 dans le cas contraire. La

scolarisation est également une variable qualitative prenant la valeur 0 lorsque le producteur n'a jamais été à l'école ou a fait juste la maternelle, 1 pour le primaire et 2 pour le secondaire ou plus. L'éducation accroît la capacité du producteur à lire les documents de vulgarisation mais aussi à échanger avec les agents de vulgarisation. Selon Dedehouanou et al. (2014), l'éducation accroît aussi le sens de l'innovation, l'habileté et la facilité d'apprécier les nouvelles technologies. En conséquence, il est attendu que ces variables influencent positivement l'essai et l'adoption des différentes technologies ;

- la formation du producteur en gestion de la fertilité des sols (PARTF). Il s'agit d'une variable binaire indiquant si le producteur bénéficie de formation sur la gestion de la fertilité des sols ou non. Un signe positif est attendu de cette variable, aussi bien pour l'essai que pour l'adoption des technologies de sédentarisation de l'igname. En effet, un producteur encadré et suivi finit par changer de décision en faveur de la nouvelle technologie. Le mode d'apprentissage social des techniques par les producteurs est donc très important pour leur adoption (Rogers, 2003) ;
- l'appartenance à une coopérative de producteurs (COOP) qui prend la valeur 1 si le producteur appartient à une coopérative et 0 si non. Les organisations paysannes ou coopératives apparaissent comme des réseaux formels et informels de diffusion des informations et par ricochet affectent l'essai voire l'adoption des technologies agricoles (Mignouna *et al.*, 2011). Ce facteur pourrait donc influencer positivement la décision du producteur à essayer ou à adopter une technologie de sédentarisation de l'igname ;
- l'appui-conseil (ACONS) : variable binaire prenant la valeur 1 si le producteur a accès à l'appui-conseil et 0 si autrement. Le contact régulier avec les agents de vulgarisation agricole ou de projet permet aux agriculteurs d'être mieux informés sur les nouvelles technologies. Cela joue un rôle primordial dans la décision d'essai et le processus d'adoption de ces technologies (O'Gorman, 2006). Un signe positif est donc attendu de cette variable ;
- l'âge (AGEP) du producteur (en année). Les producteurs les plus âgés et avec l'expérience accumulée sont plus favorables aux innovations (Ngondjeb *et al.*, 2011). D'autres postulent que plus les producteurs sont âgés, plus ils trouveraient fastidieux et contraignant l'utilisation des nouvelles technologies (Hussein *et al.*, 2015). Il n'y a donc pas de consensus quant au signe de ce facteur. Ainsi, il est postulé que

l'influence de l'âge sur la décision d'essayer voire d'adopter les technologies de sédentarisation de l'igname pourrait être positive ou négative ;

- l'expérience du producteur dans la production d'igname (EXPERI) : variable continue renseignant sur le nombre d'années d'expériences du producteur dans la culture d'igname. Le producteur expérimenté dans la production d'igname aurait déjà compris que les possibilités de culture itinérante de l'igname s'amenuisent. En conséquence, il devrait être plus enclin à essayer voire adopter les technologies de sédentarisation de la production d'igname. Ainsi, un signe positif est attendu pour cette variable ;
- le nombre d'actifs agricoles (ACTAG) qui indique la disponibilité en main-d'œuvre dans le ménage du producteur. Le producteur pourrait essayer, dans un premier temps, les technologies de sédentarisation de la production d'igname. Mais, sa décision d'adopter la technologie pourrait dépendre de la disponibilité en main-d'œuvre. En effet, l'utilisation des technologies de sédentarisation de la production d'igname augmente le besoin en main-d'œuvre pour le suivi des parcelles, la récolte et la gestion post-récolte du mucuna et du gliricidia (Agbohessi *et al.*, 2011 ; Moumouni *et al.*, 2013). Par conséquent, plus le nombre d'actifs agricoles augmente plus le producteur adopterait les technologies de sédentarisation de la production d'igname. En somme, le nombre d'actifs disponible pourrait influencer positivement l'adoption des deux technologies alors que son influence sur l'essai des technologies est difficile à prédire ;
- la distance (en kilomètre) entre le village du producteur et le marché périodique le plus proche (DMAR). Le marché constitue un lieu d'échange et de vente de produit et donc donne une assurance d'écoulement du produit. Le marché est aussi un lieu de rencontre informel favorisant des échanges entre les producteurs. On estime donc que, plus le marché est proche, plus le producteur aurait suffisamment d'informations sur les technologies de sédentarisation de la production d'igname et serait motivé à les essayer voire les adopter pour améliorer sa production d'igname (Teno et Lehre, 2018). Un signe négatif est donc attendu de cette variable. La variable DMAR présente toutefois un peu d'insuffisance en ce sens qu'elle ne prend pas en compte la qualité de la route. En effet, la distance peut être très courte mais très impraticable ce qui affecterait dangereusement l'accès au marché ;

- l'accès au crédit agricole (ACRED), variable binaire prenant la valeur 1 si le producteur a accès au crédit et 0 dans le cas contraire. L'accès au crédit agricole est supposé permettre au producteur de mieux faire face aux coûts additionnels qu'engendraient les technologies et donc influencerait positivement leur décision à essayer ou à adopter les technologies (Kpadenou et al., 2019) ;
- l'appréciation paysanne du niveau de fertilité du sol (NFER). Il s'agit d'une variable ordinale prenant la valeur 1 si le producteur estime que sa terre est peu fertile, 2 si la terre est fertile et 3 s'il pense que sa terre est très fertile. Cette variable a été utilisée uniquement dans le modèle d'adoption. En effet, le producteur qui a essayé une technologie et qui constate que celle-ci a véritablement amélioré la fertilité de son sol

serait plus enclin à poursuivre l'utilisation de la technologie. En conséquence, un signe positif est attendu de cette variable ;

- le revenu de la production d'igname (REVAN) correspondant au revenu généré par la production d'igname. Une fois que le producteur a essayé la technologie et que son revenu s'est amélioré, il serait plus enclin à adopter ladite technologie. Autrement dit, plus le revenu généré par la technologie augmente plus le producteur continuera son utilisation. Dans le modèle d'adoption, c'est la valeur logarithmique de cette variable qui a été utilisée (lnREVAN). Ainsi, un signe négatif est attendu de cette variable.

Tableau 2. Variables utilisées dans le modèle d'adoption : description et signes espérés / Variables used in the adoption model: description and expected signs

Variable	Description	Mesure	Signes attendus sur l'essai	Signes attendus sur l'adoption
Variables explicatives				
EDUC	Niveau d'instruction du producteur	0=aucun/maternel, 1=primaire, 2=secondaire ou plus	+	+
ALPHA	Alphabétisation	1=alphabétisé, 0=non alphabétisé	+	+
PARTF	Formation sur la gestion de la fertilité des sols	Variable qualitative binaire avec 1=oui et 0 = non	+	+
COOP	Appartenance à une coopérative de producteurs	Variable qualitative binaire avec 1 =oui et 0 = non	+	+
ACONS	Appui conseil	Variable binaire avec 1 =oui et 0 = non	+	+
AGEP	Age du producteur	Variable continue : nombre d'années	+/-	+/-
EXPERI	Expérience du producteur dans la production d'igname (nombre d'années divisé par 10)	Variable continue : nombre d'années	+	+
ACTAG	Nombre d'actifs agricoles	Variable continue	+/-	+
DMAR	Distance entre le village du producteur et le marché périodique le plus proche	Variable continue	-	-
ACRED	Accès au crédit agricole	Variable binaire avec 1=Oui et 0=non	+	+
NFER	Niveau de fertilité du sol	Variable ordinale avec 1=peu fertile, 2=fertile et 3=très fertile	VN	+
lnREVAN	Logarithme du revenu issu de la production d'igname (en FCFA)	Variable continue	VN	+
Variables dépendantes				
EssaiMuc	Essai de la rotation <i>Mucuna pruriens</i> -igname	Variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur a essayé la technologie et 0 si autrement		
AdopMuc	Adoption de la rotation <i>Mucuna pruriens</i> -igname	Variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur continue d'utiliser la technologie et 0 si autrement		
EssaiGli	Essai de l'association <i>Gliricidia sepium</i> -igname	Variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur a essayé la technologie et 0 si autrement		
AdopGli	Adoption de l'association <i>Gliricidia sepium</i> -igname	Variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur continue d'utiliser la technologie et 0 si autrement		

VN : Variable non incluse dans le modèle probit relatif à l'essai des technologies

Source : Enquêtes de terrain 2021

Il est à noter que dans cette étude, les paramètres du modèle de régression probit utilisé ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance (MMV). La MMV donne toutefois de mauvaise performance (c'est-à-dire des paramètres biaisés) en cas de multicollinéarité, c'est-à-dire en cas de corrélation entre plusieurs variables indépendantes (Abonazel et al., 2023). Pour identifier les variables posant de problème sérieux de multicollinéarité, il a été calculé le VIF ("variance inflation factor", ou facteur d'inflation de la variance). Pour les variables indépendantes considérées (tableau 3), le VIF est compris entre 1 et 5 indiquant que le problème de multicollinéarité est modéré et ne devrait pas avoir d'effets significatifs sur les paramètres estimés (Daoud, 2017).

Tableau 3. Détermination du VIF des différentes variables indépendantes

Variable	Essai		Adoption	
	Mucuna	Glicicidia	Mucuna	Glicicidia
EXPERI10	2,65	2,65	2,69	2,69
AGE10	2,42	2,42	2,45	2,45
EDUC	1,41	1,41	1,43	1,43
PARTF	1,25	1,25	1,27	1,27
ALPHA	1,23	1,23	1,25	1,25
ACTAG	1,14	1,14	1,18	1,18
lnREVANN	-	-	1,17	1,17
NFER	-	-	1,16	1,16
CREDIT	1,06	1,06	1,13	1,13
DISMAR10	1,09	1,09	1,13	1,13
GROUP	1,12	1,12	1,12	1,12
ACons	1,06	1,06	1,09	1,09
VIF moyen	1,44	1,44	1,42	1,42

3. Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques socio-économiques des producteurs et productrices interviewés

Environ des 41% des producteurs d'igname interviewés ont eu à essayé le mucuna contre 31% des cas pour le Glicicidia (tableau 3). Les producteurs ayant adopté les deux technologies constituent 15% et 13% de l'échantillon respectivement pour le mucuna et le glicicidia.

Tableau 3. Pourcentage de producteurs d'igname ayant essayé ou adopté le mucuna et le Glicicidia / Percentage of yam farmers that tried or adopted mucuna and glicicidia

	Mucuna (n=173)	Glicicidia (n=173)
Producteurs ayant essayé la technologie (% de oui)	40,5	30,6
Producteurs ayant adopté la technologie (% de oui)	15,0	12,7

Le tableau 4 montre que le niveau d'instruction des adoptants des deux technologies (42% pour le mucuna et 43% pour le glicicidia) est relativement plus élevé

que celui des non-adoptants (38% des cas). La même tendance est notée au niveau de l'alphabétisation, avec les adoptants des deux technologies qui semblent plus alphabétisés (19% des cas pour le mucuna et 82% pour le glicicidia) que les non-adoptants (13% pour les deux technologies).

Par ailleurs, les femmes représentent 5% des adoptants du glicicidia contre 0% pour le mucuna. Cette faible présence des femmes dans l'utilisation des technologies de sédentarisation de l'igname est une image de la situation générale observée au niveau de la production de l'igname. En effet, comme l'indiquent Adifon et al. (2019), les femmes sont peu motivées à cultiver l'igname dans leur exploitation à cause du cycle relativement long (plus de huit mois) de sa culture. Elles évitent souvent les technologies qui mobilisent leur parcelle sur de longue durée, compte tenu de leur faible accès à la terre expliqué par les us et coutumes qui limitent les droits des enfants de sexe féminin à la propriété foncière (Saïdou et al., 2007). Enfin, certaines pratiques traditionnelles interdiraient aux femmes en menstrues notamment, de rentrer dans les champs d'igname au risque de souiller le champ et par ricochet de détruire toute la production ; les champs d'igname étant considérés comme sacré (Yabi et al., 2016).

Environ 20% des producteurs ont participé au moins une fois à une formation sur la gestion de la fertilité des sols. Ce taux est de 35% pour les producteurs ayant adopté le mucuna contre 18% au niveau des non-adoptants de cette technologie. Au niveau du glicicidia par contre, ce sont les non-adoptants qui ont plus reçu de formation en matière de gestion de la fertilité des sols que les adoptants, 9% contre 22% des cas.

Les producteurs appartenant à une coopérative de producteurs d'igname représentent 8% des adoptants et 3% des non-adoptants de la rotation de mucuna. Au niveau des adoptants de l'association glicicidia, les producteurs appartenant à une coopérative représentent 5% contre 3% des non-adoptants.

Les producteurs ont plus ou moins un faible contact avec les structures d'appuis-conseils en agriculture. En effet, 36% des producteurs enquêtés ont déclaré être en relation avec une structure d'appuis-conseils. Seuls 19% des adoptants de la rotation de mucuna ont affirmé avoir de contact avec une structure de conseils intervenant dans la filière igname contre 36% pour les non-adoptants. Environ 14% des adoptants de glicicidia sont en contact avec des structures d'appuis-conseil contre 4% pour les non-adoptants.

La moyenne d'âge des adoptants de la rotation du mucuna est de 43 ans contre 50 ans pour les adoptants de l'association glicicidia. Les adoptants du mucuna sont relativement moins âgés que les non-adoptants. De même, les adoptants des deux technologies semblent être relativement plus expérimentés que les non-adoptants. C'est une tendance opposée qui est observée au niveau du nombre d'actifs agricoles possédés.

Tableau 4. Caractéristiques socio-économiques des producteurs d'igname, en fonction de leur statut d'adoption des deux technologies étudiées/ Socio-economic characteristics of yam producers, according to their adoption status of the two technologies

Variables	Description	Rotation <i>Mucuna pruriens</i> var utilis-igname		Association <i>Gliricidia sepium</i> -igname		Ensemble de l'échantillon (n=173)
		Adoptant (n=26)	Non-adoptant (n=147)	Adoptant (n=22)	Non-adoptant (n=151)	
EDUC	Niveau d'instruction du producteur (% de oui)	41,73	38,20	43,03	38,10	38,73
GENRE	Genre du producteur					
	Femme (%)	0,00	4,77	4,55	3,98	4,05
	Homme (%)	100	95,23	95,45	96,02	95,95
ALPHA	Alphabétisation du producteur (% de oui)	19,23	12,93	81,82	12,59	21,39
PARTF	Formation sur la gestion de la fertilité des sols (% de oui)	34,62	17,68	9,25	21,83	20,23
COOP	Appartenance à une coopérative de producteurs (% de oui)	7,69	2,72	4,55	3,31	3,47
ACONS	Contact avec une structure d'appuis-conseils (% de oui)	19,23	39,45	13,63	39,73	36,41
AGEP	Age du producteur (an)	42,54 (12,20)	53,23 (15,92)	50,23 (9,57)	45,57 (12,88)	47,90 (10,63)
EXPERI	Expérience du producteur dans la production d'igname (an)	19,35 (11,61)	17,15 (11,45)	22,32 (9,13)	16,77 (11,63)	17,48 (11,47)
ACTAG	Nombre d'actifs agricoles	4,54 (2,23)	3,30 (2,11)	4,090 (2,51)	3,75 (3,17)	3,92 (2,34)
DMAR	Distance entre le village du producteur et le marché périodique le plus proche	13,27 (7,15)	14,55 (7,56)	14,26 (6,94)	13,56 (4,75)	13,91 (6,03)
ACRED	Accès au crédit agricole (% de oui)	65,38	31,29	31,82	37,08	36,41
NFER	Niveau de fertilité du sol					
	Peu fertile	15,38	22,45	18,18	21,85	21,39
	Fertile	68,79	69,39	68,18	68,87	68,79
	Très fertile	19,23	8,16	13,64	9,27	9,83

() : Les chiffres entre parenthèses représentent des écart-type

La distance moyenne entre le village des producteurs enquêtés et le marché périodique le plus proche est de 14 km. Plus de 36% des producteurs enquêtés ont accès au crédit, avec une valeur élevée pour les adoptants du mucuna (65% des cas) comparativement aux non-adoptants (31% des cas). Pour le gliricidia, 32% des adoptants ont accès au crédit agricole contre 37% pour les non-adoptants.

Enfin, les producteurs estiment de façon générale que leurs terres sont peu fertiles pour la production d'igname, comparativement à la situation d'il y a 30 ans. En effet, près de 69% des producteurs ont affirmé avoir des sols peu fertiles contre 24% et près de 7% affirmant respectivement avoir des sols assez fertiles et très fertiles.

3.2. Déterminant de l'essai des technologies de sédentarisation de la production d'igname

Les résultats du tableau 5 indiquent que l'alphabétisation exerce une influence significative sur l'essai du mucuna par les producteurs ; ce qui est conforme au signe attendu (cf. tableau 3). Autrement dit, les producteurs alphabétisés ont tendance à essayer le mucuna contrairement à leurs pairs qui ne sont guère alphabétisés. Ainsi, lorsque le producteur d'igname est alphabétisé, la probabilité d'essayer le mucuna est de 23

pourcentage-points supérieur à celle d'un producteur non alphabétisé, *ceteris paribus*. Ces résultats corroborent ceux de Belem (2017), pour qui, il est plus facile au producteur alphabétisé de recevoir et de comprendre les informations diffusées sur les technologies à travers les formations et d'autres canaux de communication. En effet, le producteur instruit a la capacité d'évaluer la technologie mise à sa disposition et réduire son niveau d'incertitude (Yabi et al., 2016 ; Ullah et al., 2018). Aussi, ces résultats sont-ils conformes à ceux de Sodjinou et al. (2015) et Hinnou et al. (2018) pour qui l'éducation des producteurs contribue à une meilleure connaissance et appropriation des technologies, conduisant ainsi à leur adoption. Il est toutefois à noter que l'alphabétisation n'a pas d'influence significative sur l'essai du gliricidia.

La formation du producteur sur la gestion de la fertilité des sols influence positivement et significativement ($p < 0,05$) l'essai des deux technologies de sédentarisation de la production d'igname. Ainsi, les producteurs ayant participé au moins une fois à une formation sur la gestion de la fertilité des sols sont plus enclins à essayer le mucuna ou encore le gliricidia. La probabilité qu'un producteur d'igname formé essaie les technologies de sédentarisation de l'igname est de 25 pourcentage-point (pour le mucuna) à 35 pourcentage-point (pour le

gliricidia) plus élevée que celle d'un producteur non formé, ceteris paribus. Ce résultat est conforme à celui de Joshi et al. (2019) qui ont montré que la participation du producteur aux formations lui permet d'être sensibilisé et d'être informé de nouvelles technologies. Cette formation contribue aussi au processus d'acquisition de savoir sur les nouvelles technologies (Lambrecht et al., 2014). De plus, la participation du producteur aux formations élargie son réseau social et lui permet de diversifier ses canaux de communication. Le producteur rencontre probablement au cours de ces formations d'autres producteurs ou personnes ressources capables de l'informer davantage sur la technologie. Les échanges du producteur renforcent donc sa connaissance sur la technologie, ce qui contribue à la décision d'essai.

Par ailleurs, les producteurs ayant plus d'actifs agricoles ont tendance à essayer le mucuna comparativement à ceux qui en possèdent moins. Lorsque le nombre

d'actifs agricoles augmente d'une unité, la probabilité d'essayer le mucuna augmente de 0,4 pourcentage-point. Ceci corrobore les résultats de Alene et Manyong (2006), selon qui une technologie exigeante en main-d'œuvre est plus à la portée du producteur ayant un nombre d'actifs agricoles élevé.

Dans la même veine, l'accès au crédit augmente la probabilité d'essai du mucuna de 18 pourcentage-point. Il s'ensuit que les producteurs d'igname ayant accès au crédit agricole sont plus enclins à essayer les technologies de sédentarisation de l'igname, notamment le mucuna. Ce résultat corrobore ceux de Udry (2010) et Hailu et al. (2014), pour qui, l'accès au crédit renforce la décision des producteurs d'essayer les nouvelles technologies. En effet, les contraintes de liquidité chez les producteurs ont des effets négatifs sur la diffusion des technologies agricoles (Teno et Lehre, 2018).

Tableau 5. Déterminants de l'essai des technologies de sédentarisation de la production d'igname : résultats du modèle probit/ Determinants of the trial of yam production sedentarization technologies: probit model results

Variable	Description	Mucuna		Gliricidia	
		Coefficient	Effets marginal	Coefficient	Effet marginal
EDUC	Niveau d'instruction du producteur (0=aucun/maternel, 1=primaire, 2=secondaire ou plus)	-0,328 (0,255)	-0,126 (0,098)	0,360 (0,267)	0,117 (0,084)
ALPHA	Alphabétisation (1=oui, 0=non)	0,583** (0,285)	0,228** (0,110)	-0,079 (0,293)	-0,026 (0,095)
PARTF	Formation sur la gestion de la fertilité des sols (1=oui et 0 = non)	0,626** (0,280)	0,245** (0,108)	0,954*** (0,290)	0,351*** (0,107)
COOP	Appartenance à une coopérative de producteurs (1=oui et 0 = non)	0,936 (0,682)	0,356 (0,225)	0,454 (0,615)	0,167 (0,241)
ACONS	Appui conseil (1=oui et 0 = non)	-0,177 (0,220)	-0,068 (0,083)	-0,331 (0,230)	-0,108 (0,073)
AGEP/10	Age du producteur (nombre d'années divisé par 10)	0,138 (0,130)	0,053 (0,050)	0,198 (0,136)	0,066 (0,046)
EXPERI/10	Expérience du producteur dans la production d'igname (nombre d'années divisé par 10)	0,030 (0,146)	0,011 (0,056)	-0,045 (0,150)	-0,015 (0,050)
ACTAG/10	Nombre d'actifs agricoles (nombre de personnes divisé par 10)	0,095* (0,050)	0,037* (0,019)	0,024 (0,049)	0,008 (0,016)
DMAR/10	Distance entre le village du producteur et le marché périodique le plus proche (nombre de kilomètres divisé par 10)	-0,097 (0,159)	-0,037 (0,061)	-0,531*** (0,183)	-0,178*** (0,060)
ACREDIT	Accès au crédit agricole (1=oui et 0 = non)	0,459** (0,217)	0,177** (0,083)	-0,232 (0,234)	-0,076 (0,075)
_cons	Constante	-1,405** (0,618)		-1,036 (0,649)	
Nombre d'observations		173		173	
Pseudo R ²		0,161		0,146	
Log du maximum de vraisemblance		-97,986		-91,089	
LR chi2(10)		37,52***		31,01***	

() : Les chiffres entre parenthèses sont les erreurs types

Source : Données de terrain, 2021.

Enfin, les producteurs qui sont proches des marchés ont plus tendance à essayer le gliricidia comparativement aux producteurs qui vivent relativement loin de ces marchés. Ainsi, lorsque la distance du village du producteur au marché périodique augmente d'une unité, la probabilité d'essayer l'association *Gliricidia sepium*-igname diminue de 0,2 pourcentage-point. En effet, le marché est un lieu de rencontre où le producteur peut partager ses connaissances avec d'autres producteurs. Ceci pourrait encourager la diffusion de la technologie et amener le producteur à essayer la technologie. De plus, l'existence de marché d'écoulement donne plus d'assurance au producteur pour expérimenter les technologies d'amélioration de la production comme le gliricidia (Teno et Lehre, 2018). Ce résultat se rapproche également de celui de Hinnou et al. (2018) qui ont trouvé que la faible distance entre le marché d'écoulement du riz et l'exploitation du producteur favorise l'adoption des technologies pouvant contribuer à l'amélioration de la production de cette culture.

3.3. Déterminants de l'adoption des technologies de sédentarisation de l'igname

La participation à une formation sur la gestion de la fertilité des sols détermine l'adoption du gliricidia ($p < 0,05$) (tableau 6). Cela signifie que les producteurs ayant suivi des formations en gestion de la fertilité des sols ont une probabilité plus élevée (de 16 pourcentage-point) d'adopter le gliricidia que ceux qui n'ont suivi aucune formation. Ce résultat confirme celui obtenu dans le tableau 5 où la formation était déterminante dans l'essai des technologies de sédentarisation de la production d'igname.

Les producteurs ayant plus d'actifs agricoles ont tendance à adopter le mucuna comparativement à ceux ayant moins d'actifs agricoles. En effet, lorsque le nombre d'actif agricole augmente d'une unité, la probabilité que le producteur adopte le mucuna augmente de 0,3 pourcentage-point. Allant dans le même sens, Alene et Manyong (2006), expriment le nombre d'actif agricole par le niveau de la main-d'œuvre familiale disponible et pensent que ce facteur affecte la décision d'adoption d'une nouvelle technologie en agriculture. Pour ces auteurs, une technologie exigeante en main-d'œuvre est plus à la portée du producteur ayant un nombre actif agricole élevé, de ce fait, il est plus favorable à son adoption. Ce qui n'est pas évident pour le producteur se trouvant dans la situation inverse. Aussi, l'adoption d'une technologie augmente-t-elle le besoin en main-d'œuvre pour le suivi des parcelles (Agbohessi et al., 2011 ; Moumouni et al., 2013).

En outre, une fois que le producteur a essayé une technologie notamment le mucuna, sa perception du

niveau de relèvement effectif de la fertilité des sols encourage le producteur à l'adoption de ladite technologie. Ainsi, la probabilité d'adoption du mucuna s'accroît de 9 pourcentage-point lorsqu'il est convaincu que la fertilité du sol qu'il exploite s'est améliorée après l'essai de la technologie. Ce résultat corrobore celui de Diaby et al. (2020) pour qui la perception des producteurs sur la fertilité des champs et les revenus entraînent une augmentation de la probabilité d'adoption de la régénération naturelle assistée.

De même, lorsque le revenu issu de la production d'igname augmente d'une unité, la probabilité que le producteur adopte le gliricidia augmente en moyenne de 5 pourcentage-point. Le revenu issu de la production contribue aussi à la décision d'adoption des technologies. Cela peut s'expliquer par l'apport d'éléments nutritifs des technologies réduisant ainsi les coûts liés à l'utilisation des engrais chimiques. Ainsi, le revenu élevé des producteurs améliorerait leur accès aux nouvelles technologies (Hailu et al., 2014) nécessitant le plus souvent des moyens financiers élevés (Diaby et al., 2020).

Dans le sens opposé, la probabilité que le producteur adopte les deux technologies étudiées diminue avec son accès à l'appui conseil. Ce résultat n'est pas conforme au signe attendu mais au va dans le sens contraire de plusieurs résultats de la littérature. En effet, pour certains auteurs (Ullah et al., 2018 ; Lambrecht et al., 2014 ; Sodjinou et al., 2015), le contact régulier avec les agents de vulgarisation agricole permet aux agriculteurs d'être mieux informés et d'en améliorer leur connaissance sur les nouvelles technologies, d'une part, mais aussi d'optimiser leur efficacité dans l'utilisation de ces technologies à travers l'apprentissage. Par ailleurs, les producteurs en contact avec les agents de vulgarisation, de projet ou de la recherche bénéficient d'un encadrement plus rapproché (Belem, 2017).

Il se dégage deux principales observations des résultats ci-dessus relatifs aux déterminants d'adoption des technologies de sédentarisation de l'igname. La première observation est que l'appui conseil n'a pas eu l'effet escompté sur l'adoption des technologies étudiées. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les producteurs n'ont pas eu les effets immédiats attendus. D'ailleurs, certains ont expliqué que « *après les expérimentations et les essais, les promoteurs des technologies ont promis revenir pour une distribution des semences des plantes. Mais depuis, ils ne sont plus revenus* ». En d'autres termes, les promesses non tenues ainsi que la faible présence des services de vulgarisation sur les technologies ont engendré le découragement des producteurs et donc l'abandon de ces technologies.

Tableau 6. Déterminants de l'adoption des technologies de sédentarisation de la production d'igname : résultats du modèle probit/ Determinants of the adoption of yam production sedentarization technologies: results of the probit model

Variables	Description	Mucuna		Gliricidia	
		Coefficient	Effet marginal	Coefficient	Effet marginal
EDUC	Niveau d'instruction du producteur (0=aucun/maternel, 1=primaire, 2=secondaire ou plus)	-0,261 (0,305)	-0,054 (0,065)	0,146 (0,349)	0,022 (0,051)
ALPHA	Alphabétisation (1=oui, 0=non)	0,188 (0,356)	0,040 (0,080)	0,527 (0,355)	0,098 (0,078)
PARTF	Formation sur la gestion de la fertilité des sols (1=oui et 0 = non)	-0,092 (0,359)	-0,018 (0,067)	0,772** (0,340)	0,158* (0,086)
COOP	Appartenance à une coopérative de producteurs (1=oui et 0 = non)	0,805 (0,610)	0,230 (0,220)	-0,140 (0,713)	-0,019 (0,089)
ACONS	Appui conseil (1=oui et 0 = non)	-0,477* (0,293)	-0,089* (0,050)	-0,716** (0,340)	-0,098** (0,041)
AGEP/10	Age du producteur (nombre d'années divisé par 10)	0,051 (0,155)	0,010 (0,031)	-0,024 (0,175)	-0,004 (0,026)
EXPERI/10	Expérience du producteur dans la production d'igname (nombre d'années divisé par 10)	-0,041 (0,180)	-0,008 (0,036)	0,172 (0,193)	0,026 (0,029)
ACTAG/10	Nombre d'actif agricole (nombre de personnes divisé par 10)	0,137** (0,058)	0,027** (0,011)	0,080 (0,059)	0,012 (0,009)
DMAR/10	Distance entre le village du producteur et le marché périodique le plus proche (nombre de kilomètre divisé par 10)	-0,121 (0,201)	-0,024 (0,040)	-0,325 (0,242)	-0,049 (0,036)
ACREDIT	Accès au crédit agricole (1=oui et 0 = non)	-0,078 (0,274)	-0,015 (0,053)	-0,037 (0,302)	-0,006 (0,045)
NFER	Niveau de fertilité du sol (1=peu fertile, 2=fertile et 3=très fertile)	0,451* (0,252)	0,089* (0,049)	0,121 (0,258)	0,018 (0,039)
lnREVANN	Logarithme du revenu (en FCFA) issu de la production d'igname	-0,300* (0,165)	-0,060* (0,032)	-0,297* (0,180)	-0,045* (0,027)
_cons	Constante	2,099 (2,312)		2,560 (2,558)	
Nombre d'observations		173		173	
Pseudo R ²		0,125		0,182	
Log du maximum de vraisemblance		-64,065		-53,914	
LR chi2(12)		18,30*		23,99**	

() : Les chiffres entre parenthèses sont les erreurs types

Source : Données de terrain, 2021

La deuxième observation est que, une fois le producteur a essayé les technologies, les caractéristiques liées aux technologies ou encore la perception du producteur (effets sur le rendement, revenus générés, perception sur le niveau de relèvement de la fertilité du sol, etc.) deviennent les plus déterminants dans la décision d'adoption du producteur. Autrement dit, la capacité des technologies à restaurer la fertilité des sols, à améliorer le rendement de l'igname, à maintenir la qualité de l'igname voire à contrôler les adventices sont cruciales dans la décision finale d'adopter les technologies. D'ailleurs, les entretiens avec les producteurs ont révélé cette tendance.

En effet, comme le montre le tableau 7, le relèvement de la fertilité du sol et le rendement élevé constituaient respectivement les principales raisons d'adoption de la rotation mucuna-igname et de l'association gliricidia-igname. Ainsi, le pouvoir fertilisant des deux technologies associées à l'amélioration du rendement de

l'igname sont déterminants dans la décision des producteurs. Dans le cas du mucuna, ces raisons sont suivies, dans l'ordre, du contrôle des mauvaises herbes, du maintien de la qualité de l'igname, du coût de la technologie et de la disponibilité de la main-d'œuvre familiale. Pour le gliricidia, c'est plutôt le maintien de la qualité de l'igname, la disponibilité de la main-d'œuvre familiale, le contrôle des mauvaises herbes et le coût de la technologie qui sont par ordre décroissant les autres raisons d'adoption.

Quelle que soit la technologie considérée, les producteurs d'igname ont affirmé que les ignames issues des parcelles ayant reçues les technologies de sédentarisation sont de qualités très prisées sur le marché. En effet, contrairement aux ignames produites avec de l'engrais chimique, les ignames issues des technologies préservent la qualité de la semence et peuvent être stockées pendant une longue durée.

Tableau 7. Hiérarchisation des raisons d'adoption des technologies de sédentarisation de la production d'igname : résultats du test de concordance de Kendal/ Prioritization of reasons for adopting sedentarization technologies for yam production: results of the Kendal's test

	Mucuna		Gliricidia	
	Rang moyen	Rang	Rang moyen	Rang
Rendement élevé	2,50	2	2,00	2
Disponibilité main-d'œuvre familiale/moins exigeant	5,75	6	4,25	4
Maintien de la qualité de l'igname	3,75	4	3,50	3
Coût de la technologie	5,25	5	5,00	6
Relèvement de la fertilité du sol	1,25	1	1,50	1
Contrôle des mauvaises herbes	2,50	3	4,75	5
N	4		4	
W de Kendall	0,871		0,607	
Khi-deux	17,429		12,143	
Degré de liberté	5		5	
Probabilité	0,004		0,033	

Source : Données de terrain, 2021.

5. Conclusion et implications

L'introduction de légumineuses telles que le *Mucuna pruriens var utilis* en rotation avec l'igname et le *Gliricidia sepium* en association avec l'igname visait la sédentarisation de la culture d'igname. Ces technologies, très exigeantes en main-d'œuvre, sont surtout adoptées par les producteurs ayant suffisamment d'actifs agricoles ou de moyens financiers. En outre, l'alphabétisation ainsi que la participation à une formation sont des facteurs déterminant l'essai des différentes technologies par les producteurs d'igname. L'accès au crédit renforce la décision des producteurs d'essayer ces technologies. Ce qui indique que les contraintes de liquidité chez les producteurs ont des effets négatifs sur la diffusion et l'utilisation ces technologies. Les producteurs vivant proches des marchés ont plus tendance à essayer les technologies de sédentarisation de l'igname comparativement aux producteurs qui vivent relativement loin de ces marchés. Mais, une fois les technologies essayées, les caractéristiques liées aux technologies ou à la perception du producteur (effets sur le rendement, revenus générés, perception sur le niveau de relèvement de la fertilité du sol, etc.) deviennent les plus déterminants dans la décision d'adoption du producteur. Par exemple, la capacité des technologies à restaurer la fertilité des sols, à améliorer le rendement de l'igname, à maintenir la qualité de l'igname voire à contrôler les adventices sont cruciales dans la décision finale d'adopter les technologies de sédentarisation de la production d'igname. Après l'essai ces technologies, l'appui-conseil sur les aspects techniques n'est plus utile si les producteurs n'ont pas accès au crédit nécessaire à la mise en œuvre des technologies. En conséquence, l'appui-conseil aux producteurs ayant déjà essayé la technologie devrait beaucoup plus s'orienter vers l'accès au crédit adéquat.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) à travers le Centre de Recherches Agricoles Centre (CRA-Centre) pour son appui financier et technique lors de la conduite de cette recherche.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	ST, LH
Collecte des données	ST, LH
Analyse des données	ST, ES
Acquisition de financement	LH
Méthodologie	ST, ES
Gestion du projet	LH
Supervision	ES, LH
Rédaction manuscrit initial	ST, ES, LH
Révision et édition manuscrit	ST, ES, LH

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Abonazel M.R., Dawoud I., Awwad F.A. & Tag-Eldin E. 2023. New estimators for the probit regression model with multicollinearity. *Scientific African*, 19 : 1-12

- Adegbola P. & Adekambi S.A. 2006. Impact économique de l'adoption de la jachère mucuna sur la pauvreté au Bénin. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. Communication à l'Atelier scientifique. Actes de l'atelier scientifique 2 sur la Recherche agricole pour le développement. P 42-60
- Adekambi S.A., Codjovi J.E.A. & Yabi J.A. 2021. Facteurs déterminants l'adoption des mesures de gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) au nord du Bénin : une application du modèle probit multivarié au cas de producteurs de maïs. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 15(2): 664-678,
- Adifon F.H, Azontondé A., Houndantode J., Amadji G. & Boko M. 2015. Evaluation des caractéristiques chimiques des sols sableux du littoral sous-système maraîcher au Sud-Bénin. *Annales des sciences agronomiques* 19(2) : 53–68
- Adifon F.H., Yabi I., Vissoh P., Balogoun I., Dossou J. & Saïdou A. 2019. Ecologie, systèmes de culture et utilisations alimentaires des ignames en Afrique tropicale : synthèse bibliographique. *Cah. Agric.* 28: 22–11. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019022>
- Agbohessi P., Imorou T., Yabi, A., Dassoundo-Assogba J.F. & Kestemont P. 2011. Rentabilité économique et financière des exploitations cotonnières basées sur la Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols et des Ravageurs au Nord-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Coton*. Pp. 26-35.
- Akpo M.A., Saïdou A., Balogoun I., Yabi I. & Bio Bigou L.B. 2016. Evaluation de la performance des pratiques de gestion de la fertilité des sols dans le bassin de la Rivière Okpara au Bénin. *European Scientific Journal*, 12(33): 370-390
- Alene A. & Manyong V. 2006. Farmer-to-farmer technology diffusion and yield variation among adopters: The case of improved cowpea in northern Nigeria. *Agricultural Economics* 35: 203–11.
- Baba C. A. K., Stiem L. & Lanouette P. 2016. Expériences en Gestion Durable des Terres au Bénin : quelles leçons tirer pour les orientations futures ? Rapport d'atelier, IASS Working Paper, Abomey, 47p.
- Baco M., Moumouni I., Saka A., Egah J. & Asiedu A. 2013. Entre semences paysannes et améliorées : les exigences sociotechniques et les avantages de la mini fragmentation de l'igname au Bénin. *Annales des sciences agronomiques du Bénin* 74(3) : 17–26.
- Belem B.C.D. 2017. Analyse des déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de production de l'anacarde au Burkina Faso. Mémoire de Maîtrise en agroforesterie. Québec, Canada. 93p. <https://core.ac.uk/download/pdf/442646955.pdf>
- Chebil A., Nasr H. and Zaibet L., 2009. Factors affecting farmers' willingness to adopt salt - tolerant forage crops in south-eastern Tunisia. *Affare* 3 (1): 19-27.
- Cornet D., Vernier P., Amadji F. & Asiedu R. 2006. Integration of yam in cover crop-based cropping system: constraints and potential. Paper presented at the roots and tubers for sustainable development: issues and strategies. Proceeding of the 14th triennial symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRC). Central Tuber Crops Research Institute. Thiruvananthapuram, Kerala, India. Pp. 1-11
- Daoud J.I. 2017. Multicollinearity and Regression Analysis. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 949: 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/949/1/012009>
- Dedehouanou H., Kpanou B.V., Koura I., Bakary S., Houndonougbo F. & Hounngandan P. 2014. Performance des Systèmes Intégrant Agriculture et Elevage (SIAE) endogènes au Bénin. *Bull. Rech. Agron.* Numéro spécial - Décembre 2004, 1 - 10.
- Diaby M., Kone Y., Traoré K., Maïga A. S. & Togo A. M. 2020. Analyse des déterminants de l'adoption de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans la zone soudano-sahélienne : cas des cercles de Diéma et Kolokani au Mali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(2): 473-485. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i2.14>
- Doumbia S. 2005. Revue bibliographique sur le thème de la sédentarisation de la culture de l'igname en Afrique de l'Ouest à travers le cas du Bénin. TCP/Ben/3002(A). Savè, FAO & INRAB. 53 p
- DSA (Direction de la Statistique Agricole). 2022. Base de données sur l'évolution de la production d'igname de 1995-1996 à 2020-2021. Base Excel. Site web: <https://dsa.agriculture.gouv.bj/>
- FAOSTAT (Food and Agriculture Corporate Statistical Database). 2022. Base de données sur la production mondiale des racines et tubercules de 1961 à 2020. Base Excel. www.fao.org
- Feder G., Just R.E. and Zilberman D., 1985. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2): 255-298.
- Fourgère D. 2010. Les méthodes économétriques d'évaluation. In Revue française des affaires sociales 2010/1 1, pages 105 à 128 Éditions La Documentation française. <https://doi.org/10.3917/rfas.101.0105>

- Gachet E. 2017. *Le mucuna pruriens* et ses propriétés dopaminergiques. *Thèse pour le diplôme d'Etat de doctorat en pharmacie*. U.F.R de Pharmacie, Université de Picardie Jules Verne. Open Science. 67p. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02000271/document>
- Hailu B., Abrha K. & Weldegiorgis A. 2014. Adoption and impact of agricultural technologies on farm income: Evidence from Southern Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Food and Agricultural Economics* 2(4): 91–106.
- Hinnou C. L., Ania Aniambossou M. I., Houessionon P., Ahoyo Adjovi R. N. & Mongbo L. R. 2018. Déterminants socio socio-économiques de l'adoption des technologies améliorées du riz local diffusées à l'aune des plateformes d'innovation au Centre. *Bulletin de la Recherche agronomique du Bénin*, Numéro 83 – Juin 2018, 55-72
- Hussein S., Abukari A. & Katara S. 2015. Determinants of farmers adoption of improved maize varieties in the Wa municipality. *American International Journal of Contemporary Research*. 5(4): 27-35
- Joshi A., Kalauni D. & Tiwari U. 2019. Determinants of awareness of good agricultural practices (GAP) among banana growers in Chitwan, Nepal. *Journal of Agriculture and Food Research* 1 (2019) 100010
- Kavitha C. & Thangamani C. 2004. Amazing bean "Mucuna pruriens": A comprehensive review. *Journal of Medicinal Plants Research*. 8(2): 138-43
- Kpadenou C., Tama C., Dado Tossou B. & Yabi J. 2019. Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques agro-écologiques en production maraîchère dans la vallée du Niger au Bénin *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(7): 3103-3118. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.11>
- Lambrecht I., Vanlauwe B., Merckx R. & Maertens M. 2014. Understanding the process of agricultural technology adoption: Mineral fertilizer in eastern DR Congo. *World Development* 59:132–46.
- Maliki R. 2006. Sédentarisation de la culture de l'igname et gestion durable des ressources naturelles au Centre du Bénin : développement participatif, contraintes, adoption et diffusion des technologies. Mémoire du DEA soutenu à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi. FAO/TCP/BEN/3002 (A), INRAB, Savè, Bénin, 312 p.
- Maliki R. 2013. Gestion de la fertilité des sols pour une meilleure productivité dans les systèmes de culture à base d'igname au Bénin. *Thèse de Doctorat unique ès sciences agronomiques*, Université d'Abomey-Calavi, 265 p.
- Maliki R. 2014. Synthèse des résultats du projet TCP/BEN 3002 (A), PROJET TCP/BEN 3002 (A) "Appui à la production durable d'ignames adaptées aux marchés". Cotonou, Bénin. 51p.
- Maliki R., Amadji F., Adje. I & Englehart C. 2000. Quelques options de gestion de la fertilité des sols et de stabilisation des rendements dans la zone des savanes au centre du Bénin : contraintes à leur adoption. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 28 : 1-15.
- Maliki R., Sinsin B., Parrot L., Lancon J., Floquet A. & Lutaladio N. 2017. Sedentary yam-based cropping systems in West Africa: benefits of the use of herbaceous cover crop legumes and rotation lessons and challenges. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41: 450-486
- Mignouna D., Manyong V., Mutabazi K. & Senkondo E. 2011. Determinants of adopting imazapyr-resistant maize for Striga control in Western Kenya: A double-hurdle approach. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 3, 572–580.
- Moumouni M., Baco N., Tovignan S., Gbèdo F., Nouatin G.S., Vodouhè S.D. et al. 2013. What happens between technico-institutional support and adoption of organic farming? A case study from Benin. *Org. Agric.* 3:1–8.
- Ngondjeb Y., Nje P. & Havard M. 2011. Déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion hydrique en zone cotonnière du Cameroun. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 64 (1-4) : 9-19.
- O'Gorman M. 2006. Africa's missed agricultural revolution: A quantitative study of technology adoption in agriculture. *The BE Journal of Macroeconomics* 15(2): 561-602. <https://doi.org/10.1515/bejm-2013-0016>
- Rogers E. 2003. *Diffusion of innovation*. 5th edition. Macmillan Co., New York. 452p.
- Roussy C., Ridier, K. & Chaib. A. 2015. Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences. Working Paper SMART – LERECO N°15 - 03, INRA, Agro Campus Ouest, 37p.
- Saïdou A., Adjei-Nsiah S., Kossou D., Sakyi-Dawson O. & Kuyper T.W. 2007. Sécurité foncière et gestion de la fertilité des sols : études de cas au Ghana et au Bénin. *Cahiers Agricultures*, 16(5): 405-412. <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30669/30429>.
- Sodjinou E., Glin L. C., Nicolay G., Tovignan S. & Hinvi J. 2015. Socioeconomic determinants of organic cotton adoption in Benin, West Africa. *Agricultural and Food Economics* 3:12 DOI 10.1186/s40100-015-0030-9

- Sodjinou, E. 2011. Poultry-based intervention as tool for poverty reduction and gender empowerment: empirical evidence from Benin. *Thèse de doctorat. Institute of Food and Resource Economics, University of Copenhagen, Copenhagen, 227p.*
- Teno G. & Lehre K. 2018. Les facteurs de l'adoption des nouvelles technologies en agriculture en Agrique Subsaharienne : une revue de la littérature. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 3(2): 140-151.
- Udry C. 2010. The economics of agriculture in Africa: Note toward a research program. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 5(1): 284-99.
- Ullah A., Khan D., Zheng S. & Ali U. 2018. Factors influencing the adoption of improved cultivars: a case of peach farmers in Pakistan. *Ciência Rural, Santa Maria*, 48 (11). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180342>
- Van Den Ban, A., Hawkins H.S., Brouwers J. & Boon C. 1994. *La Vulgarisation Rurale en Afrique*. Karthala Paris 373 p.
- Verbeek M., 2004. *A guide to modern econometrics*. 2nd edition. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England. 429p.
- Yabi J. A., Bachabi F. X., Labiyi I. A., Odé, C. A. & Ayéna, R. L. 2016. Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(2): 779-792. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.27>

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) consists of the letters 'S', 'N', and 'A' in a bold, green, sans-serif font, spaced out horizontally.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Effet de l'*Ipomoea aquatica* sur les performances de croissance des lapereaux et la qualité organoleptique de la viande de lapin

Janvier Mélégnonfan KINDOSSI^{1*}, Fataou DJIBRILA¹, Folachodé AKOGOU¹, Abdoul Yazid B. TCHANI², Franck HONGBETE¹

* Auteur Correspondant

¹ Département de Nutrition et Sciences Agroalimentaires, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou
² Département des Sciences et Techniques de Productions Animale et Halieutique, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

Emails : jkindossi@gmail.com ; djibrilafataou2992@gmail.com ; folachodea@gmail.com ; bigmantbay@gmail.com ; hongbetefranck@gmail.com

Reçu le 2 Juin 2022 - Accepté le 3 Avril 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : Dans les élevages cunicoles du Bénin, la quasi-totalité des matières premières utilisées sont des ressources alimentaires classiques telles que le maïs, le soja, la farine de poisson, etc. En plus de ces matières premières, certaines feuilles végétales disponibles localement entrent également dans l'alimentation des lapins. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer comment l'incorporation de l'*Ipomoea aquatica* (patate aquatique) dans l'alimentation des lapins influence leurs performances de croissance et les caractéristiques organoleptiques de leurs viandes. Vingt-quatre (24) lapereaux de race commune, âgés de 40-45 jours, ont été utilisés. Ces lapereaux ont été répartis en trois lots de huit. Chaque lot a été soumis à un régime alimentaire distinct: l'aliment commercial (Pro), l'aliment commercial + feuille de *Ipomoea aquatica* (PIpo), et exclusivement feuilles de *Ipomoea aquatica* (Ipo). Pendant l'engraissement, la vitesse de croissance des lapereaux nourris avec le PIpo était de 18,2 g/j contre 16g/j chez les lapereaux nourris avec l'Ipo et 13,9 g/j chez les lapereaux nourris avec le Pro. Les tests de l'évaluation sensorielle indiquent qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les trois types de viandes. Les carcasses issues des lapins nourris avec l'aliment Ipo ont été plus blanchâtre et pâle que celles issues des lapins nourris avec les aliments Pro et PIpo. En outre, la viande issue du lot Ipo a été significativement ($p < 0,05$) plus tendre mais moins succulente que les viandes des lots PIpo et Pro. Toutes les viandes issues des lapereaux nourris aux trois types d'aliments ont été acceptées. En conclusion, l'*Ipomoea aquatica* contribue à une meilleure performance de la croissance et à l'amélioration de la qualité de la viande qui est plus tendre et succulente. Cela pourrait permettre aux éleveurs d'augmenter la productivité de leurs exploitations tout en répondant à la demande des consommateurs pour une viande de meilleure qualité.

Mots clés : *Ipomoea aquatica*, lapin, engraissement, viande, qualité organoleptique.

Effect of *Ipomoea aquatic* on the growth performance of young rabbits and the organoleptic quality of rabbit meat

Abstract: In Bénin's rabbit farms, almost all the raw materials used are conventional food resources such as maize, soybeans, fish meal, etc. In addition to these raw materials, some locally available vegetable leaves are also included in the diet of rabbits. Therefore, the objective of this study is to evaluate how incorporating *Ipomoea aquatica* (aquatic potato) into rabbits' diet affects their growth performance and the organoleptic characteristics of their meat. Twenty-four (24) young rabbits of the common breed, aged 40-45 days, were used. These young rabbits were divided into three batches of eight. Each batch was subjected to a distinct feeding regimen: commercial food (Pro), commercial food + *Ipomoea aquatica* leaf (PIpo), and exclusively *Ipomoea aquatica* leaves (Ipo). During fattening, the growth rate of PIpo-fed rabbits was 18.2 g/day compared

to a growth rate of 16 g/day in Ipo-fed rabbits and 13.9 g/day in Pro-fed rabbits. The sensory evaluation tests indicate that there is a significant difference ($p < 0.05$) between the three types of meat. Carcasses from rabbits fed with Ipo diet were more whitish and paler than those from rabbits fed with the Pro and PIpo diets. Furthermore, meat from the Ipo batch was significantly ($p < 0.05$) tenderer but less succulent than meats from the PIpo and Pro batches. All meats from rabbits fed with the three types of food were accepted. In conclusion, *Ipomoea aquatica* contributes not only to better growth performance but also to the improvement of the quality of rabbit meat, which is more tender and succulent. This could allow farmers to increase the productivity of their farms while meeting consumer demand for higher quality meat.

Keywords: *Ipomoea aquatic*, rabbit, fattening, meat, sensory quality.

1. Introduction

Les protéines sont indispensables et interviennent dans la croissance, la reproduction, l'immunité, le maintien et le développement des os des êtres humains. Ils jouent un rôle clé et sont importants dans le fonctionnement de l'organisme (Elmadfa & Meyer, 2017 ; Hongbété & Kindossi, 2017 ; Pospiech et al., 2007). Les protéines sont constituées de plusieurs acides aminés et parmi ces acides aminés, huit sont dits essentiels et ne peuvent être synthétisés par l'organisme (Martens & Westerterp-plantenga, 2014). Bien que les protéines soient présentes dans de nombreux aliments d'origine végétale et animale, seules les protéines d'origines animales renferment tous les huit acides aminés essentiels que l'organisme ne peut synthétiser (Gregori et al., 2019; Rémond, 2019). En effet, les protéines d'origines animales ont l'avantage d'être de très bonne qualité et contiennent en proportions équilibrées tous les acides aminés indispensables à l'organisme. Les protéines d'origine animale proviennent de produits animaux comme la viande. Les viandes sont des parties comestibles des animaux domestiques, des gibiers sauvages et d'élevages. C'est un aliment de grande valeur nutritionnelle, source de protéines, de lipides, d'acides aminés, de vitamines (Rémond, 2019). Elle occupe une place de choix dans l'alimentation quotidienne et est consommée fraîche ou transformée (Gregori et al., 2019).

Dans la plupart des pays africain, en particulier au Bénin, l'apport alimentaire quotidien en protéines animale d'à peine 4,5 g est nettement inférieur aux 35 g recommandés de protéines animales par personne et par jours (Herrero et al., 2014). Cette faible consommation en protéine animale enregistrée peut être attribuée à la baisse de la production animale occasionnée par le coût élevé des charges alimentaires des animaux, qui représente généralement jusqu'à 70% du coût total de production (Adande et al., 2017). Une solution plus appropriée à la pénurie de protéine animale réside dans la production animale des espèces à cycle court comme les lapins (*Oryctolagus cuniculus*). Pour cela, un accent spécial est accordé à la cuniculture (Hongbété et al.,

2016). Selon Menchetti et al. (2020), Lazzaroni et al. (2009) la viande de lapin est plus appréciée pour ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques, car elle est maigre et riche en protéines de haute valeur biologique au-dessus des autres viandes (Combes et al., 2003). Cependant, pour obtenir ces qualités irréprochables de la viande de lapin, plusieurs facteurs doivent être pris en compte tels que le mode d'élevage, la race et surtout l'alimentation. En effet, la disponibilité et la qualité des aliments à moindre coût demeurent les importantes contraintes de l'élevage de lapin au Bénin (Dahouda et al., 2013). Ces auteurs ont obtenu une meilleure performance de croissance et une meilleure qualité de la viande des lapins en utilisant des aliments locaux non conventionnels à base de folioles de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Ils ont ainsi prouvé que l'utilisation des aliments locaux non conventionnels dans l'alimentation des monogastriques herbivores apparaît comme une alternative raisonnable aux aliments commerciaux classiques très coûteux. Aussi, la patate aquatique (*Ipomea aquatica*), qui est abondante localement et considérée dans l'usage conventionnel comme une espèce d'intérêt médicinal (Bayaga et al., 2017), a été utilisée pour la croissance des lapins (Adande et al., 2017; Samkol, 2009) mais n'a pas objet de travaux sur la qualité organoleptique de la viande de lapin.

La présente étude a pour but d'évaluer l'effet de l'incorporation de la feuille de patate aquatique dans l'alimentation des lapins sur leurs performances de croissance en engraissement et les caractéristiques organoleptiques de leur viande.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la ferme AgroNutriIPlus (ANP Farmer) située dans la commune de Parakou (département du Borgou) plus précisément dans le quartier Baka à environ 03 km de l'Université de Parakou. La ferme est limitée au nord par le village Kika ; au sud par des camps peulhs, à l'est par le fleuve Okpara et à l'ouest par l'Université de Parakou (Figure 1).

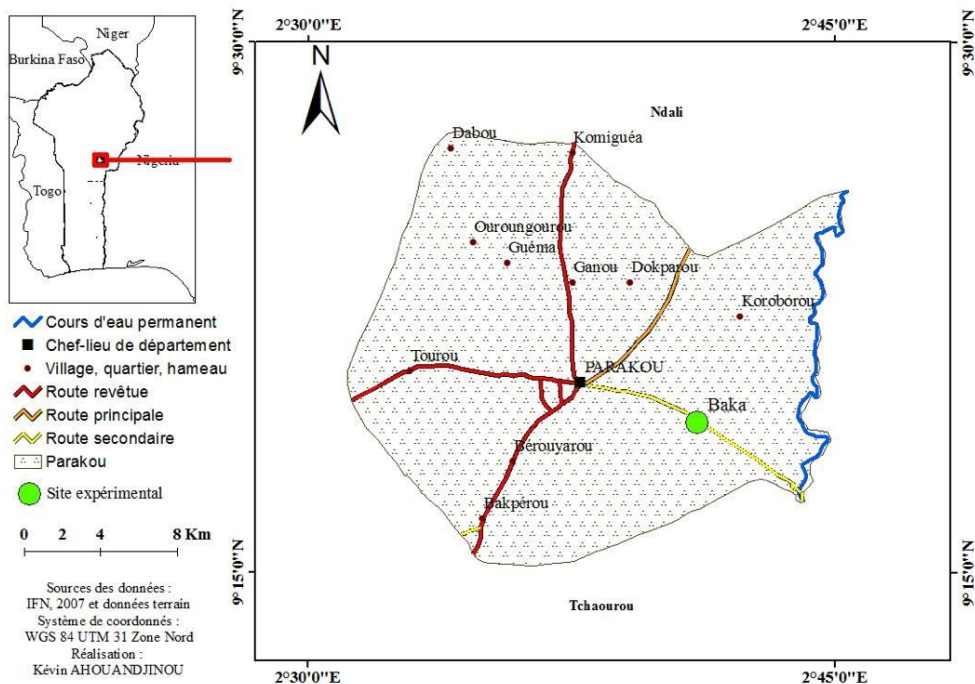


Figure 1: Milieu d'étude / Study area

2.2. Animaux, dispositif expérimental et alimentation

Vingt-quatre (24) lapereaux de souche commune (*Oryctolagus cuniculus*) âgés d'environ 40-45 jours ont été logés dans des cages métalliques galvanisées de dimensions (75 cm × 45 cm × 30 cm) munies d'une mangeoire d'un abreuvoir et d'un système de récupération disposé en dessous de chaque cage permettant de recueillir l'aliment gaspillé.

Au début de l'expérimentation, les animaux ont été répartis en trois lots homogènes (Pro = Aliment commercial ; PIpo = Aliment commercial + feuille de *Ipomoea aquatica* et Ipo = feuille de *Ipomoea aquatica*) de huit (8) têtes chacun. Les paramètres statistiques caractérisant la dispersion pondérale des animaux d'un lot et qui prouvaient l'homogénéité de tous les lots sont de $683,75 \pm 13,36$ kg ; $640,63 \pm 35,30$ kg et $673,13 \pm 27,0$ kg, respectivement pour les lots Ipo, PIpo et Pro

Chaque lot contenait 2 cages à raison de 4 lapereaux par cage. Cette configuration était optimale pour assurer le bien-être des animaux et l'intégrité des données collectées. Pour différencier les animaux de chaque lot, ils ont été marqués à l'aide d'un marqueur sur la face extérieure de l'oreille avec X pour le premier lot, Y pour le second et Z pour le dernier lot. Pour permettre l'identification de chaque sous-lot lors des pesées, les lapereaux ont été numérotés à l'aide d'un marqueur au

niveau de la face intérieure des oreilles avec les chiffres (1, 2, 3, 4 pour le premier sous lot ; 5, 6, 7, 8 pour le second sous lot et 9, 10, 11, 12 pour le dernier sous lot). Les cages ont été numérotées et disposés de telle sorte que tous les animaux ont été exposés aux mêmes conditions microclimatiques. Avant le démarrage de l'expérimentation proprement dite, une transition alimentaire de trois jours a été réalisée pour permettre aux lapins de s'adapter à la ration à tester. Durant cette phase de transition alimentaire, chaque lot recevait sa ration expérimentale. Au cours de la période expérimentale, chaque lapereau a été nourri deux (02) fois par jour à raison de 100 g par repas servi. Les formules alimentaires correspondant à chaque groupe d'animaux ainsi que leurs compositions chimiques sont indiquées dans le Tableau 1.

Après une pesée individuelle des animaux à J0, jour du démarrage de l'expérience, le poids des animaux a été relevé hebdomadairement à jour fixe durant huit semaines d'engraissement. Les pesées ont été réalisées avec une balance électronique digitale de marque Française « WeiHeng » d'une portée de 10 kg, avec une précision de ± 1 g.

Au cours de l'expérience, un lapereau mort a été enregistré et retiré de la cage, et a fait objet un diagnostic post mortem.

Tableau 1: Composition chimique des aliments utilisés / Chemical composition of the food used

Matières premières	Provende farineuse riche en son de blé, riz et tourteau de palmiste (Pro) (Hongbete et al., 2016)				Provende farineuse riche en son de blé, riz et tourteau de palmiste+ <i>Ipomoea aquatica</i> (PIpo) (Hongbete et al., 2016 ; Samkol, 2009)				<i>Ipomoea aquatica</i> (Ipo) (Samkol, 2009)			
	Quantité (Kg)	Energie Digestible (Kcal/Kg)	Protéines Brutes (%)	Cellulose Brute (%)	Quantité (Kg)	Energie Digestible (Kcal/Kg)	Protéines Brutes (%)	Cellulose Brute (%)	Quantité (g)	Energie Digestible (Kcal/Kg)	Protéines Brutes (%)	Cellulose Brute (%)
Tourteau de soja	10	320	4,25	0,74	10	320	4,25	0,74	-	-	-	-
Son de maïs	15	489	1,35	0,33	15	489	1,35	0,33	-	-	-	-
Tourteau de palmiste	23	621	4,255	3,45	20	621	4,255	3,45	-	-	-	-
Tourteau de coton	2	55,8	0,82	0,26	2	55,8	0,82	0,26	-	-	-	-
Son de blé	30	744	4,5	3,18	30	744	4,5	3,18	-	-	-	-
Son de riz	17	306	2,04	4,25	17	306	2,04	4,25	-	-	-	-
Feuille d' <i>Ipomoea aquatica</i>	0	-	-	-	3	-	0,78	0,42	100	19	26	14
Coquille d'huitre	2,5	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-
Sel	0,5	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Total	100	2535,8	17,215	12,21	100	2535,8	18	12,63	100	19	26	14

2.3. Traitement des animaux

L'Amprolium à la dose de 2 g/l pendant trois jours et la SULFA 33 à la dose de 5 ml par litre d'eau pendant cinq jours ont été administrés aux lapereaux pour la lutte préventive contre la coccidiose (Akpo et al., 2016). L'Oxytétracycline 10% a été administré aux lapereaux pour la prévention contre diverses infections. L'IVERMECTINE* à une dose de 1 ml/kg de poids vif a été administré aux lapereaux pour la lutte préventive contre des gales.

2.4. Paramètres zootechniques étudiés

Les paramètres zootechniques mesurés ont été : le poids moyen, le gain moyen quotidien (GMQ). L'évolution du poids des lapereaux a été déterminée par pesée de chaque animal au début de l'expérience puis toutes les semaines à jour fixe durant huit semaines. Les pesées ont été réalisées avec une balance électronique digitale de marque Française « WeiHeng » d'une portée de 10 kg, avec une précision de ± 1 g. Ces données ont permis de calculer les gains absolus ou GMQ.

Les GMQ ont été déterminés avec la formule proposée par Lhoste et al. (1993) :

$$\text{GMQ (g/j)} = \frac{\Sigma (P_f - P_i) * 1000}{\Delta T}$$

Où : P_f = poids final (g); P_i = poids initial (g); ΔT = durée entre deux pesées en jours.

2.5. Evaluation sensorielle

Trois tests axés sur le produit ont été réalisés dans le but de décrire le profil de qualité des viandes de lapin. Le degré de couleur, la tendreté et la succulence, la saveur et le gras ont été retenus par un panel composé de 12 dégustateurs comme étant les principaux attributs de qualité recherchés pour la viande de lapin. Après entraînement du panel, ces attributs sensoriels ont été décrits, quantifiés et calibrés sur des échelles de notation allant de 1 (extrêmement désagréable), 2 (très désagréable), 3 (assez désagréable), 4 (désagréable), 5 (ni agréable, ni désagréable), 6 (agréable), 7 (assez agréable), 8 (très agréable), 9 (extrêmement agréable) en utilisant des bulletins. Le seuil d'acceptabilité était égal à 5 (ni agréable, ni désagréable). Tout score supérieur ou égal à 5 a été considéré comme accepté. Les morceaux de viande ont été préparés de façon identique sans assaisonnement (Figure 2), de manière à éviter tout biais, et présentés dans des emballages jetables lors des tests.

2.6. Analyses statistiques

Les données ont été analysées en se servant de la statistique descriptive pour calculer les moyennes, écarts-types ou coefficients de variation. L'analyse de variance (ANOVA à un facteur) a été utilisée pour

comparer les moyennes par la procédure des modèles linéaires généralisés (Proc GLM) du logiciel R.

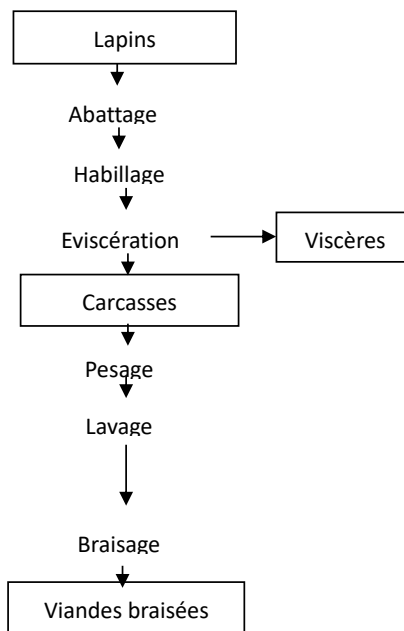


Figure 2: Diagramme technologique de préparation de la viande de lapin / Technological diagram for the preparation of rabbit meat

3. Résultats

Les résultats présentés portent sur la croissance pondérale, le gain moyen quotidien et l'évaluation sensorielle des viandes de lapins nourris avec trois différents types d'aliments.

3.1. Croissance pondérale

L'évolution du poids moyen des lapereaux pendant 56 jours de l'expérimentation est présentée dans le Tableau 2. Ainsi, le poids moyen est passé pendant ces 56 jours d'expérimentation de 683,8 à 1578,5 g pour les lapereaux nourris uniquement avec l'aliment *Ipomoea aquatica* (Ipo) ; de 673,1 à 1449,4 g pour ceux nourris avec l'aliment commercial (Pro) et de 640,7 à 1658,1 g pour les lapereaux nourris avec l'aliment commercial additionné d'*Ipomoea aquatica* (PIpo).

Durant les 2 premières semaines d'expérimentation, aucune différence significative n'a été observée entre le poids moyen des trois lots de lapereaux nourris. La différence pondérale n'a été enregistrée qu'à partir du 21^{ème} jour, jusqu'à la fin de l'expérimentation ($p < 0,05$) en faveur de l'aliment commercial additionné d'*Ipomoea aquatica* (PIpo). Les lapereaux nourris avec l'aliment commercial additionné d'*Ipomoea aquatica* (PIpo) pesaient 1658,1 g à la fin de l'expérimentation, alors

que ceux nourris avec l'aliment commercial (Pro) pesaient 1449,4 g et ceux nourris uniquement avec *Ipomoea aquatica* 1578,5 g, soit respectivement un écart 241,1 g et 122,7 g. Ainsi, l'apport d'*Ipomoea aquatica* a contribué significativement à améliorer le poids des lapins.

Tableau 1: Evolution du poids moyen des lapins par semaine / Evolution of the average weight of rabbits per week

Jours	Ipo		PIpo		Pro	
	n	Pm (g)	n	Pm (g)	n	Pm (g)
0	8	683,8 ±13,6a	8	640,7* ±35,3a	8	673,1 ±35,7a
7	8	788,1 ±34,5a	8	736,9 ±30,7a	8	743,1 ±27a
14	8	923,1 ±43,9a	8	876,9 ±44,7a	8	801,9 ±19a
21	7	1010,2 ±27,1a	8	1075 ±61,7a	8	924,4 ±38,3b
28	7	1075,6 ±21,4a	8	1150 ±26,7a	8	998,1 ±24b
35	7	1103,6 ±22,1a	8	1190,6 ±14,6b	8	1115,6 ±38,3ab
42	7	1263,3 ±36,3a	8	1394,4 ±42,6b	8	1206,9 ±35,7a
49	7	1350,8 ±45,5a	8	1551,9 ±50,0b	8	1322,5 ±38,2a
56	7	1578,5 ±39,4a	8	1658,1 ±33,8b	8	1449,4 ±41,9c

Ipo : aliment à base de feuille de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*); PIpo : aliment commercial + feuille de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*); Pro : aliment commercial utilisé à la ferme; n: nombre de lapins vivants pesés; Pm : Poids moyen; a, b, c: la même lettre liée aux moyennes sur une même ligne n'est pas significativement différente au seuil de 5%.

3.2. Gain moyen quotidien (GMQ)

Le Tableau 3 présente l'évolution de la vitesse de croissance des trois lots de lapereaux nourris avec les trois différents types d'aliments. Pour ces trois types d'aliment, les gains moyens quotidiens (GMQ) des lapereaux ont évolué en dents de scie. A la fin de l'essai, le GMQ des lapins nourris avec l'aliment Ipo a été significativement ($p < 0,05$) élevé (16 g/j) que celui des lapins nourris avec l'aliment Pro (13,9 g/j). De plus, l'*Ipomoea aquatica* apporte aussi plus de nutriments à la croissance des lapereaux. Toutefois, le GMQ des lapins nourris avec l'aliment PIpo a été significativement ($p < 0,05$) plus élevé (18,2 g/j), suivi du GMQ des lapins nourris avec l'aliment Ipo (16 g/j), puis le GMQ des lapins nourris avec l'aliment Pro (13,9 g/j).

3.3. Caractéristiques sensorielles de la viande des lapins nourris aux trois types d'aliments

3.3.1. Couleur des carcasses

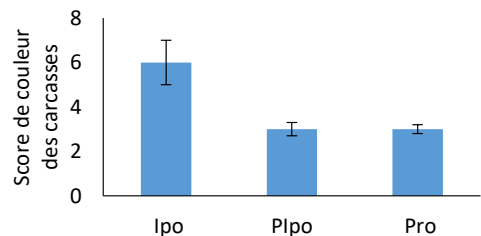
La figure 3 présente le score de variation de couleur des carcasses des lapins nourris aux trois types d'aliments. D'après le panel, les carcasses issues des lapins nourris avec l'aliment Ipo ont été considérablement

plus blanchâtre (score 6) que celles issues des lapins nourris avec les aliments Pro et PIpo (score 3). Toutefois, le panel a jugé que les carcasses issues des lapins nourris avec l'aliment Pro avaient la même intensité de couleur que les carcasses issues des lapins nourris avec l'aliment PIpo (score 3 chacun).

Tableau 2: Gains moyens quotidiens des lapins en fonction de l'aliment / Average daily gain of rabbits according to feed.

GMQ	Ipo		PIpo		Pro	
	n	Pm (g)	n	Pm (g)	n	Pm (g)
GMQ1	8	14,9±4,5 ^a	8	13,7±6,5 ^a	8	10±3,4 ^a
GMQ2	8	19,3±5,6 ^a	8	20±5,2 ^a	8	18,4±4,8 ^a
GMQ3	8	12,4±3,3 ^a	8	28,3±5,6 ^b	8	17,5±6,4 ^a
GMQ4	7	9,3±4,1 ^a	8	10,7±4,6 ^a	8	10,5±5,1 ^a
GMQ5	7	14,1±1,3 ^a	8	15,8±1,4 ^a	8	16,8±0,4 ^a
GMQ6	7	22,8±0,8 ^a	8	29,1±1,5 ^b	8	13,0±1,5 ^a
GMQ7	7	12,5±0,3 ^a	8	22,5±1,2 ^b	8	16,5±1,6 ^c
GMQ8	7	32,6±1,1 ^a	8	15,2±0,3 ^b	8	18,1±0,5 ^c
GMQ0-4	7	14,0±0,2 ^a	8	18,2±0,1 ^b	8	11,6±0,0 ^c
GMQ4-8	7	18,0±0,4 ^a	8	18,1±0,3 ^a	8	16,1±2,1 ^a
GMQ0-8	7	16,0±0,1 ^a	8	18,2±0,2 ^b	8	13,9±0,1 ^c

GMQ : Gains moyens quotidiens; Ipo : aliment à base de feuille de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*); Pro : aliment commercial; PIpo : aliment commercial+ feuille de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*); n: nombre de lapins vivants pesés; Pm : poids moyen. a, b, c: la même lettre liée aux moyennes sur une même ligne n'est pas significativement différente au seuil de 5%



Carcasses Ipo : carcasses des lapins nourris avec la feuille de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*) / Ipo carcasses: carcasses of rabbits fed with aquatic potato leaf (*Ipomoea aquatica*)
 Carcasses PIpo : carcasses des lapins nourris avec l'aliment commercial + *Ipomoea aquatica* / PIpo carcasses: carcasses of rabbits fed with commercial feed + *Ipomoea aquatica*
 Carcasses Pro : carcasses des lapins nourris avec l'aliment commercial / Pro carcasses: carcasses of rabbits fed with commercial feed 2

Figure 3: Score d'intensité de couleur blanchâtre des carcasses des lapins nourris avec trois types d'aliments durant 56 jours (les scores supérieur ou égal à 5 montrent que la couleur ou la tendreté du produit est accepté par les dégustateurs) / Intensity score of the whitish colour of carcasses from rabbits fed with three types of food for 56 days (scores greater than or equal to 5 show that the color or tenderness of the product is accepted by the tasters)

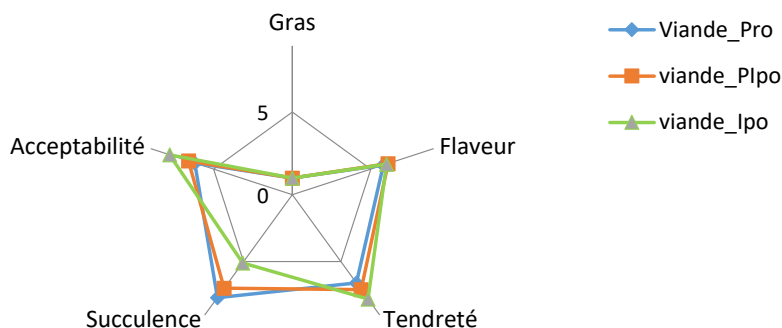
3.3.2. Tendreté, succulence, flaveur et gras des viandes

La Figure 4 présente le score d'acceptabilité de la viande issue des lapins nourris aux trois types d'aliments. L'intensité de la tendreté des viandes attribuées par les dégustateurs varie de 6,6 à 8,5. Les dégustateurs ont perçu que la viande issue de lapin nourri avec l'aliment Ipo (8,5) est significativement ($p < 0,05$) plus tendre que celles issues de lapins nourris avec les aliments Pro (6,6) et Pipo (7,1). De même, la viande issue de lapins nourris au Pipo (7,1) a été significativement ($p < 0,05$) plus tendre que celle issue de lapins nourris avec l'aliment Pro (6,6).

La viande des lapins nourris au Ipo (5,1) a été perçue significativement ($p < 0,05$) moins succulente que celles

issues des lapins nourris au Pro (7,7) et au Pipo (7). Toutefois, il n'y a pas eu de différence significative ($p > 0,05$) au niveau de l'intensité de succulence entre la viande issue des lapins nourris avec Pro et celle issue des lapins nourris à Pipo. Aussi, aucun des autres descripteurs ne permet de distinguer les viandes de lapins nourris aux trois types d'aliments.

Toutes les viandes issues des lapins nourris au cours de l'expérimentation ont été acceptées par les dégustateurs avec des scores supérieures à 5 (seuil d'acceptabilité). Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée pour les valeurs d'acceptabilité des viandes.



Viande_Ipo : carcasses des lapins nourris avec la feuille de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*) / Ipo meat: carcasses of rabbits fed with aquatic potato leaf (*Ipomoea aquatica*)

Viande_Pipo : carcasses des lapins nourris avec l'aliment commercial + *Ipomoea aquatica* / Pipo meat: carcasses of rabbits fed with commercial feed + *Ipomoea aquatica*

Viande_Pro : carcasses des lapins nourris avec l'aliment commercial / Pro meat: carcasses of rabbits fed with commercial feed

Figure 4: Score d'intensité de viandes des lapins nourris avec trois types d'aliments durant 56 jours / Intensity score of meats from rabbits fed with three types of food for 56 days

4. Discussion

Au terme de l'étude, les trois aliments testés ont induit un très faible taux de mortalité des lapins (1 lapereau sur 24). Les résultats montrent une croissance des lapins, quel que soit le type d'aliment utilisé. Dans cet essai, les résultats révèlent que l'aliment composé de la provende plus la feuille de patate aquatique (Pipo) induit les meilleures performances. En effet, la feuille de patate aquatique est une plante très riche en protéines, largement répandue sur le territoire Béninois et ainsi l'utilisation de cette plante aurait boosté la croissance des animaux (Kindossi et al., 2021; Samkol, 2009). Les lapins nourris avec la provende plus l'*Ipomoea aquatica* (Pipo) ont atteint à 56 jours d'expérience, un poids moyen de 1658,1 g. Le poids moyen des lapins nourris uniquement avec l'*Ipomoea aquatica* (Ipo) est de 1578,5 g contre 1449,4 g pour ceux nourris avec la

provende farineuse utilisée à la ferme (Pro). Un résultat semblable a été rapporté par Adandé et al., (2017) qui ont enregistré avec un régime alimentaire à base d'*Ipomoea aquatica* un poids moyen de 1650 g à 35 jours d'engraissement. Par contre, les poids obtenus avec la provende (Pro) utilisée à la ferme sont supérieurs à 1148,3 g obtenus par Hongbété et al. (2016) avec la même formule alimentaire et la même durée d'engraissement. Cette différence pourrait être due aux poids initiaux des lapereaux utilisés lors de l'essai (en moyenne 660 g contre 342 g) et être liée aux facteurs environnementaux (période d'essai, conditions sanitaires, etc.) (Tistiana & Widodo, 2023). Cela peut être également dû au fait que les animaux utilisés dans nos travaux ne sont pas de la même souche que ceux utilisés par ces auteurs. Kpodekon et al. (2009) ont obtenu en 56 jours d'engraissement un poids moyen de 1442,5 g pour une

proviendrait de la patate aquatique. Les trois aliments n'ont pas le même aspect et la même composition chimique, ce qui rendrait hasardeux de tirer des conclusions sur les performances enregistrées. Cependant avec les résultats obtenus au niveau des deux aliments où figure la feuille de patate aquatique, nous pouvons prétendre que l'utilisation de cette plante induit de meilleures performances chez le lapin.

Le gain moyen quotidien des animaux nourris avec l'aliment PIpo est le plus élevé (18,2 g/j), suivi du gain moyen quotidien des animaux nourris uniquement avec la feuille de patate aquatique Ipo (16 g/j) et enfin le GMQ des lapins nourris avec l'aliment Pro (14g/j). Ces résultats obtenus au niveau de l'aliment Pro sont semblables à 14,40g/j obtenu par Hongbété et al. (2016) pour la même formule alimentaire. En revanche, le GMQ obtenu avec l'aliment PIpo est supérieur à celui obtenu 14,87 g/j par Adandé et al. (2017) avec un régime alimentaire à base d'*Ipomoea aquatica*. Cette différence pourrait être d'une part due à l'âge et l'espèce des lapins utilisés et surtout à la composition des matières premières utilisées dans la formulation des aliments d'autre part. Par contre Kpodekon et al. (2009) ont obtenu une vitesse de croissance de 20,9 g/j pour un aliment farineux et 24,4 g/j pour un aliment granuleux. Ces GMQ sont supérieurs à ceux trouvés dans cette étude.

Les résultats d'analyse sensorielle ont montré que la carcasse et les viandes de lapins engraisés avec les feuilles de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*) sont aisément identifiables (plus de 85 % de bonne réponse) par rapport à des lapins nourris uniquement à l'aliment commercial (proviende). Le panel de dégustation a jugé que la carcasse issue de lapins nourris avec la patate aquatique (Ipo) a été plus blanchâtre et pâle que celle issue de lapins nourris avec l'aliment Pro, et, la carcasse issue des lapins nourris avec l'aliment Pro a la même intensité de couleur blanchâtre que celle issue de lapins nourris avec l'aliment Ipo. Malgré cela lorsqu'il a été demandé à ce même panel de dégustation de décrire les différences distinguées au niveau de la viande après cuisson, leur réponse a été beaucoup moins discriminante. En fait, seulement deux descripteurs « tendreté » et « succulence » ont été distingués des 3 lots. La viande de lapins issus de la patate aquatique a été perçue la plus tendre et succulente que les deux autres viandes.

De manière générale, la viande de lapin est classé dans la catégorie des viandes blanches (Kpodekon et al., 2009). L'intensité prononcée de la couleur blanchâtre sur la carcasse des lapins nourris avec la feuille de patate aquatique *Ipomoea aquatica* pourrait être lié aux pigments que contient cette plante. En effet, *Ipomoea aquatica* est une plante aquatique qui contient des métaux lourds (Westphal, 1993). Ces métaux pourraient causer une situation d'anémie (faible taux sanguin) chez les lapereaux d'où une carcasse très blanche

constaté après abattage des animaux de ce lot. Egalement cela peut s'expliquer par le fait que les lapins de ce lot Z n'ont pas reçu d'autres aliments composés d'ingrédients comme ceux des lots X et Y pouvant influencer la couleur des carcasses.

Les résultats obtenus à la phase de dégustation montrent que les viandes issues des lapereaux nourris aux trois types d'aliments ont été acceptées. Mais l'aliment Proviende + *Ipomoea aquatica* et l'aliment *Ipomoea aquatica* ont plus influencé respectivement la succulence et la tendreté des viandes auprès des dégustateurs. En effet, bien avant la cuisson des viandes, nous avons observé une facilité de la peau à se détaché du reste du corps au niveau des lapins nourris avec l'*Ipomoea aquatica*. Ce constat pourrait donc expliquer la tendreté de cette viande. De même, le score élevé de succulence au niveau de la viande des lapins Proviende + *Ipomoea aquatica* pourrait s'expliquer par les minéraux contenus dans les matières premières utilisées pour la formulation de la proviende qui confèrent une extrême succulence à la viande.

En somme, l'utilisation de la feuille de patate aquatique (*Ipomoea aquatica*) dans l'alimentation des lapins présente des avantages potentiels en termes de croissance et de qualité de la viande. Les résultats obtenus ont des implications pratiques importantes pour l'élevage des lapins. Premièrement, l'utilisation de la feuille de patate aquatique dans l'alimentation des lapins peut contribuer à réduire les coûts d'alimentation, car cette plante est largement disponible localement. Deuxièmement, les caractéristiques sensorielles améliorées de la viande des lapins nourris avec la feuille de patate aquatique, tels que la tendreté et la succulence, pourraient conduire à une meilleure acceptabilité et satisfaction des consommateurs, et donc à une augmentation de la demande. Ces résultats suggèrent que les éleveurs de lapins pourraient améliorer considérablement la productivité et la rentabilité de leurs exploitations grâce à l'introduction de la feuille de patate aquatique dans les formulations d'aliments pour leurs animaux. Cependant, des études complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents de ces effets et évaluer l'impact à long terme de ce type d'alimentation sur la santé des lapins, y compris la composition nutritionnelle de la viande et la résistance aux maladies.

5. Conclusion

Cette expérimentation a permis de montrer que les aliments PIpo (combinaison aliment commercial et feuille de *Ipomoea aquatica*) et Ipo (feuilles de *Ipomoea aquatica* uniquement) ont induit les meilleures performances zootechniques comparativement à l'aliment Pro (aliment commercial uniquement). De plus, elle a montré que la viande issue des lapins nourris avec l'aliment PIpo est plus tendre et plus succulente. Ainsi,

elle montre une contribution à la valorisation des espèces fourragères locales comme *Ipomoea aquatica* dans l'alimentation des lapins à un niveau d'incorporation acceptable pour avoir une viande lapin plus tendre, succulente et moins grasse. Ces résultats offrent des perspectives intéressantes pour la réduction des coûts de l'alimentation des lapins et la satisfaction des consommateurs à la recherche de viande de qualité. Les travaux futurs devront permettre d'approfondir la compréhension des mécanismes sous-jacents des effets observés et d'évaluer l'impact à long terme de cette alimentation sur la santé des lapins.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les membres de panel d'évaluation sensorielle.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Kindossi M.J.
Collecte des données	Djibrila F., Tchani A.Y.B.
Analyse des données	Kindossi M.J.
Acquisition de financement	Kindossi M.J.
Méthodologie	Kindossi M.J.
Gestion du projet	Kindossi M.J.
Supervision	Kindossi M.J.
Rédaction manuscrit initial	Djibrila F., Kindossi M.J.
Révision et édition manuscrit	Djibrila F., Kindossi M.J., Akogou F., Hongbété F.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Adande R., Adjahouinou D. C., Nourou M., Liady D. and Fiogbe D. 2017. Feeding of rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.) based on *Azolla filiculoides*, *Elaeis guineensis*, *Ipomoea aquatica* and *Panicum maximum*: Effect on rabbit growth and nutritive potential of the resulting rabbit dung for aquaculture, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11, pp. 2914–2923.

Akpo Y., Kpodekon M., Djago Y. and Licois D. 2016. Impacts socio-économiques sur les cuniculteurs de la vaccination des lapins contre les coccidioses intestinales au Bénin, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (5), pp. 2500-2506. DOI:10.4314/ijbcs.v9i5.21.

Bayaga H. N., Guedje N. M. and Biye E. H. 2017. Approche ethnobotanique et ethnopharmacologique des plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'ulcère de Buruli à Akonolinga (Cameroun), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (4), pp. 1523-1541. DOI:10.4314/ijbcs.v11i4.10.

Combes S., Lebas F., Juin H., Lebreton L., Martin T., Jehl N., Cauquil L., Darche B. and Corboeuf M. A. 2003. Comparaison lapin « Bio » / lapin standard: Analyses sensorielles et tendreté mécanique de la viande, in: *10èmes Journées de la Recherche Cunicole*. Paris, France, pp. 19–20.

Dahouda, M.; Adjolooun, S.; Senou, M.; Toleba, S. S.; Abou, M.; Vidjannagni, D. S.; Kpodékon, M.; Youssao A. K. I. 2013. Effects of diets containing Moringa oleifera Lam leaf and commercial feed on rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) growth performance and meat quality., *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (5), pp. 1838–1852.

Elmadfa I. and Meyer A. L. 2017. Animal Proteins as Important Contributors to a Healthy Human Diet, *Annual Review of Animal Biosciences*, 5, pp. 1–21. DOI:10.1146/annurev-animal-022516-022943.

Gregori T., Lion H. and Nassy G. 2019. Processed meat products: a whole world, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 54 (5), pp. 5S5-5S15. DOI:10.1016/S0007-9960(20)30006-7.

Herrero M., Havlik P., McIntire J., Palazzo A. and Valin H. 2014. *L'avenir de l'élevage africain : Réaliser le potentiel de l'élevage pour la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté et la protection de l'environnement en Afrique sub-saharienne*. Bureau du représentant spécial des Nations Unies pour la sécurité. Genève, Suisse.

Hongbété F., Akpo Y., Kindossi J. M., Tchani Y. A. B., Akissoé N. and Hounhouigan J. D. 2016. Effect of three types of farinaceous food on the growth performance of rabbit and the organoleptic quality of its meat, *Annales de l'Université de Parakou, Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 6 (1), pp. 75–82.

Hongbété F. and Kindossi J. 2017. Diversity and Traditional Consumption of Edible Insects in North Benin, *Journal of Scientific Research and Reports*, 14 (1), pp. 1–11. DOI:10.9734/jsrr/2017/32542.

- Kindossi J. M., Akogou F., Herbert O., Afé I., Tchani A. Y. B., Djibrila F. and Hongbété F. 2021. Leafy feed supplementation, rabbit growth performance and meat quality: Case study of *Ipomoea aquatica*, *International Journal of Livestock Production*, 12 (3), pp. 140–153. DOI:10.5897/IJLP2021.0782.
- Kpodekon M., Youssao A. K. I., Koutinhoun G. B., Baba I. L., Dessou J. M. and Djago Y. 2009. Effet de la granulation sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la viabilité des lapereaux en condition d'élevage tropical, *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 62 (1), pp. 75-80. DOI:10.19182/remvt.10097.
- Lazzaroni C., Biagini D. and Lussiana C. 2009. Fatty acid composition of meat and perirenal fat in rabbits from two different rearing systems, *Meat Science*, 83 (1), pp. 135–139. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.04.011.
- Lhoste P., Dollé V., Rousseau J., Soltner D. 1993. Manuel de zootechnie des régions chaudes: les systèmes d'élevage. Collection Précis d'élevage, Ministère de la Coopération, France, 291p.
- Martens E. A. P. and Westterp-plantenga M. S. 2014. Protein diets , body weight loss and weight maintenance, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 17, pp. 75–79. DOI:10.1097/MCO.0000000000000006.
- Menchetti L., Brecchia G., Branciaro R., Barbato O., Fioretti B., Codini M., Bellezza E., Trabalzamarinucci M. and Miraglia D. 2020. The effect of Goji berries (*Lycium barbarum*) dietary supplementation on rabbit meat quality, *Meat Science*, 161, pp. 1-19. DOI:10.1016/j.meatsci.2019.108018.
- Pospiech E., Grześ B., Mikołajczak B., Iwańska E. and Lyczyński A. 2007. Proteins of meat as a potential indicator of its quality – a review*, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57 (1), pp. 11–16.
- Rémond D. 2019. Meat, and its proteins, for healthy ageing, *Medecine Des Maladies Métaboliques*, 13 (3), pp. 252–256. DOI:10.1016/S1957-2557(19)30070-7.
- Samkol P. 2009. Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) as a feed resource for growing rabbits, *Revista Computadoriza de Produccion Porcina*, 16 (2), pp. 91–99.
- Tistiana H. and Widodo E. 2023. Effect of Feeding Water Spinach Waste on Performances of New Zealand White Rabbit, *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 8 (2), pp. 44–46.
- Westphal, E. 1993. *Ipomoea aquatica* Forsskal. In: Siemonsma, J.S. & Kasem Piluek (Editors). *Plant Resources of South-East Asia No 8. Vegetables*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, Netherlands. pp. 181–184.

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :






- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) consists of the letters 'SNA' in a bold, green, sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving them a three-dimensional appearance. The logo is centered between two horizontal lines.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Perception et facteurs déterminant l'utilisation de l'okara dans l'alimentation des lapins au Nord-Bénin

Cham Donald A. ALABI* , Alassan ASSANI SEIDOU , Yaya IDRISOU , Sorébou Hilaire SANNI WOROGO , Géraud BOSSOU, Ibrahim ALKOIRET TRAORE 

* Auteur Correspondant

Université de Parakou, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Production Animale (LESPA),
Faculté d'Agronomie, 01 BP 123, Parakou, Bénin

Emails : donach2@gmail.com ; alassanassani@yahoo.fr ; yayaidriss2617@gmail.com ; hilaïrov@gmail.com ;
geraudbossou5@gmail.com ; alkoïretib@yahoo.fr

Reçu le 20 Juin 2022 - Accepté le 24 Février 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : L'okara est un sous-produit de la production de lait de soja, dense en nutriments, qui se distingue par sa teneur élevée en protéines. Cependant, son intégration dans l'alimentation animale reste sous-exploitée. Cette étude vise à analyser la perception des cuniculteurs et les facteurs déterminant l'utilisation de l'okara dans l'alimentation des lapins au Nord-Bénin. Pour ce faire, 96 cuniculteurs provenant de 6 communes du département du Borgou ont été enquêtés de façon aléatoire. Les principales données collectées sont les caractéristiques sociolinguistiques des éleveurs ainsi que leurs choix et motivations concernant l'utilisation de l'okara. Les facteurs déterminant l'utilisation de l'okara ont été analysés au moyen d'une analyse canonique discriminante. Trois groupes de cuniculteurs ont été distingués et leurs caractéristiques ont été analysées. Les cuniculteurs utilisant déjà l'okara forment le Groupe 1 avec 29,19 % des enquêtés, ceux souhaitant utiliser l'okara constituent le Groupe 2 avec 51,04 % des enquêtés, et le Groupe 3 est constitué des cuniculteurs réfractaires à l'utilisation de l'okara avec 19,79 % des enquêtés. Les cuniculteurs du Groupe 1 se différencient de ceux des Groupes 2 et 3 par la commune de provenance, le mode d'élevage, la formation en élevage, les motifs d'utilisation de l'okara et le niveau d'instruction. Ceux du Groupe 2 se différencient des autres groupes par la forme d'utilisation et ceux du Groupe 3 se différencient des autres groupes par l'ethnie et la pratique des soins vétérinaires. Ainsi, il ressort que les cuniculteurs au Nord-Bénin ont une bonne connaissance de l'okara et consentent majoritairement à l'utiliser dans l'alimentation des lapins. Cette acceptation doit être accompagnée par l'organisation de séances de sensibilisation à grande échelle et des actions d'accompagnement à la production de soja afin de faciliter l'adoption de l'okara dans les pratiques alimentaires des cuniculteurs au Nord-Bénin en particulier et au Bénin en général.

Mots clés : Okara, alimentation, perception, éleveurs de lapins, Nord-Bénin.

Local perceptions and factors affecting okara adoption in feeding of rabbits in north-Benin

Abstract: Okara is a nutrient-dense by-product derived from the production of soy milk, which boasts a high protein content. However, its integration into animal feed remains underutilized. This study aims to analyze the perception of rabbit breeders and the factors determining the use of okara in rabbits feeding in north-Benin. Thus, 96 rabbit breeders from 6 communes of the Borgou department were randomly surveyed. The main data collected were the sociolinguistic characteristics of the breeders as well as on their choices and motivations regarding the use of okara. Factors determining the use of okara were analyzed by means of a discriminant canonical analysis. Three groups of rabbit breeders were distinguished and their

characteristics have been analyzed. The breeders already using okara form Group 1 with 29.19% of respondents, those wishing to use okara constituting Group 2 with 51.04% of respondents, and Group 3 consists of rabbits breeders who are refractory to the use of okara with 19.79% of respondents. The Group 1 rabbit breeders differ from those of Groups 2 and 3 by several criteria, including the commune of origin, the mode of breeding, the training in breeding, the end uses of okara and the level of education. Those of the Group 2 differ from other groups in the form of use and those in Group 3 differ from other groups in ethnicity and practice of veterinary care. Thus, it is evident that rabbits breeders in North Benin have a good knowledge of okara and a majority consent to its use in rabbit feeding. This acceptance must be accompanied by the organization of large-scale sensitization campaigns and support to produce soybeans to facilitate the adoption of okara in the feeding practices of rabbit breeders in northern Benin in particular and in Benin in general.

Keywords: Okara, feeding, perception, rabbit breeders, North Benin.

1. Introduction

Au Bénin, l'élevage de lapin, qui a réellement démarré au cours des années 1980 (FAO, 2018), est devenu un secteur florissant. Ainsi, de nouveaux élevages cunicoles voient le jour régulièrement à travers tout le pays, sur les fonds propres des éleveurs ou avec l'aide des différents programmes mis en place par l'État pour le développement de l'agriculture et/ou la résorption du chômage. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'élevage du lapin nécessite peu d'investissement initial et peut être pratiqué même dans des espaces restreints, sur quelques mètres carrés, le long d'un mur ou sous un arbre (Djago, 1998). En outre, avec une présence croissante sur les menus de restaurant et les étalages des bouchers, le lapin s'impose de plus en plus comme un choix alimentaire populaire (Ouedraogo et al., 2021 ; FAO, 2018) face à la demande en produits d'origines animales très élevée en Afrique de l'Ouest (OCDE/CSAO, 2020). L'élevage du lapin offre un potentiel de développement important et constitue une niche d'auto-emploi pour les jeunes et les femmes, à condition de professionnaliser leur pratique (Monsia et Agbèdè, 2014). Il est donc évident que le développement de la cuniculture nécessite des études approfondies dans un ensemble plus vaste de domaines tels que la génétique, la pathologie, et surtout l'alimentation. Cette dernière représente une contrainte couramment citée (Sana et al., 2020), et présente des risques, non négligeables, liés à l'occurrence de pathologies nutritionnelles.

Dans ce contexte, trois défis majeurs émergent parmi les problèmes que rencontre cette filière en pleine expansion : l'absence de reproducteurs améliorés, le prix élevé des aliments et la qualité médiocre des aliments. Concernant l'alimentation, la situation s'est nettement améliorée en termes de quantité et de disponibilité. Plusieurs unités d'aliments de bétail sont maintenant équipées de presse à granuler et ont intégré l'aliment lapin dans leurs productions. Cependant, du point de vue économique, étant donné que l'alimentation des animaux

correspond à 60% du coût de production des lapins, le prix élevé de l'aliment demeure l'un des obstacles majeurs au développement de la cuniculture. En grande partie, les matières premières qui composent cet aliment sont importées et sont excessivement chères ; c'est le cas du son de blé, du tourteau de soja, etc. La cherté des matières premières importées contribue indirectement au déséquilibre des aliments proposés sur le marché. En effet, plus la matière première est chèrement payée, plus le producteur cherche à diminuer son taux d'incorporation dans la formule alimentaire et à la remplacer par celle dont le prix est le plus bas.

Dans ce contexte, la technologie de fabrication du fromage de soja (tofu) laisse une importante quantité de résidu (okara) non commercialisé et non utilisé par manque de connaissances appropriées de sa valeur nutritive. L'okara est le résidu laissé par le soja après extraction de la fraction extractible de l'eau utilisée pour produire du lait de soja et le tofu (Toole, 1999). Il possède une protéine de haute qualité pour l'alimentation du bétail Ma et al. (1996).

Dans la littérature, seules quelques études ont été publiées sur la valorisation de ce sous-produit dans l'alimentation des animaux. On peut citer des études réalisées au Sénégal par Abd-Elsamee et al. (2005) dans l'alimentation des poulets de chair ainsi que par Mohammad et Ahmed (2008) dans les régimes alimentaires pratiques pour tout tilapia mâle monosexé du Nil ; Au Bénin, peu d'études ont été faites sur l'utilisation de ce sous-produit. On peut citer principalement Attakpa et al. (2014) dans l'alimentation des poules pondeuses et Alabi et al. (2018) dans l'alimentation des lapins. Pour ces différents auteurs, l'utilisation de l'okara en tant que substitut pour la farine de poisson ou le tourteau de soja, n'a pas nui à la conversion des aliments et a amélioré l'efficacité économique.

Adesina et Bardu-forson (1996) ont montré que les perceptions paysannes d'une technologie ou d'une innovation sont déterminantes pour son adoption. Dans une perspective d'actions visant à améliorer l'alimentation des lapins par l'utilisation de l'okara comme source de protéines, la perception des cuniculteurs sur

l'utilisation de ce sous-produit et l'identification des facteurs psychosociologiques et culturels qui orientent leurs comportements sont déterminantes. Les dimensions sociales et culturelles ont été particulièrement étudiées comme des moyens de promouvoir des produits en tenant compte des pratiques et des représentations des populations cibles (Calandre, 2002).

L'objectif principal de l'étude est d'analyser la perception des cuniculteurs et les facteurs déterminant l'utilisation de l'okara dans l'alimentation des lapins au Nord du Bénin. Spécifiquement, il s'agit de répondre à la question de recherche suivante : Les caractéristiques sociales, linguistiques et professionnelles des cuniculteurs sont-elles déterminantes dans le choix de l'utilisation de l'okara dans l'élevage des lapins au Nord-Bénin ?

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Cette recherche a été menée au Nord-Est de la République du Bénin, qui représente la plus grande zone de production de soja du Bénin (MAEP, 2014). Elle est située entre 9° et 12° latitude Nord et 2° et 4° longitude

Est (Figure 1). Dans cette zone figure le département du Borgou. La cuniculture représente une source non négligeable de revenus pour l'économie nationale et pour les populations. Les exploitations cunicoles peuvent globalement être regroupées en trois grandes catégories que sont les exploitations familiales (ou élevage extensif), les élevages traditionnels améliorés et les élevages semi-intensifs. Les exploitations semi-intensives produisent la plus grande partie des lapins disponibles sur le marché actuellement (FAO, 2018).

2.2. Echantillonnage et base de données

Les données utilisées dans cette étude sont issues d'une enquête menée dans le département du Borgou au nord-Bénin. Selon un rapport de la FAO (2018), le nombre de cuniculteurs au nord-Bénin est relativement faible. Par conséquent, une base de sondage a d'abord été constituée dans le département du Borgou. Ceci a été possible grâce à la liste des cuniculteurs obtenue auprès des Organisations Non Gouvernementales (notamment Bouge, Élevage Sans Frontière, etc.) et auprès de l'Agence Territoriale de Développement Agricole 4 (ATDA 4).

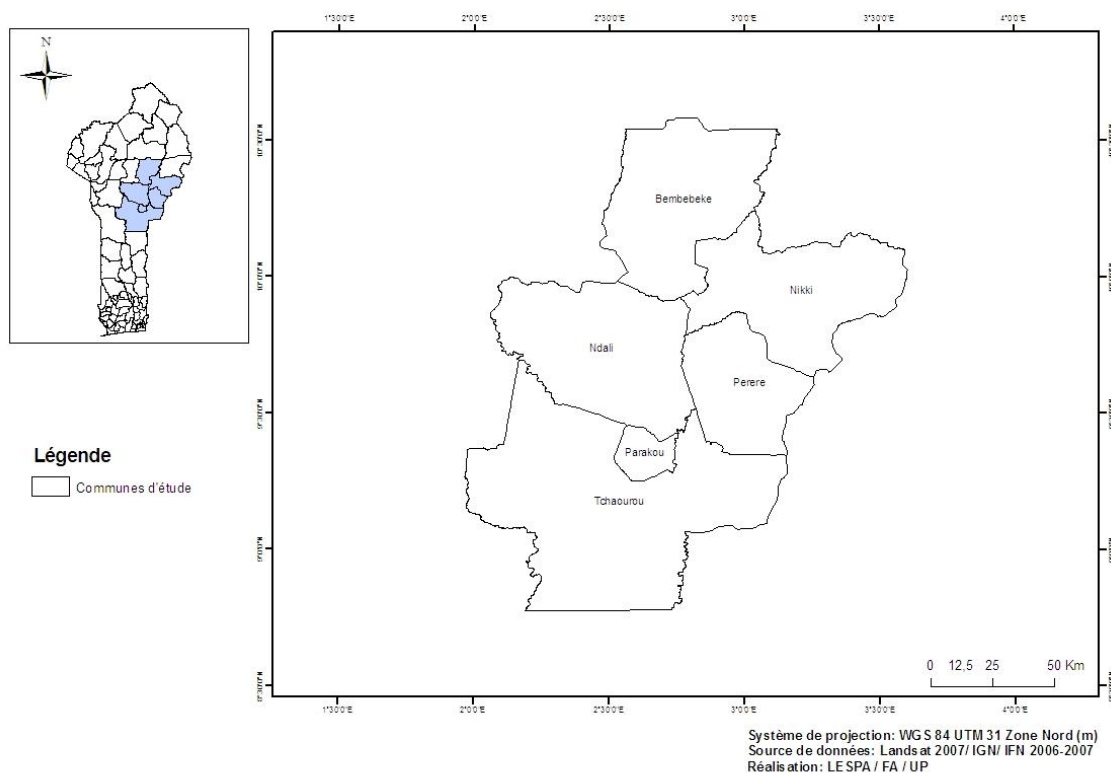


Figure 1. Carte de la zone de recherche / Map of the research area

Partant de cette base de sondage, un échantillonnage aléatoire des cuniculteurs a été fait au sein de six communes choisies en utilisant les nombres pseudo-aléatoires disponibles dans le logiciel Excel 2007. Les six communes choisies étaient : Tchaourou, Nikki, Parakou, N'dali, Bembérékè et Pèrèrè. Notons également que le choix du département du Borgou est stratégique dans le fait qu'au Bénin, depuis vingt ans, la production de soja n'a cessé d'augmenter, passant de 1 000 tonnes en 1996 à 139 900 tonnes en 2015 (Pro-FINA, 2017) et les départements du Borgou et de l'Alibori assurent 35,87 % de la production nationale (MAEP, 2018). En d'autres termes, cette région est au cœur de la zone de production de soja au Bénin.

Au terme de cette analyse, un total de 96 cuniculteurs a été enquêté. Les interviews ont été conduites en présence d'un traducteur en cas de besoin. Les données collectées auprès de chaque cuniculteur ont concerné : la provenance (département, commune et village), les caractéristiques socioculturelles de l'éleveur (âge, sexe, groupe socioculturel, niveau d'instruction et situation matrimoniale), les caractéristiques de l'élevage (taille du cheptel, prix de vente du lapin et année d'installation de l'élevage), les caractéristiques professionnelles de l'éleveur (activités principales et formations reçues), le revenu lié à l'élevage, la disponibilité de l'okara, le prix d'acquisition du sac de 100kg, le nom de l'okara en langue locale, la forme de présentation, la période de disponibilité, les lieux d'approvisionnement, les différents fournisseurs, les perceptions et les raisons de l'utilisation ou non de l'okara dans leur élevage, ainsi que les différents problèmes liés à l'utilisation de l'okara.

La méthode choisie dans le cadre de cette enquête est celle de l'entretien semi-directif. Dans ce type d'entretien, l'échange n'est ni entièrement ouvert, ni cadré par un trop grand nombre de questions précises et orientées. Selon Quivy et Campendhoutd (2009), cette méthode d'enquête permet à la personne interviewée d'exprimer « ses perceptions d'un évènement ou d'une situation, ses interprétations ou ses expériences ». Ce genre de méthode se révèle utile lorsque l'objectif est de détecter des préoccupations inconnues de l'enquêteur au départ de l'analyse, d'éclairer le sens que les acteurs donnent à leurs pratiques, de mettre à jour leurs représentations sociales.

2.3. Traitement statistique des données

Le traitement des données a été focalisé sur 96 cuniculteurs provenant de 6 communes du département du Borgou au Bénin à cause de la présence de données manquantes et de données aberrantes. Trois groupes de cuniculteurs ont été distingués : le groupe des cuniculteurs utilisant déjà l'okara (G1); le groupe des cuniculteurs favorables à l'utilisation de l'okara (G2); le groupe des cuniculteurs non favorables à l'utilisation de l'okara (G3). Une analyse canonique discriminante a été réalisée sur la matrice ligne-colonne constituée par

les cuniculteurs enquêtés des trois groupes et les caractéristiques des cuniculteurs sélectionnées après une analyse discriminante pas à pas.

L'effet de différents facteurs sur le souhait d'adoption de l'okara dans l'alimentation des lapins a été examiné en utilisant un modèle linéaire généralisé à effets mixtes de la famille binomiale. Dans ce modèle, les effets fixes étaient la commune, le sexe et le revenu annuel, tandis que l'effet aléatoire était constitué du groupe socioculturel. Du fait du caractère binomial de la variable dépendante (G2 et G3), la famille binomiale a été considérée pour la variable dépendante. Une sélection des variables a d'abord été effectuée avant d'ajuster le modèle aux données. La sélection des variables et l'ajustement du modèle binomial à effets mixtes aux données ont été faits dans le logiciel R 3.2.0 (R Development Core Team. 2012., <http://www.Rproject.org/>) en utilisant la fonction *lmer* du package *lme4*. Le choix des variables s'est basé sur l'AIC (Critère d'Information d'Akaike) (Akaike, 1974).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques sociodémographiques des cuniculteurs

La majorité des cuniculteurs enquêtés était du sexe masculin, ayant le niveau secondaire de l'enseignement général, appartenant au groupe socioculturel Bariba et pratiquant l'élevage en mode traditionnel amélioré (Tableau1). Agé en moyenne de $31 \pm 12,95$ ans, leur revenu annuel était de 195 000F CFA, avec un cheptel moyen de $78 \pm 32,58$ lapins et une ancienneté de 3 ans.

Parmi les interviewés, la majorité utilise la main d'œuvre salariale. La taille de leur ménage est en moyenne de 3 personnes. Aucun de ces éleveurs n'appartient à une association ou coopératives de cuniculteurs. Cependant 23,95 % parmi eux estiment avoir reçu au moins une fois une formation en alimentation, santé ou reproduction du lapin. Aussi, 43,75 % des enquêtés sollicitent le service d'un agent de santé et 8,33 % sont en contact avec un service de vulgarisation.

La cuniculture représente une activité principale pour 33% des interviewés. On retrouve en seconde position pour 42% des interviewés, d'autres activités telles que le commerce, l'élevage en général et l'artisanat, suivi de l'agriculture pour 24% des interviewés. L'analyse par commune montre qu'au moins la moitié des interviewés de chaque commune ont au moins l'élevage de lapin comme principale activité.

Tableau 1 : Statistique descriptive de l'échantillon de cuniculteurs enquêtés / Descriptive statistics of the sample of rabbit farmers surveyed

Facteurs qualitatifs	Niveau des facteurs	Effectifs	Pourcentage (%)
Groupes de cuniculteurs	G1 (Utilise déjà l'okara)	28	29,19
	G2 (Souhait d'utiliser l'okara)	49	51,04
	G3 (Non souhait d'utiliser l'okara)	19	19,79
Commune de Provenance	Bembérékè	38	39,6
	N'dali	8	8,3
	Nikki	11	11,44
	Parakou	22	22,91
	Perèrè	10	10,41
	Tchaourou	7	7,29
	Sexe	Masculin	82
	Féminin	14	14,58
Niveau d'instruction	Non scolarisé	23	23,95
	Primaire	33	34,37
	Secondaire	36	37,5
	Universitaire	4	4,16
Groupes socioculturels	Bariba	72	75
	Fon	5	5,21
	Peulh	3	3,12
	Nagot, Yorouba	14	14,5
	Lokpa	2	2,1
Formation en élevage de lapin	Formé	23	23,95
	Non formé	73	76,04
Main d'oeuvre	Familiale	92	95,83
	Salarié	4	4,16
Principale activité	Cuniculture	32	33,33
	Agriculture	24	24,34
	Autres	41	42,33
Contribution de l'élevage de lapin	Besoins personnels	60	62,5
	Autres	36	37,5
Mode d'Élevage	Traditionnel	72	75
	amélioré		
Recours à un service de santé	Semi-intensif	24	25
	Recours	42	43,75
	Pas de recours	54	56,25
Facteurs quantitatifs		Moyenne	Erreur standard
Age (ans)	-	31,66	14,30
Revenu annuel (CFA)	-	195000	5036
Taille du cheptel	-	78	138,51
Taille du ménage	-	3,77	3,07
Ancienneté (années)	-	3	3,46

3.2. Perceptions et pouvoir discriminant des caractéristiques des cuniculteurs

Trois types de cuniculteurs ont été distingués selon l'utilisation, le souhait d'utiliser ou non l'okara en cuniculture. Ainsi, 29,19 % des cuniculteurs enquêtés utilisaient déjà l'okara (G1), contre 51,04 % qui ont émis le souhait d'introduire l'okara dans l'alimentation de

leurs lapins (G2) alors que 19,79 % des enquêtés n'ont pas souhaité utiliser l'okara dans l'alimentation de leurs animaux (G3). Les cuniculteurs déjà utilisateurs d'okara et les favorables à son utilisation ont perçu la production d'okara comme une source de valorisation des sous-produits localement disponibles et à moindre coût et qui autrefois était déversée dans la nature. Les non favorables à l'utilisation de l'okara dans l'alimentation animale ont justifié leur choix par le fait qu'ils n'ont aucune garantie sur la qualité du soja utilisée, le degré de torréfaction et la technique de conservation de l'okara avant la vente. La majorité des cuniculteurs (74,90%) avait une parfaite connaissance de l'okara dont les noms vernaculaires sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2 : Noms de l'okara dans les principales langues parlées par les enquêtés / Names of okara in the main languages spoken by the respondents

Langues	Noms vernaculaires
Bariba	<i>Soja sannou</i>
Fon	<i>Soja floh</i>
Peulh	<i>boussoukadjè</i>
Nagot, Yorouba	<i>Foulou fouloui soja</i>
Lokpa	<i>thõhoũtç</i>

L'analyse discriminante pas à pas effectuée sur l'ensemble des caractéristiques des enquêtés a montré que sur les 14 caractéristiques étudiées, 8 s'étaient révélés être les plus discriminantes des cuniculteurs. Ces caractéristiques ont été : la commune, l'ethnie, le niveau d'instruction, la forme de l'utilisation, les fins d'utilisations de l'okara, le mode d'élevage, la formation en élevage et les soins vétérinaires. Les résultats de l'analyse canonique discriminante réalisée pour identifier les caractéristiques des cuniculteurs permettant de discriminer les groupes ont révélé que les deux premiers axes canoniques étaient globalement significatifs ($P < 0,05$). La part de variance expliquée était de 81,3 % pour le premier axe et 18,7 % pour le second axe. L'analyse des corrélations entre chacun des deux axes et les caractéristiques des cuniculteurs a permis de déduire que seule la forme d'utilisation de l'okara a présenté une corrélation positive avec le premier axe (Tableau 3)

Tableau 3 : Corrélation entre les variables et les deux axes canoniques / Correlation between variables and the two canonical axes

Axes	Positif	Négatif
1	Forme d'utilisation	Ethnie
		Soins vétérinaires
		Fin d'utilisation
		Commune
		Niveau d'instruction
2	Fin d'utilisation	Mode d'élevage
		Formation en élevage
		Niveau d'instruction
		Commune
		Mode d'élevage
	Soins vétérinaires	Formation en élevage
		Fin d'utilisation

Le second axe était corrélé négativement avec la formation en élevage et dans une moindre mesure le mode d'élevage. Ainsi, ces trois caractéristiques ont permis de distinguer les cuniculteurs des trois groupes par rapport à l'utilisation de l'okara dans l'alimentation des lapins. La représentation des cuniculteurs identifiés par leur groupe dans le premier plan factoriel formé par les axes canoniques 1 et 2 (Figure 2) a montré que le premier axe a clairement séparé les cuniculteurs qui souhaitent utiliser (G2) et ceux qui ne souhaitent pas utiliser l'okara (G3), des cuniculteurs qui utilisent déjà l'okara (G1). Les caractéristiques telles que la commune, le mode d'élevage, la formation en élevage, les fins d'utilisation de l'okara et le niveau d'instruction ont permis de reconnaître les cuniculteurs du groupe G1. En effet, la position du groupe G1 sur l'axe 1 a indiqué que les cuniculteurs qui utilisaient déjà l'okara étaient caractérisés par un mode d'élevage traditionnel amélioré, provenaient de la commune de Bembérékè, n'avaient pas reçu de formation en élevage de lapins et avaient un niveau d'instruction du secondaire. Ce groupe incorpore l'okara dans la ration formulée à leurs lapins. Le second axe a opposé le groupe des cuniculteurs qui ont émis le souhait d'utiliser l'okara (G2) au groupe de ceux qui n'ont pas souhaité l'utiliser (G3).

Les caractéristiques comme la forme d'utilisation d'une part, et la pratique des soins vétérinaires puis l'ethnie d'autre part ont été celles qui ont permis de différencier les cuniculteurs de ces deux groupes.

La majorité des individus du groupe 1 proviennent des communes de Bembérékè (25% des cas), Pèrèrè (25% des cas), et Nikki (21% des cas) (Tableau 4). Quant aux groupes 2 et 3, la majorité des individus est de Bembérékè (45% et 42% des cas respectivement). Pour l'ensemble de ces trois (3) groupes, ils ont au moins le niveau secondaire, sont de l'ethnie Bariba et n'ont reçu aucune formation en élevage. Il est à noter que les cuniculteurs du groupe 1 ne font pas recours à un service vétérinaire (60% des cas) tandis que les cuniculteurs des groupes 2 et 3 font recours à un service vétérinaire (53% et 73% des cas respectivement). L'ensemble des trois (3) groupes utilise la forme séchée de l'okara pour le servir au lapin. Seuls 10%, 28 % et 10% des cas utilisent l'okara torréfié respectivement pour les groupes 1,2 et 3. L'okara est utilisé comme complément alimentaire par la majorité des cuniculteurs du groupe 1. Il est à noter que la majorité des cuniculteurs du groupe 2 souhaitent aussi utiliser l'okara comme complément alimentaire. Le mode d'élevage le plus pratiqué par chacun de ces groupes est le mode traditionnel amélioré.

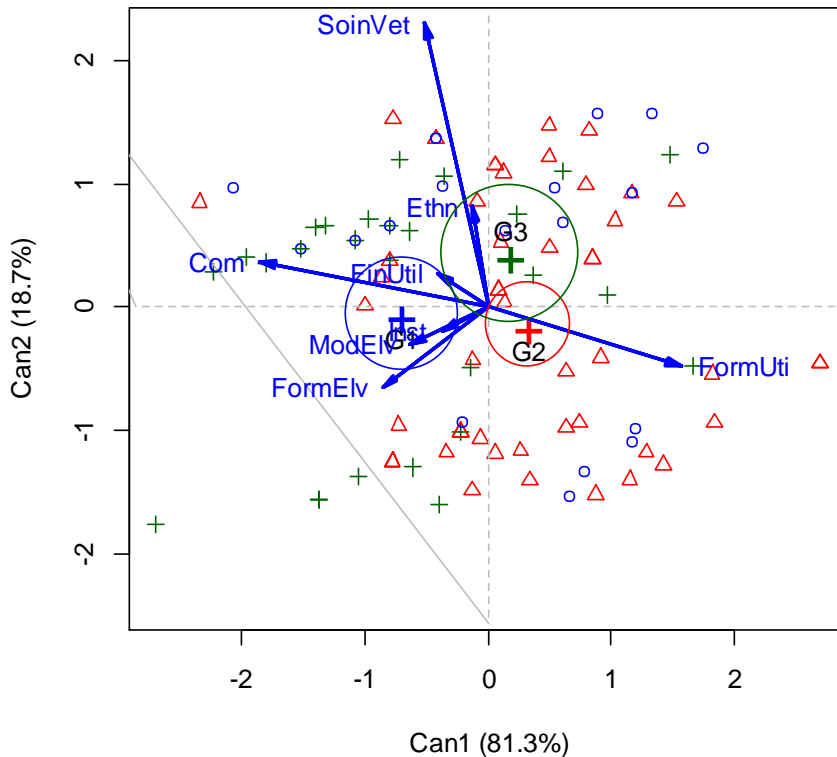


Figure 2 : Représentation des cuniculteurs identifiés par leur groupe dans le premier plan factoriel / Representation of rabbit farmers identified by their group in the first factorial plane

Tableau 4 : Caractéristiques des cuniculteurs par groupes / Characteristics of rabbit farmers by groups

Variables	Modalités	Groupe 1 (cuniculteurs utilisant déjà l'okara)	Groupe 2 (cuniculteurs souhaitant utiliser l'okara)	Groupe 3 (cuniculteurs réfractaires à l'utilisation de l'okara)
Commune	Bembérékè	25 (7)	46,93 (23)	42,10 (8)
	N'Dali	0 (0)	12,24 (6)	10,52 (2)
	Nikki	21,42 (6)	8,16 (4)	5,26 (1)
	Parakou	14,28 (4)	26,53 (13)	26,31 (5)
	Pèrèrè	25 (7)	2,04 (1)	10,52 (2)
	Tchaourou	14,28 (4)	4,08 (2)	5,26 (1)
Niveau d'instruction	Illettré	17,85 (5)	20,40 (10)	21,05 (4)
	Primaire	10,71 (3)	10,20 (5)	15,78 (3)
	Secondaire	46,42 (13)	53,06 (26)	42,10 (8)
	Universitaire	25 (7)	16,32 (8)	21,05 (4)
Ethnie	Bariba	75 (21)	77,55 (38)	68,42 (13)
	Fon	3,57 (1)	4,08 (2)	10,52 (2)
	Peulh	3,57 (1)	4,08 (2)	0 (0)
	Lokpa	3,57 (1)	2,04 (1)	0 (0)
	Nagot	14,28 (4)	12,24 (6)	21,05 (4)
	Formation en élevage	Oui	10,71 (3)	22,44 (11)
Non		89,28 (25)	77,54 (38)	73,68 (14)
Recours à un service de vétérinaire	Oui	39,28 (11)	53,06 (26)	73,68 (14)
	Non	60,71 (17)	46,93 (23)	26,31 (5)
Forme d'utilisation	Séché	85,71 (24)	55,10 (27)	-
	Humide	3,57 (1)	16,32 (8)	-
	Torifié	10,71 (3)	28,57 (14)	-
Fin d'utilisation*	Incorporé dans la ration	17,85 (5)	24,48 (12)	-
	Complément alimentaire	82,14 (23)	75,51 (37)	-
Mode d'élevage	Traditionnel amélioré	67,85 (19)	77,55 (38)	78,94 (15)
	Semi-intensif	32,14 (9)	22,44 (11)	21,05 (4)

* Fin d'utilisation : « Incorporé dans la ration » signifie que ce sous-produit fait partie des matières premières devant constituer ou devant être intégrée dans une ration finale servie aux animaux tandis que « Complément alimentaire » signifie que le sous-produit est donné seul aux animaux sans être mélangé à d'autres matières premières pour en faire une ration.

4. Discussion

Cette étude a permis d'analyser la perception des cuniculteurs sur l'utilisation de l'okara qui constituent une source peu utilisée de protéine végétale valorisable en alimentation animale et principalement dans l'alimentation des lapins au Bénin. Non seulement cette étude attire l'attention sur une source sous-exploitée de protéines d'origine végétale, mais elle met également en lumière le potentiel de pratiques d'élevage durables grâce à l'incorporation de l'okara dans l'alimentation des lapins. Les cuniculteurs sont majoritairement favorables à l'introduction de l'okara dans l'alimentation des lapins au Nord-Bénin. Ils ont une parfaite connaissance de l'existence de ce sous-produit du soja mais ignorent ses valeurs nutritives.

Les cuniculteurs ayant fait de l'élevage une source principale de revenus sont ceux qui utilisent déjà

l'okara dans leurs pratiques d'élevage et qui ont conscience que l'okara joue un rôle bénéfique dans l'alimentation de leurs lapins. En revanche, les cuniculteurs qui ont une certaine ancienneté dans l'élevage des lapins sans être habitués à l'okara sont de facto favorables à son adoption dans l'alimentation de leur lapin. Au niveau des trois (3) groupes, il en ressort une prédominance du mode d'élevage traditionnel amélioré. Ces résultats corroborent en partie les observations de Kpodekon (1988) sur les élevages traditionnels au Bénin. Selon cet auteur, la cuniculture est de plus en plus considérée comme source de revenu complémentaire d'où l'amélioration par les éleveurs de l'élevage traditionnel simple vers un élevage traditionnel amélioré.

Les cuniculteurs du groupe 3 qui ne souhaitent pas utiliser l'okara peuvent percevoir un risque sanitaire. Ce qui justifie leur comportement de méfiance et de risque à minima étant donné que la perception des

risques sanitaires et de la valeur nutritionnelle des aliments donnent une nouvelle dimension à la notion de qualité et à sa signification (Papageorgiou, 2010). Au contraire, l'utilisation de l'okara est une source appréciable de protéines végétale car l'okara possède une protéine de haute qualité pour l'alimentation du bétail Ma *et al.* (1996). L'okara a des teneurs en protéine brute de 34,5% MS, en lipide de 11,3% MS, en Cellulose brute de 15 % MS et en Matière sèche de 93,8% (Attakpa et al., 2014) comparables aux farines de viande, de poisson, de soja ou de coton, utilisées habituellement comme sources de protéines dans l'alimentation animale (Bouafou, 2007 ; Bouafou et al., 2011). Mieux, ces cuniculteurs peuvent fonder leur perception sur les habitudes et les pratiques existantes. Une nouvelle pratique est toujours un facteur de risque. Ce résultat met en évidence que la formation des perceptions se réalise à travers un conflit entre l'inconnu qui est proposé et le traditionnel connu, souvent local, que les individus ont l'habitude de rechercher (Papageorgiou, 2010). Ainsi, de tels cuniculteurs ne jugent pas important d'introduire de nouvelles pratiques d'alimentation qui selon eux, sont contraignantes et destinées aux cuniculteurs l'ayant comme activité principale, d'où les réticences observées chez ceux du groupe 3 dans l'acceptation de l'okara. Cela va sans dire que lorsque le coût d'adoption d'une nouvelle pratique ou innovation est jugé supérieur au bénéfice potentiel, les acteurs sont réticents (Hanley et Barbier, 2009). Des stratégies de communication efficaces doivent donc être employées pour former les cuniculteurs réticents sur les avantages nutritionnels et la sécurité de l'okara.

La perception positive des cuniculteurs des Groupes 1 et 2 participe à une forme de rationalité économique et de valorisation des ressources naturelles locales disponibles. Les cuniculteurs des Groupes 1 et 2 perçoivent ainsi que l'utilisation de l'okara dans l'alimentation des lapins permet de valoriser les déchets qui jadis étaient jetés et qui constituaient des menaces pour l'environnement (Gombauld et Gachet, 1998). Ce faisant, la production en grande quantité du fromage de soja pour l'obtention de l'okara contribuera à réduire les importations de farine de poisson, de tourteaux de soja destinées à alimenter les lapins au Bénin. Ainsi, les éleveurs de lapins peuvent se rabattre sur l'okara s'il est disponible chez les transformatrices de soja.

Les résultats de cette étude montrent que la majorité des éleveurs de lapins enquêtés sont des hommes. Ce constat est similaire à celui fait par Jaouzi et al. (2006) au Maroc, et Hanne (2011) au Sénégal qui ont trouvé que l'élevage de lapin au Maroc et au Sénégal est pratiqué respectivement par 88,32% et 90,55% d'hommes. Cependant, les résultats d'une enquête réalisée par Djellal et al. (2006) ont montré que, dans la région de Tizi Ouzou en Algérie, 66 % des élevages étaient conduits par des femmes. Ceci est confirmé aussi par Lukefahr et Goldman (1985) selon lesquels, ce sont les

femmes et les enfants qui s'occupent des lapins au Cameroun. Ceci vient aussi infirmer la théorie selon laquelle la propriété des animaux est largement l'affaire des hommes. Dans les sociétés africaines, les hommes sont responsables de la gestion des élevages, et les femmes, ayant très peu de droits de propriété, accompagnent généralement les hommes dans les différentes activités (Baroin et Boutrais, 2009).

Les deux tiers des cuniculteurs enquêtés ont, au minimum, le niveau secondaire de l'enseignement général. Ainsi, le niveau d'instruction des cuniculteurs semble un facteur important pour bien maîtriser les techniques d'élevage. Leur niveau d'éducation relativement élevé est un atout, non seulement pour la vulgarisation des techniques et pratiques d'amélioration de la production cunicole, mais aussi pour la professionnalisation du secteur. A titre de comparaison, une enquête menée par Bergaoui et Kriaa (2001) auprès de 62 éleveurs tunisiens, montre que la plupart d'entre eux ont un niveau d'instruction secondaire ou plus.

La majorité des éleveurs rencontrés n'a reçu aucune formation technique en élevage de lapins avant de se lancer dans cette activité. Ceci pourrait traduire l'inefficacité des structures en charge du développement de cet élevage au Bénin ou encore démontre que la plupart des cuniculteurs acquièrent leurs connaissances sur le terrain. Il pourrait donc s'agir de cuniculteurs amateurs. Cela peut se justifier par le fait que sur tous les éleveurs enquêtés, seuls 33% pratiquent la cuniculture comme activité principale. Nos observations concernant la formation en élevage de lapin s'alignent sur celles de Bergaoui et Kriaa (2001) portant sur 62 élevages dans la région de Tunis et Bizerte, et également celles de Hanne (2011) dans la région de Dakar.

L'ancienneté moyenne des enquêtés (3 ans) met en relief la jeunesse de la cuniculture au Nord-Bénin. Il apparaît que la majorité des élevages sont récents. En ce qui concerne la contribution de l'élevage de lapin pour l'éleveur, il a été noté que la majorité des éleveurs pratiquent ce métier pour des raisons purement économiques, car l'activité leur paraît rentable. Ces résultats se rapprochent de ceux de Saidj et al. (2013) dans la région de Sétif en Algérie.

5. Conclusion

L'okara est une source importante de protéines végétales pour l'élevage de lapin. Son utilisation très limitée au Nord-Bénin est liée au manque d'informations et de sensibilisation sur l'opportunité à saisir afin de valoriser les sous-produits localement disponibles. La majorité des cuniculteurs au Nord Bénin accepte l'utilisation de l'okara comme source protéinique dans l'alimentation de leurs lapins. Cette perception positive témoigne de l'intérêt qu'ils y accordent et des avantages potentiels qu'ils peuvent tirer de son utilisation. Les trois groupes (G1: utilisateurs d'okara, G2: futurs

utilisateurs d'okara et G3: réfractaires à l'utilisation de l'okara) ont été caractérisés en fonction de plusieurs variables. Pour les cuniculteurs des groupes 1 et 2, la valorisation et le recyclage de sous-produits localement disponibles sont des facteurs déterminant leurs choix. La mise en place d'un dispositif et la prise des mesures appropriées s'imposent au Bénin pour produire à grande échelle l'okara destiné à être utilisé dans l'alimentation des lapins afin de minimiser les coûts de l'élevage, surtout liés à l'alimentation des animaux.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Alabi C.D., Assani Seidou A.
Collecte des données	Alabi C.D., Bossou G., Worogo H.S.S.
Analyse des données	Idrissou Y., Alabi C.D.
Acquisition de financement	Alabi C.D.
Méthodologie	Alabi C.D., Idrissou Y.
Gestion du projet	Alabi C.D., Worogo H.S.S.
Supervision	Alabi C.D., Alkoiret I.T.
Rédaction manuscrit initial	Alabi C.D., Assani Seidou A.
Révision et édition manuscrit	Alabi C.D., Worogo H.S.S.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Abd – Elsamee M., Ibrahim M et Abd-Elkrim F., 2005 : L'utilisation de certaines sources de protéines végétales dans l'alimentation des poulets de chair. *J. Agri. Sci. Mansoura University* 20 (12) :7495-7506. <https://doi.org/10.21608/jappmu.2005.238457>

Adesina AA, Bardu-Forson J, 1996 : Farmers' perception and adoption of new agricultural technology: evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural Economics*, 13, 1-9. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1995.tb00366.x>

Akaike H, 1974 : A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19 (6), 716-723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>

Alabi C. A. D., Akpo Y., Assani A. S., Worogo S.S.H., Idrissou Y., Azalou M., et al. 2018 : Effect of soybean meal substitution with okara in growing rabbits in fattening phase in northern Benin. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)* Vol. 13, No. 3, p. 1-10, 2018.

Attakpa E. Y., Akouedegni C. G., Dossou T.R et Alkoiret I. T., 2014 : Effect of okara (soy pulp) on the performance of Performance of Rhodes Island Red (RIR) in Republic of Benin. *Journal of Animal Science Advances* 4(7): 949-954. <https://doi.org/10.5455/jasa.20140620122442>

Baroin C, Boutrais J., 2009 : Bétail et société en Afrique, *Journal des africanistes*, 78(1/2) : 9-52. <https://doi.org/10.4000/africanistes.2231>

Bergaoui R., Kriaa S., 2001: Modern rabbit production in Tunisia. *World Rabbit Science* 9(2), 69-76. France.

Bouafou KGM, 2007 : Etude de la production d'asticots à partir d'ordures ménagères et de la valeur nutritionnelle de la farine d'asticots séchés (FAS) chez le rat en croissance. Thèse de doctorat, Université de Cocody (Côte d'Ivoire).

Bouafou KGM, Konan BA, Meite A, Kouame KG, Kati-Coulibally S, 2011 : Substitution de la farine de poisson par la farine d'asticots séchés dans le régime du rat en croissance : risques pathologiques ? *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5 (3), 1298-1303. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v5i3.72283>

Calandre N, 2002 : Alimentation, Nutrition et Sciences sociales : concepts, méthodes pour l'analyse des représentations et pratiques nutritionnelles des consommateurs. Mémoire DEA, ENSAM, Montpellier (France).

Djago A.Y, 1998 : Zootechnie et gestion d'une exploitation cunicole, Rapport FAO Cotonou.

Djellal F., Mouhous A. & Kadi S. A., 2006 : Performances de l'élevage fermier du lapin dans la Région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 18(7), 1-7. <http://www.lrrd.org/lrrd18/7/djel18100.html>

FAO, 2018. Etude de marché du lapin au Bénin. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Cotonou (Bénin).

Gombauld P., & Gachet, JP, 1998 : Préservation et valorisation des ressources naturelles: quel compromis ? *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 40 (1-2), 355-372.

Hanley N and Barbier EB, 2009 : Pricing Nature: Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy., UK; Northampton, MA, USA: Cheltenham.

Hanne B., 2011 : Contribution à l'étude de la filière lapin de chair au Sénégal. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.

Jaouzi T., Barkok A., El Maharzi L., Bouzekraoui A., & Archa B., 2006 : Etude sur les systèmes de production cunicole au Maroc. *Cuniculture Magazine*, 33, 99-110.

Kpodekon M., 1988 : Hygiène et pathologie dans les élevages cunicoles du Bénin. Vol.3. 4th World Rabbit Congress: 10 au 14 Octobre, Budapest, 498-511.

- Lukefahr S.D & Goldman M., 1985 : A technical assessment of production and economic aspects of small-scale rabbit farming in Cameroon. *Journal Applied Rabbit research*, 8: 126-135.
- Ma, C. Y., W. S., Liu et F. Kwok., 1996 : Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (Okara) *Food Research International*, 29: 799 – 805. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(95\)00061-5](https://doi.org/10.1016/0963-9969(95)00061-5)
- MAEP, 2014 : Annuaire statistique 2013-2014. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP), Cotonou, Bénin.
- MAEP, 2018 : Transformation du soja en fromage : Une activité émergente dans les communes de N'dali et Kandi au Bénin. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP), Cotonou, Bénin.
- Mohammad, H., A & Ahmed, A. S. D., 2008 : Replacement of fish meal protein by okara meal in practical diets for all-male mono sex nil tilapia (*oreochromis niloticus*). *J. Fac. Agr.* 53 (1): 271–279.
- Monsia C. & Agbédé G., 2014 : Étude diagnostique des élevages à cycle court au Bénin. Projet d'insertion des jeunes et des femmes dans des activités agricoles rentables. Promotion de modèles d'élevages à cycles courts de lapins, volailles et aulacodes (PPMECC). Cotonou (Bénin), FAO.
- OCDE/CSAO, 2020 : Dynamiques de l'urbanisation africaine 2020 : Africapolis, une nouvelle géographie urbaine. Cahier de l'Afrique de l'Ouest, Editions OCDE, Paris. <https://doi.org/10.1787/481c7f49-fr>
- Ouédraogo B., Nikiema Z.S., Zoundji J.S., 2021 : Cuniculture dans la zone périurbaine de Ouagadougou : Situation actuelle et perceptives de son développement. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 37 (2021) 82-105.
- Papageorgiou A, 2010 : Perceptions et choix des consommateurs grecs face à la mondialisation de la grande distribution alimentaire. *Economie rurale* 2010/4-5 (318-319), 50-64. <https://doi.org/10.4000/economierurale.2805>
- Pro-FINA, 2017 : Formation ProFinA/GIZ sur la filière SOJA. <https://www.lafinagrobenin.com/single-post/2017/05/24/formation-profina-giz-soja>
- Quivy R., Campenhoudt L.V., 2009 : Manuel de recherche en science sociales, Dunod, 3è édition, Paris.
- R Core Team, 2012 : R - A Language and Environment for Statistical for Computing. R Foundation for statistical Computing Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/>
- Saidj D., Aliouat S., Arabi F., Kirouani S., Merzem K., Merzoud S., et al. 2013 : La cuniculture fermière en Algérie : une source de viande non négligeable pour les familles rurales. *Livestock Research for Rural Development* 25 (8). Article #138. <http://www.lrrd.org/lrrd25/8/said25138.htm>
- Sana Y., Kondombo S.R., Sanou J., Sawadogo I., 2020 : Comparaison des performances de croissance chez les lapereaux avec trois variétés de améliorées de niébé (*Vigna unguiculata*) et de maïs de variété wari dans l'Ouest du Burkina-Faso. *Afrique Science* 16(3)2020 105 – 118 105-118
- Toole O., D. K., 1999 : Characteristics and use of okara, the soy bean residue from soy milk production. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 363 – 371. <https://doi.org/10.1021/jf980754j>

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

SNA

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Facteurs influençant la production laitière des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des croisés Saanen x Rousse de Maradi en zone soudano-guinéenne du Nord-Bénin

Oyéniiran Thierry La Fronde OFFOUMON¹*, Alassan ASSANI SEIDOU¹, Sorébou Hilaire SANNI WOROGO¹, Fade SOULE¹, Brice ASSOGBA¹, Armand B. GBANGBOCHE², Ibrahim ALKOIRET TRAORE¹

* Auteur Correspondant

¹ Laboratoire d'Ecologie, de Santé et Production Animales (LESPA), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), Parakou, République du Bénin

² Ecole de Gestion et d'Exploitation des Systèmes d'Élevage, Université Nationale d'Agriculture, Porto-Novo, Kétou, République du Bénin

Emails : toffoumon2001@yahoo.fr ; alassanassani@yahoo.fr ; hilairov@gmail.com ; soulefade7@gmail.com ; briceassogba96@yahoo.fr ; gbangboche_ab@hotmail.com ; alkoiretib@yahoo.fr

Reçu le 20 Juin 2022 - Accepté le 24 Février 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : La production laitière exclusivement bovine au Bénin ne permet pas de couvrir les besoins croissants de la population en produits laitiers. L'élevage des animaux à cycle court comme les chèvres laitières est impératif. Ainsi, une étude a été réalisée dans la ferme d'élevage de l'Organisation Non Gouvernementale (ONG) « Fermiers Sans Frontières » afin d'évaluer les facteurs qui influencent la production laitière des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des métisses Saanen x Rousse de Maradi (F1 et F2). Les données sur la production laitière ont été recueillies sur 66 chèvres Saanen, 183 chèvres Rousse de Maradi, 143 chèvres métisses F1 et 72 chèvres métisses F2. Un modèle linéaire incluant les effets fixes de la race, du mode de naissance, de la saison de naissance et du numéro de lactation a été utilisé dans le cadre de l'analyse de variance par les moindres carrés. La race a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur les différents paramètres de production laitière. Ainsi les chèvres Saanen ont présenté les meilleures performances laitières (2,4 l/j) suivies des Métisses F2 (1,9 l/j) et F1 (1,6l/j). La saison de naissance a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la production laitière totale. Les meilleures performances laitières ont été obtenues chez les chèvres ayant mise-bas pendant la saison pluvieuse. Les modes de naissance et le numéro de lactation ont également eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la production laitière des différentes chèvres. Les résultats de la présente étude permettent de jeter les premiers jalons d'un programme d'amélioration de la production laitière autrefois exclusivement bovine.

Mots clés : Caprin, Saanen, Rousse de Maradi, lactation, Bénin.

Factors influencing the milk production of Saanen goats, Maradi Red goats, and Saanen x Maradi Red crossbreeds in the Sudano-Guinean zone of Northern Benin

Abstract: The insufficient production of exclusively bovine milk in Benin fails to meet the growing demand for dairy products. To address this, the breeding of short-cycle animals like dairy goats is crucial. Therefore, a study was conducted at the farm of the Non-Governmental Organization (NGO) "Farmers Without Borders" to evaluate the factors influencing milk

production in Saanen goats, Maradi Red goats, and Saanen x Maradi Red crossbreeds (F1 and F2). Data on milk production were collected from 66 Saanen goats, 183 Maradi Red goats, 143 F1 crossbreeds, and 72 F2 crossbreeds. A linear model including fixed effects of breed, birth mode, birth season, and lactation number was used in the analysis of variance by least squares. Breed had a significant effect ($p < 0.05$) on various milk production parameters. Saanen goats showed the highest milk performance (2.4 l/day), followed by F2 crossbreeds (1.9 l/day) and F1 crossbreeds (1.6 l/day). Birth season had a significant effect ($p < 0.05$) on total milk production, with the best performance observed in goats that gave birth during the rainy season. Birth mode and lactation number also had a significant effect ($p < 0.05$) on milk production of the goats. The findings of this study lay the foundation for a dairy production improvement program that was previously solely focused on cattle.

Keywords: Caprine, Saanen, Maradi Red, lactation, Benin.

1. Introduction

Le secteur laitier joue un rôle crucial dans tous les pays du globe, avec un plus faible développement en Afrique malgré la diversité des élevages bovins qu'on y rencontre (Chatellier, 2020; Yassegoungbe et al., 2022; Sounon Adam et al., 2023). Au Bénin, la production laitière ne couvre pas les besoins de la population. Le plus grand défi actuel est d'accorder une attention particulière à la filière de l'élevage en général et à la production laitière en particulier. En effet, l'élevage constitue la seconde activité agricole du Bénin avec une contribution de 13,34 % au PIB agricole en 2021 (DSA, 2022). Avec un effectif de cheptel bovins et de petits ruminants élevé, la production laitière du Bénin n'arrive pas à couvrir les besoins de sa population (Offoumon et al., 2018). Pour atteindre ce principal objectif qui est l'augmentation de la production laitière afin d'assurer la sécurité alimentaire de la population, les grandes orientations de la recherche dans le secteur de l'élevage étaient axées sur une amélioration du système d'alimentation des animaux pour une augmentation de la productivité des troupeaux. Malgré les grands efforts fournis par les gouvernements successifs du Bénin en matière d'élevage, et à l'image des pays des états de l'Afrique subsaharienne, le niveau de production de lait chez le bétail demeure faible. Cela est dû à la non maîtrise des facteurs qui agissent sur la production et qui constituent les principaux goulots d'étranglement pour la sécurité alimentaire (Kouamo et al., 2009 ; Kassa et al., 2016a). On peut citer entre autres les facteurs d'ordres génétique et non génétique. La plupart des éleveurs de bovin n'ont pas d'objectif de production et l'insuffisance des ressources alimentaires et hydriques, ainsi que la précarité du suivi sanitaire des animaux constituent des freins au développement de l'élevage bovin (Alkoiret et al. 2009). De même, malgré les efforts d'investissement dans la filière lait et viande, avec l'importation des bovins Girolando, les vaches de races locales ne produisent que 0,5 à 2 litres de lait en moyenne par jour et 4 à 7 L/j pour les races améliorées

en station (métis Gir et Girolando) (Toukourou et Senou 2010), ce qui est considérablement inférieur aux standards internationaux. Les techniques classiques d'amélioration de la production et de la conservation du lait de vache et des produits laitiers sont onéreuses et peu accessibles aux éleveurs et aux transformateurs de l'Afrique et en particulier du Bénin (Akouedegni et al., 2013). Ainsi le recours aux espèces exotiques de caprins est un des moyens les plus sûrs pour booster la production de viande et de lait au Bénin (Offoumon et al., 2018 ; Vissoh et al., 2021). C'est dans ce cadre que l'ONG « Fermier Sans Frontières » de Banhoukpo dans la commune de N'Dali a entrepris depuis 2012 un croisement industriel de production de lait dans le but de diversifier la production laitière encore exclusivement bovine. Les caprins croisés sont les Saanen et les Rousses de Maradi. Il est important d'évaluer les facteurs qui influencent la production laitière de ces animaux ainsi que ceux issus de leur croisement. Cela permettra de jeter véritablement les premiers jalons d'un programme novateur d'amélioration de la production laitière qui est jusqu'ici exclusivement bovine. Dans ce contexte, l'objectif principal de cette étude est d'évaluer les facteurs qui influencent la production laitière des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des métisses Saanen x Rousse de Maradi (F1 et F2).

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

La présente étude s'est déroulée dans la ferme de l'ONG « Fermiers Sans Frontières » dans la commune de N'Dali au Nord Bénin. La ferme est située à 40 km au Nord de Parakou sur l'axe Parakou-Bembéréké. Les chèvres Saanen ont été importées en 2012. Cette ferme est située dans la zone soudano-guinéenne du Bénin avec un climat est de type soudano-guinéen, caractérisé par une grande saison de pluies (avril à octobre) et une grande saison sèche (Novembre à Mars). La pluviométrie moyenne varie entre 1100 mm et 1200 mm pouvant descendre jusqu'à 900 mm (Neuenschwander *et al.*,

2011). Pendant la saison sèche, l'harmattan, vent chaud et sec, souffle du Nord-Est. Il est responsable de la baisse brutale de l'humidité relative à partir du mois de Novembre (Mensah *et al.*, 2014). La végétation est composée de savanes boisées, arborées et arbustives. Les espèces fréquentes sont : *Combretum nigricans*, *Detarium microcarpum*, *Gardenia erubescens* et *Gardenia ternifolia*. La composition floristique de la strate herbacée varie avec l'âge de la formation. Les espèces dominantes sont : *Pennisetum polystachion*, *Indigofera spp* et *Tephrosia pedicellata* (Natta *et al.*, 2011).

2.2. Mode d'élevage

Dès le démarrage des activités de la ferme, les animaux ont été conduits en élevage intensif avec séparation des sexes et des groupes génétiques pour assurer le contrôle de la parenté. Les chèvres ont reçu une alimentation à l'auge composée de 2 à 3 kg de fourrage. Pendant la saison pluvieuse, ces fourrages étaient constitués de légumineuses comme le *Leuceana*, le *Glyricidia* et autres, et des graminées comme le *Panicum Cl*, l'*Andropogon*, le *Pennisetum* plus une quantité de foin qui variait de 0,2 à 0,5 kg/tête/jour. En période de sécheresse la composition et l'évolution de la valeur nutritive des pâturages a varié. Ainsi, l'émondage des arbres fourragers (*Azelia africana*, *Khaya senegalensis*, et *leucaena*) et les résidus de récoltes ont participé à l'alimentation des animaux en cette période de soudure. L'ensilage fabriqué pendant la saison pluvieuse a permis l'alimentation des chèvres en lactation pendant cette période. En plus, 5 kg de concentré mélangé au son de Maïs, de sorgho et de l'Okara a été distribué à toutes les chèvres quotidiennement. Les chèvres de choix ont reçu en plus, une complémentation d'environ 0,2 kg par chèvre en fin de gestation et au début de la lactation. Le complément alimentaire était composé de maïs grain, de drêche de brasserie, de la poudre de néré et du soja torréfié. Dans tous les cas, le cornadis a permis d'individualiser la distribution des aliments. De plus, l'eau était disponible à volonté et elle était de bonne qualité. Les aliments n'étaient ni moisissés, ni souillés et la "pierre à lécher" (apport de sel et de minéraux) était en libre-service.

2.3. Suivi sanitaire

Les animaux ont été identifiés dès la naissance. Un programme d'hygiène a été rigoureusement appliqué par le technicien de la ferme. Les maladies parasitaires chez les jeunes et les mammites chez les femelles en lactation ont été les plus signalées. La chèvrerie a été régulièrement badigeonnée d'insecticides et désinfectée avec des changements fréquents de la litière. Quant au programme prophylactique des animaux, les jeunes et les adultes ont été vaccinés contre les maladies contagieuses telles que la fièvre aphteuse, la brucellose et la peste des petits ruminants. Egalement, une prévention contre la Trypanosomose et un traitement préventif

contre les parasites internes et externes ont été appliqués deux fois par an.

2.4. Collecte des données

Les données sur la production de lait ont été collectées sur 66 Chèvres Saanen, 183 chèvres Rousse de Maradi, 143 chèvres métisses F1 et 72 chèvres métisses F2 de 2012 à 2020. Les paramètres pris en compte dans le cadre de cette étude ont été la race, la saison de naissance, le mode de naissance et le numéro de lactation de la chèvre. Les chèvres en lactation ont chacune été identifiées à l'avance. Les chèvres considérées avaient un numéro d'identification ou un nom, un père et une mère dont les noms ou les numéros d'identification étaient connus et dont les dates de naissance et les numéros de lactation ont été enregistrés. La collecte de lait a été faite une fois par semaine par chèvre. Une fois le lait collecté, le volume a été mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée et reporté sur la feuille de collecte des données. Les observations spécifiques qui ont été faites au cours des semaines de lactation ont été mentionnées dans la section réservée à cet effet.

2.5. Analyse des données

Un modèle linéaire à effets fixes a été utilisé pour l'analyse des données des paramètres de production. Les effets fixes de ce modèle étaient la race, le mode de naissance, la saison de naissance et le numéro de lactation. Les interactions entre les différents effets n'ont pas été significatives et, par conséquent, n'ont pas été prises en compte dans le modèle d'analyse de variance. L'expression mathématique du modèle se présente comme suit :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + e_{ijkl}$$

Où :

Y_{ijkl} = variable réponse (Production laitière totale, Production journalière, Production maximale et Durée de lactation).

μ = Moyenne globale

A_i = Effet fixe de la race ($i = 1$ à 4)

B_j = Effet fixe modes de naissance ($j =$ Simple, Doublet, Triplet et Quadruplet)

C_k = Effet fixe de la saison de naissance ($k =$ Saison sèche, Sèche pluvieuse)

D_l = Effet fixe du numéro de lactation ($k = 1$ à 3)

e_{ijkl} = Terme d'erreur aléatoire

Les données ont été analysées selon la procédure GLM du logiciel R.3.3.3 (R Core Team, 2018), puis les moyennes des moindres carrés ont été estimées et comparées par le test t de Student.

3. Résultats

3.1. Effets du type génétique

La race a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur les différents paramètres de production laitière : production laitière totale, production moyenne journalière, durée de lactation et production laitière maximale. Ainsi les chèvres Saanen ont présenté les meilleures performances laitières (2,4 l/j) suivies des Métisses F2 (1,9 l/j) et F1 (1,6 l/j).

3.2. Effets des facteurs non génétiques sur la production laitière totale

Des différences significatives ($p < 0,05$) de production laitière totale ont été observées entre les modes de

naissance, les saisons de naissance et les numéros de lactation, au sein de chaque race caprine de l'étude (Tableau 2). En effet, les chèvres Saanen ayant une mise-bas multiple ont produit (608,6 L pour mise-bas double, 611,6 L pour mise-bas triple et 642,6 L pour mise-bas quadruple), ainsi que plus de lait ($p < 0,05$) que les chèvres avec une mise-bas simple (538,6 L). Cette tendance a été la même chez les autres races de chèvre. La saison de naissance a également eu un effet important sur la production laitière totale. Les chèvres qui ont mis bas pendant la saison des pluies ont eu des productions laitières totales plus élevées ($p < 0,05$) que les chèvres qui ont mis bas pendant la saison sèche. L'effet du numéro de lactation sur la production laitière a été en défaveur de la première lactation, quelle que soit la race.

Tableau 1. Performances de production laitière des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des métisses F1 et F2 Backcross (Moyennes \pm Erreurs Standards) / Milk production performances of Saanen, Maradi Red, and F1 and F2 Backcross crossbred goats (Means \pm Standard Errors)

Sources de Variations	N	PLT (Litres)	PMj (Litres/jour)	D.L (jours)	PLm (Litres/jour)
Saanen	66	636,6 \pm 3,2 ^a	2,4 \pm 0,01 ^a	261,4 \pm 3,3 ^a	4,0 \pm 0,01 ^a
Rousse de Maradi	183	119,1 \pm 2,6 ^c	0,90 \pm 0,03 ^c	117,9 \pm 2,3 ^c	1,5 \pm 0,04 ^c
Métisse F1	143	300,6 \pm 2,4 ^b	1,6 \pm 0,01 ^b	185,6 \pm 2,6 ^b	2,7 \pm 0,01 ^b
Métisse F2	72	374,3 \pm 2,4 ^b	1,9 \pm 0,01 ^b	195,6 \pm 2,2 ^b	3,1 \pm 0,02 ^b

a,b,c : les valeurs moyennes sur une même colonne avec les lettres différentes sont significativement différentes à 5% ($p < 0,05$) ; N : effectif ; PLT : Production laitière totale ; PMj : Production moyenne journalière ; DL : Durée de lactation ; PLm : Production laitière maximale.

Tableau 2. Effets des facteurs non génétiques sur la production laitière totale des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des métisses F1 et F2 (Moyennes \pm Erreurs Standards) / Effects of non-genetic factors on total milk production in Saanen, Maradi Red, and F1 and F2 crossbred goats (Means \pm Standard Errors)

Variables	Saanen		Rousse		Métisses F1		Métisses F2	
	N	Production laitière totale (Litres)	N	Production laitière totale (Litres)	N	Production laitière totale (Litres)	N	Production laitière totale (Litres)
Modes de naissance								
Simple	20	538,6 \pm 3,2 ^b	47	96,1 \pm 2,7 ^b	44	270,6 \pm 2,2 ^b	22	321,3 \pm 2,6 ^b
Doublet	19	608,6 \pm 3,3 ^a	58	101,1 \pm 3,1 ^a	33	311,6 \pm 2,3 ^a	27	384,3 \pm 2,3 ^a
Triplet	16	611,6 \pm 3,1 ^a	46	111,1 \pm 2,4 ^a	45	308,6 \pm 2,8 ^a	12	388,3 \pm 2,5 ^a
Quadruplet	11	642,6 \pm 3,3 ^a	32	121,1 \pm 2,8 ^a	21	309,6 \pm 2,1 ^a	11	396,3 \pm 2,8 ^a
Saison de naissance								
Saison sèche	32	620,6 \pm 3,3 ^b	88	101,1 \pm 2,2 ^b	57	302,6 \pm 2,8 ^b	31	324,3 \pm 2,6 ^b
Saison pluvieuse	34	646,6 \pm 3,1 ^a	95	123,1 \pm 2,1 ^a	86	330,1 \pm 3,2 ^b	41	384,3 \pm 2,4 ^a
N° de lactation								
L1	26	603,1 \pm 3,1 ^b	45	98,8 \pm 1,3 ^b	45	286,2 \pm 1,7 ^b	72	336,1 \pm 2,2 ^a
L2	25	626,6 \pm 3,2 ^a	63	116,6 \pm 1,5 ^a	63	302,2 \pm 2,2 ^a	-	-
L3	23	648,5 \pm 3,3 ^a	35	136,4 \pm 1,4 ^a	75	316,4 \pm 2,4 ^a	-	-

a,b,c : les valeurs moyennes sur une même colonne avec les lettres différentes sont significativement différentes à 5% ($p < 0,05$) ; N : effectif.

3.3. Effets des facteurs non génétiques sur la production moyenne journalière

Le mode de naissance a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la production moyenne journalière des chèvres (Tableau 3). Ainsi, les chèvres Saanen ayant une mise-bas multiple ont produit plus de lait (2,1 l/j pour double, 2,6 l/j pour triple et 2,8 l/j pour quadruple) que les chèvres Saanen ayant une mise-bas simple (1,8 l/j). Ce constat a été le même au niveau des autres races de chèvres. La saison de naissance a aussi eu un effet

significatif ($p < 0,05$) sur la production laitière moyenne journalière. Les chèvres ayant mis bas pendant la saison des pluies ont produit plus de lait que celles ayant mis bas pendant la saison sèche. Le numéro de lactation a également eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la production laitière moyenne journalière. Les productions moyennes journalières les plus faibles ont été obtenues dans la première lactation, alors que les plus élevées ont été enregistrées dans la troisième lactation quelle que soit la race.

Tableau 3. Effets des facteurs non génétiques sur la production moyenne journalière des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des métisses F1 et F2 (Moyennes \pm Erreurs Standards) / Effects of non-genetic factors on average daily milk production in Saanen, Maradi Red, and F1 and F2 crossbred goats (Means \pm Standard Errors)

Variables	Saanen		Rousse		Métisses F1		Métisses F2	
	N	Production moyenne journalière (Litres/jour)	N	Production moyenne journalière (Litres/jour)	N	Production moyenne journalière (Litres/jour)	N	Production moyenne journalière (Litres/jour)
Modes de naissance								
Simple	20	1,8 \pm 0,01 ^d	47	0,78 \pm 0,03 ^d	44	1,2 \pm 0,02 ^c	22	1,6 \pm 0,01 ^b
Doublet	19	2,1 \pm 0,03 ^c	58	0,84 \pm 0,01 ^c	33	1,6 \pm 0,01 ^b	27	1,9 \pm 0,02 ^a
Triplet	16	2,6 \pm 0,02 ^b	46	0,92 \pm 0,02 ^b	45	1,8 \pm 0,02 ^a	12	2,1 \pm 0,01 ^a
Quadruplet	11	2,8 \pm 0,01 ^a	32	0,96 \pm 0,01 ^a	21	1,9 \pm 0,01 ^a	11	2,4 \pm 0,03 ^a
Saison de naissance								
Saison sèche	32	2,2 \pm 0,02 ^b	88	0,61 \pm 0,01 ^b	57	1,4 \pm 0,02 ^b	31	1,8 \pm 0,01 ^b
Saison pluvieuse	34	2,9 \pm 0,06 ^a	95	0,97 \pm 0,02 ^a	86	1,9 \pm 0,03 ^a	41	2,5 \pm 0,02 ^a
N° de lactation								
L1	26	1,7 \pm 0,02 ^b	45	0,68 \pm 0,01 ^b	45	1,3 \pm 0,02 ^b	72	1,9 \pm 0,03
L2	25	2,6 \pm 0,01 ^a	63	0,86 \pm 0,02 ^a	63	1,6 \pm 0,03 ^a	-	-
L3	23	2,7 \pm 0,03 ^a	75	0,96 \pm 0,03 ^a	35	1,8 \pm 0,01 ^a	-	-

a,b,c: les valeurs moyennes sur une même colonne avec les lettres différentes sont significativement différentes à 5% ($p < 0,05$) ; N : effectif.

3.4. Effets des facteurs non génétiques sur la durée de la lactation

Quelle que soit la race, une variation significative ($p < 0,05$) a été observée au niveau la durée de lactation en fonction des modes de naissance, de la saison de naissance et du numéro de lactation (Tableau 4). En effet, la durée de lactation augmente lorsqu'on passe d'une mise-bas simple (241 ; 111 ; 171 et 188 jours respectivement chez les chèvres Saanen, Rousse, F1 et F2) à une mise-bas multiple (263 ; 123 ; 189 et 193 jours respectivement chez les chèvres Saanen, Rousse, F1 et F2 pour une mise-bas quadruple). La durée de la lactation augmente progressivement de la première à la troisième lactation. Les chèvres ayant mis bas pendant la saison sèche ont une durée de lactation plus élevée que celles ayant mis bas pendant la saison pluvieuse.

3.5. Effets des facteurs non génétiques sur la production laitière maximale

Le mode de naissance a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la production laitière maximale des chèvres (Tableau 5). Ainsi, les chèvres Saanen ayant une mise-bas simple (3,6 l/j) ont produit moins de lait que les chèvres Saanen ayant une mise-bas double (4,3 l/j), triple (4,6 l/j) et quadruple (5,1 l/j), dont les productions laitières sont presque identiques. Ce constat a été le même au niveau des autres races de chèvres. La saison de naissance a aussi eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la production laitière maximale. Les chèvres ayant mis bas pendant la saison des pluies ont une production laitière plus élevée que celles ayant mis bas durant la saison sèche. Le numéro de lactation a aussi influencé significativement ($p < 0,05$) la production laitière qui a

augmenté progressivement de la première à la troisième lactation.

4. Discussion

4.1. Effets du type génétique sur la production laitière des chèvres

La présente étude montre que la production de lait de la chèvre Saanen est meilleure que celle des autres chèvres. Toutes les races ont été élevées dans le même système d'élevage semi-intensif et ont bénéficié des mêmes pratiques d'élevage. Les facteurs environnementaux étant identiques, les différences de production observées entre ces races sont liées à la valeur génétique de chacune des races, notamment la valeur génétique additive, la valeur liée à la dominance entre les gènes et l'interaction entre les gènes (Kassa et al., 2016b). L'effet de la race sur la production du lait a été rapporté par Mestawet et al. (2012) en Ethiopie. Selon ces auteurs, les chèvres Boers et Arsi-Bale ont une production laitière plus élevée que les chèvres métisses et Somali. Les chèvres métisses F1 et F2 ont montré une augmentation significative de la production de lait par rapport au parent local (Rousse de Maradi). Des résultats similaires ont été rapportés par Gaddour et al. (2008) qui ont démontré en Tunisie que le croisement entre les races caprines (locale et Alpine) a sensiblement amélioré la performance laitière de la chèvre locale. Cela montre que la chèvre Saanen a été bien choisie pour améliorer les performances laitières de la chèvre Rousse de Maradi.

Tableau 4. Effets des facteurs non génétiques sur la durée de la lactation des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des métisses F1 et F2 (Moyennes ± Erreurs Standards) / Effects of non-genetic factors on lactation duration in Saanen, Maradi Red, and F1 and F2 crossbred goats (Means ± Standard Errors)

Variables	Saanen		Rousse		Métisses F1		Métisses F2	
	N	Durée de lactation (jours)	N	Durée de lactation (jours)	N	Durée de lactation (jours)	N	Durée de lactation (jours)
Modes de naissance								
Simple	20	241,4 ± 3,6 ^b	47	111,3 ± 2,5 ^c	44	171,5 ± 2,3 ^b	22	188,6 ± 2,3 ^b
Doublet	19	262,3 ± 3,3 ^a	58	118,1 ± 2,4 ^a	33	185,3 ± 2,2 ^a	27	195,6 ± 3,4 ^a
Triplet	16	266,1 ± 3,2 ^a	46	121,2 ± 2,6 ^a	45	188,2 ± 2,8 ^a	12	196,6 ± 2,3 ^a
Quadruplet	11	263,2 ± 3,8 ^a	32	123,8 ± 2,3 ^a	21	189,1 ± 3,1 ^a	11	193,2 ± 3,1 ^a
Saison de naissance								
Saison sèche	32	268,4 ± 3,1 ^a	88	124,9 ± 4,3 ^a	57	185,6 ± 6,2 ^a	31	195,6 ± 6,1 ^a
Saison pluvieuse	34	256,4 ± 3,2 ^b	95	104,9 ± 7,3 ^b	86	175,6 ± 4,1 ^b	41	185,1 ± 8,1 ^b
N° de lactation								
L1	26	251,1 ± 3,4 ^b	45	111,1 ± 1,2 ^b	45	171,4 ± 1,3 ^b	72	195,6 ± 2,2
L2	25	262,4 ± 3,6 ^a	63	117,3 ± 2,1 ^a	63	186,4 ± 2,3 ^a	-	-
L3	23	271,4 ± 3,2 ^a	75	119,2 ± 2,3 ^a	35	181,4 ± 2,3 ^a	-	-

a,b,c: les valeurs moyennes sur une même colonne avec les lettres différentes sont significativement différentes à 5% (p<0,05) ; N : effectif.

Tableau 5. Effets des facteurs non génétiques sur la production laitière maximale des chèvres Saanen, Rousse de Maradi et des métisses F1 et F2 (Moyennes ± Erreurs Standards) / Effects of non-genetic factors on maximum milk production in Saanen, Maradi Red, and F1 and F2 crossbred goats (Means ± Standard Errors)

Variables	Saanen		Rousse		Métisses F1		Métisses F2	
	N	Production laitière maximale (litres/jour)	N	Production laitière maximale (litres/jour)	N	Production laitière maximale (litres/jour)	N	Production laitière maximale (litres/jour)
Modes de naissance								
Simple	20	3,6 ± 0,08 ^b	47	0,9 ± 0,04 ^b	44	2,3 ± 0,02 ^b	22	2,8 ± 0,03 ^b
Doublet	19	4,3 ± 0,04 ^a	58	1,3 ± 0,01 ^a	33	2,7 ± 0,01 ^a	27	3,2 ± 0,02 ^a
Triplet	16	4,6 ± 0,05 ^a	46	1,6 ± 0,02 ^a	45	2,8 ± 0,02 ^a	12	3,4 ± 0,02 ^a
Quadruplet	11	5,1 ± 0,06 ^a	32	1,8 ± 0,03 ^a	21	3,1 ± 0,02 ^a	11	3,6 ± 0,01 ^a
Saison de naissance								
Saison sèche	32	4,1 ± 0,03 ^a	88	1,1 ± 0,04 ^b	57	2,5 ± 0,04 ^b	31	2,9 ± 0,02 ^b
Saison pluvieuse	34	4,8 ± 0,01 ^b	95	1,8 ± 0,02 ^a	86	3,0 ± 0,02 ^a	41	3,7 ± 0,01 ^a
N° de lactation								
L1	26	3,8 ± 0,03 ^b	45	1,4 ± 0,06 ^b	45	2,4 ± 0,02 ^b	72	3,1 ± 0,03
L2	25	4,1 ± 0,01 ^a	63	1,6 ± 0,03 ^a	63	2,8 ± 0,0 ^a	-	-
L3	23	4,8 ± 0,04 ^a	75	1,7 ± 0,01 ^a	35	3,0 ± 0,03 ^a	-	-

a,b,c: les valeurs moyennes sur une même colonne avec les lettres différentes sont significativement différentes à 5% (p<0,05) ; N : effectif.

4.2. Effets des facteurs non génétiques sur la production laitière des chèvres

De façon générale, les productions de lait des chèvres ont augmenté avec le numéro de lactation. Les productions laitières les plus faibles ont été obtenues avec le premier numéro de lactation, alors que les productions les plus élevées ont été enregistrées avec le troisième numéro de lactation, ce qui est en accord avec les observations de plusieurs auteurs (Kassa *et al.*, 2016b ; Hagos *et al.*, 2017). L'augmentation de la production laitière en fonction du numéro de lactation s'explique par le fait que les tissus mammaires se développent

durant la carrière de reproduction des chèvres. Le développement mammaire conduit donc à une augmentation de la production du lait (Belhadi, 2010).

Les saisons de naissance ont également eu des effets importants sur les productions laitières. Les chèvres qui ont mis bas pendant la saison des pluies ont eu des productions laitières plus élevées, tandis que les chèvres qui ont mis bas pendant la saison sèche ont eu des productions laitières plus faibles. La quantité élevée de lait produit pendant la saison des pluies est due à l'effet de la quantité et de la qualité des aliments fournis par les pâturages naturels et / ou à la possibilité de bénéficier

d'une complémentation alimentaire. Ceci est en bon accord avec les conclusions d'El-Hassan & Nikhaila (2009), qui ont confirmé que la productivité des chèvres augmente pendant la saison des pluies.

Les productions laitières des chèvres ayant une mise-bas multiple ont été plus élevées que celles des chèvres avec une mise-bas simple. Des résultats similaires ont été rapportés par Ketto *et al.* (2014). Dhara *et al.* (2012) ont également signalé une production de lait plus élevée pour les mise-bas double et triple, soit 0,82 litre/jour et 1,32 litres/jour respectivement par rapport à une mise-bas simple (0,48 litre/jour) chez les chèvres métisses (Chèvres norvégienne x Chèvres naines d'Afrique de l'Est) et les Chèvres noires du Bengale. Une production laitière plus élevée chez les chèvres avec une mise-bas multiple pourrait être dû au fait que leurs glandes mammaires sont bien développées pendant la période de gestation et que l'allaitement de plusieurs chevreaux induit une plus grande synthèse du lait à partir du pis.

5. Conclusion

La présente étude montre une meilleure production de lait par les chèvres Saanen suivie des chèvres métisses F1 et F2. Globalement, les productions de lait des chèvres augmentent du 1er au 3ème numéro de lactation. Les résultats de l'étude ont montré également que les chèvres ont une meilleure production laitière lorsqu'elles mettent bas pendant la saison pluvieuse. L'amenuisement du pâturage en saison sèche entraîne une baisse considérable de la production du lait. Aussi, les chèvres ayant une mise-bas multiple ont présenté statistiquement une meilleure production laitière que les chèvres avec une mise-bas simple. Ces facteurs non génétiques doivent être pris en compte dans tout programme d'amélioration de la production laitière des chèvres au Bénin.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Offoumon O.T.L.F., Assani Seidou A.
Collecte des données	Soule F., Assogba B., Worogo H.S.S.
Analyse des données	Offoumon O.T.L.F., Assani Seidou A.
Acquisition de financement	-
Méthodologie	Offoumon O.T.L.F., Assani Seidou A.
Gestion du projet	Offoumon O.T.L.F.
Supervision	Gbangboche A.B., Alkoiret I.T.
Rédaction manuscrit initial	Offoumon O.T.L.F., Assani Seidou A.
Révision et édition manuscrit	Offoumon O.T.L.F., Worogo H.S.S., Assani Seidou A.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Akouedegni, Koudande, Ahoussi et Hounzangbe-Adote, 2013. *J. Anim Sci Adv*, 3 (2). 74-82p.
- Alkoiret, T.I., Awohouedji, D.Y.G., Akossou, A.Y.J., & Bosma, R.H. (2009). Typologies des systèmes d'élevage bovin de la commune de Gogounou au Nord-Ouest du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* (12) 2: 77-98, 2009
- Belhadi, N. (2010). Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vaches en région montagneuses. *Mémoire de Magistère En Productions Animales, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie*, 140.
- Chatellier, V., 2020. La dépendance de l'Afrique de l'Ouest aux importations de produits laitiers. *INRAE Prod. Anim.* 33, 125-140. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.2.4027>
- Dhara, K. C., Ray, N., Taraphder, S., & Guha, S. (2012). Milk production performance of Black Bengal goats in West Bengal. *International Journal of Livestock Production*, 3(2), 17-20.
- DSA, 2022. Rapport de performance su secteur agricole, Gestion 2021. 131 pages.
- El-Hassan, K., & Nikhaila, A. A. (2009). A study on some non-genetic factors and their impact on some reproductive traits of Sudanese Nubian goats. *International Journal of Dairy Science*, 4(4), 152-158.
- Gaddour, A., Najari, S., Ouni, M., (2008). Amélioration de la production laitière caprine par le croisement d'absorption dans une oasis du Sud tchadien. *Revue Elev. Med. Vet. Pays Trop* 61 57 62
- Hagos, A., Gizaw, S., & Urge, M. (2017). Milk production performance of Begait goat under semi intensive and extensive management in Western Tigray, North Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 29, 12.
- Kassa, K. S., Ahounou, S., Dayo, G.-K., Salifou, C., Issifou, M. T., Dotche, I., Gandonou, P. S., Yapi-Gnaore, V., Koutinhoun, B., & Mensah, G. A. (2016a). Performances de production laitière des races bovines de l'Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(5), 2316-2330.
- Kassa, S. K., Salifou, C. F. A., Dayo, G. K., Ahounou, G. S., Dotché, O. I., Issifou, T. M., Houaga, I., Koutinhoun, G. B., Mensah, G. A., & Yapi-Gnaoré, V. (2016b). Production de lait des vaches Bororo blanches et Borgou en élevage traditionnel au Bénin. *Livestock Research for Rural Development*, 28, 9.

- Ketto, I. A., Massawe, I., & Kifaro, G. C. (2014). Effects of supplementation, birth type, age and stage of lactation on milk yield and composition of Norwegian x Small East African goats in Morogoro, Tanzania. *Livestock Research for Rural Development*, 26(12).
- Kouamo, J., Sow, A., Leye, A., Sawadogo, G. J., & Ouédraogo, A. E. (2009). Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique Subsaharienne et au Sénégal en particulier : Etat des lieux et perspectives. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, 7(3-4), 139-148.
- Mensah, S., Houehanou, T. D., Sogbohossou, E. A., Assogbadjo, A. E., & Kakai, R. G. (2014). Effect of human disturbance and climatic variability on the population structure of *Azelia africana* Sm. Ex pers. (Fabaceae-Caesalpinioideae) at country broad-scale (Bénin, West Africa). *South African Journal of Botany*, 95, 165-173.
- Mestawet, T. A., Girma, A., Aadnøy, T., Devold, T. G., Naryhus, J. A., & Vegarud, G. E. (2012). Milk production, composition and variation at different lactation stages of four goat breeds in Ethiopia. *Small Ruminant Research*, 105(1-3), 176-181.
- Natta, A. K., Yédomonhan, H., Zoumarou-Wallis, N., Houndéhin, J., Ewédjè, E. B. K., & Kakai, R. G. (2011). Typologie et structure des populations naturelles de *Pentadesma butyracea* dans la zone soudano-guinéenne du Bénin. *Annales Des Sciences Agronomiques*, 15(2), 217-241.
- Neuenschwander, P., Sinsin, B., & Goergen, G. E. (2011). Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest : Une Liste Rouge pour le Bénin. *Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 365 pages
- Offoumon, O. T. L. F., Bassossa, B. A. M., Idrissou, Y., Assani, A. S., Assogba, B. G. C., Alkoiret, I. T., & Gbangboché, A. B. (2018). Growth performance of Saanen, red Raradi and the crossbred Saanen versus red Maradi goats in soudanese area of Benin. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences*, 5(5): 1-14.
- R Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>
- Sounon Adam, K.L.S., Lesse, D.P.A., Ickowicz, A., Samir, M., Lesnoff, M., Houinato, M.R.B., Mensah, G.A., 2023. Diversité de la production bovine au nord-ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 33, 63-74.
- Toukourou, Y. & Senou, M. (2010). Performances zootechniques de la vache Girolando à la ferme de Kpinnou au Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* 14(2) : 207-220.
- Vissoh, D.G.U., Dossa, L.H., Doko Allou, S.Y., Gbangboche, A.B., 2021. Production de lait de la chèvre Alpine élevée au Sud Bénin : effet du mois de mise bas, de la parité et du poids post-partum. *Rev. D'élevage Médecine Vét. Pays Trop.* 74, 161-165. <https://doi.org/10.19182/remvt.36747>
- Yassegoungbe, F.P., Oloukoi, D., Aoudji, A.K.N., Schlecht, E., Dossa, L.H., 2022. Insights into the diversity of cow milk production systems on the fringes of coastal cities in West Africa: A case study from Benin. *Front. Sustain. Food Syst.* 6, 1001497. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1001497>

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.



Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>



Production et diversité des espèces ornementales dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi au sud Bénin

Rachad Kolawolé Foumilayo Mandus ALI¹ , Noudossessi Rufin KPATINNON^{1,2*} 

* Auteur Correspondant

¹ Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale, Université d'Abomey-Calavi

² Laboratoire des Sciences Forestières, Université d'Abomey-Calavi

Emails : rkpatinnon@gmail.com ; ali.rachad2022@gmail.com

Reçu le 2 Décembre 2022 - Accepté le 16 Juin 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé : Les activités floricoles se multiplient dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi pour répondre à la demande croissante d'espèces ornementales pour les aménagements paysagers. Cette recherche vise à recenser les espèces ornementales et leurs techniques de production dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi. La méthode « boule de neige » a permis d'identifier 12 sites floricoles. Un comptage systématique des espèces ornementales a été effectué sur ces sites, complété par des informations sur les techniques de production, fertilisants utilisés, sources d'approvisionnement des plantes, etc. En outre, des données floristiques complémentaires ont été collectées dans 100 habitations et 09 églises. Les résultats montrent que 100 % des floriculteurs reproduisent les plantes ornementales par bouturage et par graine, tandis que 75 % le font également par rejet. Les plantes reproduites proviennent de la cueillette (25 %), la production sur place (50 %) et l'achat (92 %). Au total, 161 espèces ornementales, classées en 129 genres et 56 familles, ont été recensées sur les sites prospectés. Le nombre d'espèces inventoriées par site de production varie de 15 à 66 espèces. Les familles les plus diversifiées sont les *Asparagaceae* (15 espèces), *Araceae* (10 espèces) et *Euphorbiaceae* (10 espèces). Par ailleurs, les fertilisants utilisés par les producteurs sont le NKP, l'urée, les terreaux et les fientes. Pour soutenir cette activité génératrice de revenu, des ateliers de formation et sessions de discussion sur les plantes ornementales, avec les floriculteurs, sont nécessaires. Il est également impératif que les floriculteurs s'unissent en créant des associations pour une coopération dans leur activité. Enfin, il est essentiel de mener des recherches scientifiques pour mieux diffuser les connaissances sur les espèces ornementales. Cette étude contribue à la base de connaissances sur la diversité des espèces ornementales et peut servir de référence pour de futures recherches sur la promotion de la biodiversité dans les aménagements paysagers.

Mots clés : Espèces ornementales, Abomey-Calavi, Bouturage, Graine, Rejet, Fertilisants.

Production and diversity of ornamental species in the Abomey-Calavi district in southern Benin

Abstract: Floricultural activities are thriving in the Abomey-Calavi district in response to a growing demand for ornamental species for landscaping. This research aims to catalogue ornamental species while elucidating their production techniques in the district of Abomey-Calavi. The “snowball” method made it possible to identify 12 floriculture sites. A systematic count of ornamental species was carried out on these sites, supplemented by information relating to production techniques, fertilizers, sources of plant supply, etc. Moreover, additional floristic data was collected in 100 dwellings and 09 churches. The results show that 100% of flower growers produce ornamental plants through both cuttings and seeds while 75% also employ suckers. The plants reproduced are sourced through picking (25%), on-site production (50%) and purchase (92%). In total, 161 ornamental species, classified in 129 genera and 56 families, were identified on the sites surveyed. The number of species inventoried per production site ranges from 15 to 66 species. The most diverse families are *Asparagaceae* (15 species),

Araceae (10 species) and *Euphorbiaceae* (10 species). Additionally, the fertilizers used by the producers are NKP, urea, compost and droppings. To promote this income-generating activity, training workshops and discussion sessions about ornamental plants are necessary, with flower growers. It is also imperative for flower growers to unite by forming associations for cooperation in their activity. Finally, it is crucial to conduct scientific research to better disseminate knowledge about ornamental species. This study contributes to the knowledge base on the diversity of ornamental species and can serve as a reference for future research on promoting biodiversity in landscape design.

Keywords: Ornamental species, Abomey-Calavi, Cutting, Seed, Sucker, Fertilizers.

1. Introduction

Depuis des temps immémoriaux, les végétaux ont été indispensables à l'homme de toutes les époques et civilisations comme moyen pour peindre, teindre, s'alimenter, se soigner, etc. Au-delà de leur diversité d'utilisations, les plantes ornementales tiennent une place singulière par l'esthétique qu'elles apportent (Kavira Kahola *et al.*, 2016, p.2). Ces végétaux horticoles sont créés principalement pour sublimer l'environnement par leur splendeur (Hego, 2015, p.14). Elles ne sont donc pas cultivées en premier lieu pour leur utilité médicinale ou économique, mais pour leur beauté. Comme l'a souligné Barloy (2011, p.25), de nombreux peuples aiment les plantes ornementales pour leur seule beauté.

La floriculture est une source d'emplois très importante dans de nombreux pays tropicaux en voie de développement, et elle est en plein essor. La production des fleurs et plantes ornementales émerge ainsi comme une activité économique dynamique, répondant à la demande urbaine tout en générant de la richesse et des emplois. Selon Dohou (2010, p.20), c'est le secteur des belles fleurs qui est entretenu avec goût.

Au Bénin, l'aspiration à un environnement verdoyant et fleuri est de plus en plus prononcée dans un contexte d'urbanisation croissante (Adodo et Essou, 2016, p.8). Non seulement les plantes ornementales embellissent les maisons, mais elles possèdent également des vertus thérapeutiques potentielles, contribuant à l'équilibre psychique de l'homme. Face à l'accélération de l'urbanisation, l'arrondissement d'Abomey-Calavi, jouxtant la plaine côtière, a connu un fort afflux de population depuis la ville surpeuplée de Cotonou et est devenu centre résidentiel majeur avec de très beaux appartements et un aménagement paysager en plein développement. Cette croissance offre d'une part, une main-d'œuvre abondante aux activités floricoles et d'autre part, représente un important marché de consommation

des produits floricoles. Dans ce contexte, la présente recherche vise à recenser les espèces ornementales, tout en mettant en exergue leurs techniques de production dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'arrondissement d'Abomey-Calavi est situé dans la Commune d'Abomey-Calavi entre 6°24'46" et 6°30'49" de latitude nord et entre 2°18'28" et 2°22'42" de longitude est. Il est limité au nord par l'arrondissement de Akassato, au sud par l'arrondissement de Godomey, à l'est par la Commune de Sô-Ava et à l'ouest par l'arrondissement de Togba. L'arrondissement d'Abomey-Calavi est le chef-lieu de la Commune d'Abomey-Calavi. D'une superficie de 49,05 km², il compte 20 quartiers de ville que sont : Aganmandin, Tokpa-Zoungo, Agori, Gbodjo, Kansounkpa, Sèmè, Tokpa-Zoungo nord, Tokpa-Zoungo sud, Aïfa, Aïtché-dji, Alédjo, Cité de la victoire, Cité les palmiers, Fandji, Finafa, Tankpè, Tchingangbégo, Zopa, Zoundja, Zogbadjè. La population a connu une croissance rapide entre les années 1979 à 2013, principalement due à une jeunesse dynamique et à sa proximité avec la ville de Cotonou (Figure 1).

L'arrondissement d'Abomey-Calavi bénéficie d'un climat subéquatorial marqué par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La température moyenne annuelle est de 28 °C et les minimas oscillent entre 20 °C et 25 °C (Météo-Bénin, 2018). Les mois les plus chauds, de février à avril, voient des températures atteignant jusqu'à 35 °C, signalant l'approche de la saison des pluies. Deux types de sols sont identifiés dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi : les sols ferrallitiques, prédominants, et les sols hydromorphes localisés à l'est (IGN, 2002). Ces sols fertiles, favorisent la croissance des couvres sols et des fleurs.

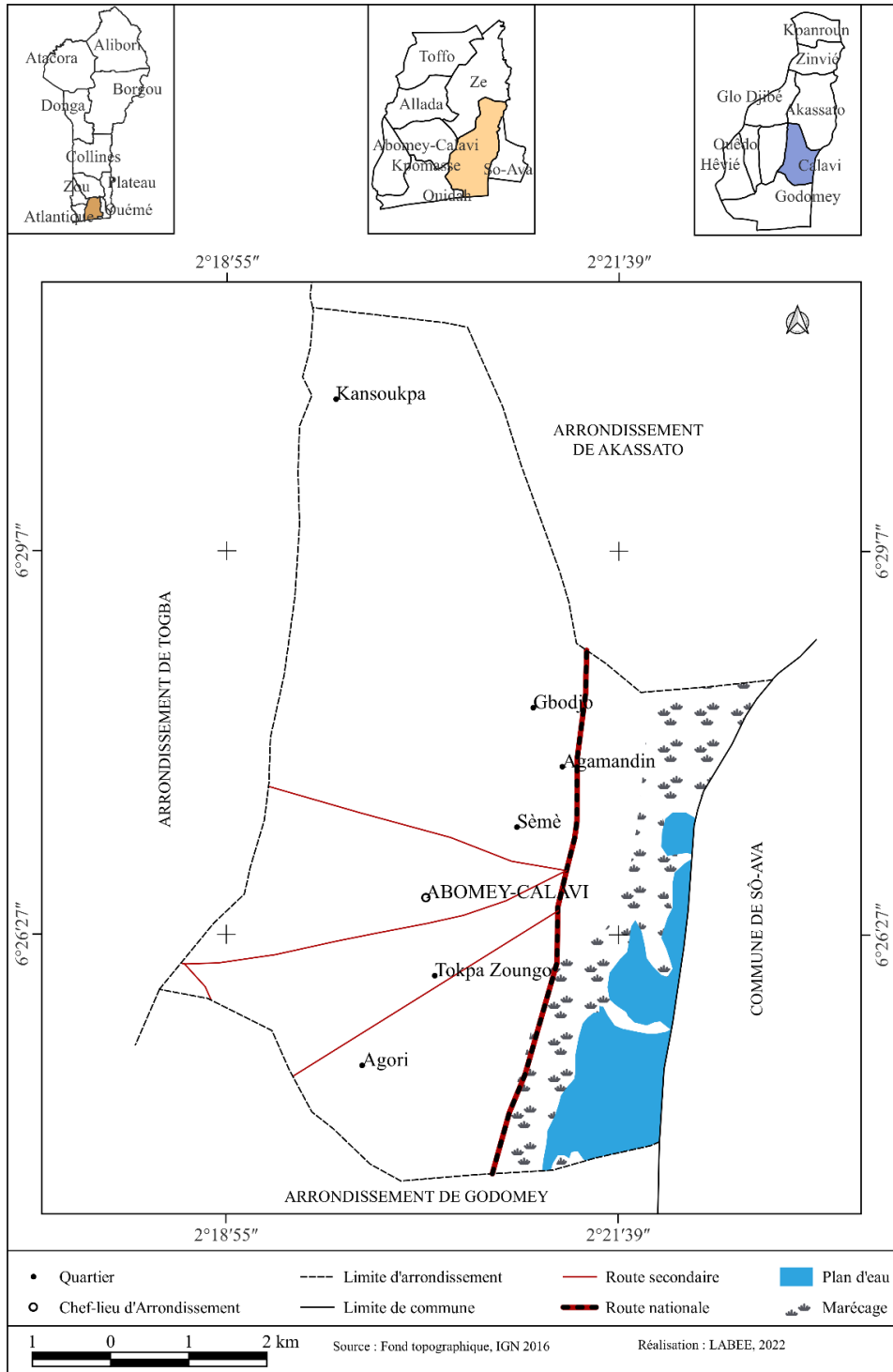


Figure 1 : Carte de l'arrondissement d'Abomey-Calavi montrant sa localisation géographique / Map of the Abomey-Calavi district showing its geographical location

2.2. Echantillonnage

La technique d'échantillonnage utilisée dans cette recherche est la méthode « boule de neige ». Les groupes cibles identifiés sont constitués des floriculteurs, prêtres/pasteurs et des particuliers/clients. Les sites floricoles constituent l'unité d'échantillonnage de cette recherche. Une prospection dans l'arrondissement a permis de recenser 12 sites floricoles. En ce qui concerne les clients, il a été retenu dans chaque quartier de l'arrondissement d'Abomey-Calavi, cinq (05) habitations utilisant les plantes ornementales. Ainsi, cent (100) habitations ont été parcourues. A tout cela s'ajoute neuf (09) églises. Cela a permis d'enquêter 121 personnes au total. L'inventaire des espèces a été effectué sur les sites de production floricole et complété par les espèces retrouvées dans les habitations des clients et les lieux de cultes.

2.3. Collecte des données

Pour documenter cette recherche, un appareil photo numérique a été employé pour capturer les images des espèces ornementales inventoriées, et un GPS pour enregistrer les coordonnées géographiques des sites de production d'espèces ornementales. Des fiches de relevé floristique ont été employées pour recenser les différentes espèces avec leurs individus sur chaque site tout en notant les données sur les techniques de production. Des papiers journaux ont servi à la réalisation des herbiers.

Les travaux de terrain ont été centrés sur un inventaire méticuleux des plantes présentes sur les sites de productions, maisons et lieux de culte. Ces données ont permis d'évaluer la diversité en espèces ornementales, ainsi que celles de leurs genres et familles dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi.

L'inventaire des espèces floricoles a été complété par des enquêtes auprès des parties prenantes sur les espèces ornementales produites, leurs méthodes de production, les types de fertilisants utilisés, les sources d'approvisionnement des plantes, et d'autres informations pertinentes. Ces enquêtes par questionnaire ont été réalisées avec les floriculteurs, les ménages et les prêtres/pasteurs.

2.4. Analyse des données

Après avoir identifié chaque espèce ornementale à partir de la flore analytique du Bénin (Akoègninou *et al.*, 2006), des analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R 4.2, menant à la création de graphiques informatifs.

Le taux de réponse (TR) des enquêtés a été calculé comme suit, pour les variables importantes du questionnaire :

$$TR = (S/N) \times 100$$

Avec **S** = le nombre de personne ayant répondu à une question ; **N** = le nombre total de répondant.

Le logiciel QGIS 2.18 a été utilisé pour la réalisation de la carte de spatialisation des sites floricoles.

3. Résultats

3.1. Techniques de production des espèces ornementales dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi

Les techniques de production des espèces ornementales développées par les floriculteurs de l'arrondissement d'Abomey-Calavi concernent le bouturage, la production par graine et par rejet.

3.1.1. Production de plantes par bouturage

Le bouturage d'une plante consiste à prélever une partie d'une plante mère. Cette partie prélevée appelée "bouture" est repiquée ou replantée. La bouture est donc créée par simple coupe d'une partie végétative de la plante mère (Figure 2.a) puis par plantation du morceau dans un substrat approprié (Figure 2.b) afin de parvenir à l'enracinement. C'est une technique pratiquée par tous les producteurs de l'arrondissement. En effet, pour bouturer, il suffit d'obtenir un morceau de la plante donnant ainsi les boutures. Cependant, il existe plusieurs types de boutures entre autres la bouture herbacée, la bouture de feuille et la bouture dans l'eau.

La bouture herbacée se pratique sur des plantes non ligneuses comme *Hibiscus rosa-sinensis*, *Hibiscus syriacus*, *Euphorbia milii*, *Euphorbia tirucalli*, *Acalypha siamensis*, *Portulaca grandiflora*, etc. Par contre, la bouture de feuilles se pratique avec les feuilles des espèces comme *Bryophyllum pinnatum*, *Cayaponia bonariensis*, *Acalypha wilkesiana*, ... Elles sont posées face sur le terreau pour sectionner la nervure principale. Il est contre indiqué d'arroser excessivement pour empêcher la pourriture de la bouture. Quant à la bouture dans l'eau, elle se pratique avec les plantes aquatiques et semi-aquatiques comme *Centella asiatica*, *Dracaena sanderiana*, *Cordyline fruticosa*, etc. Elles sont coupées et mises dans une bouteille ou un plastique transparent contenant de l'eau. Il est recommandé de changer régulièrement l'eau afin d'éviter les risques de pourriture.

3.1.2. Production de plantes par graine

Une graine est la partie d'un fruit qui contient l'embryon de la plante. C'est donc l'œuf de la plante. Ainsi, une nouvelle plante peut pousser d'une graine. C'est aussi une forme de résistance pour les plantes. En effet, si les plantes meurent, les graines qu'elles ont produites peuvent résister de nombreuses années avant de germer. Tous les floriculteurs enquêtés utilisent cette technique. Les espèces ornementales reproduites par graine dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi sont entre autres : *Murraya paniculata* (Figure 3), *Casuarina equisetifolia*, *Adenium obesum*, *Mirabilis jalapa*, etc.

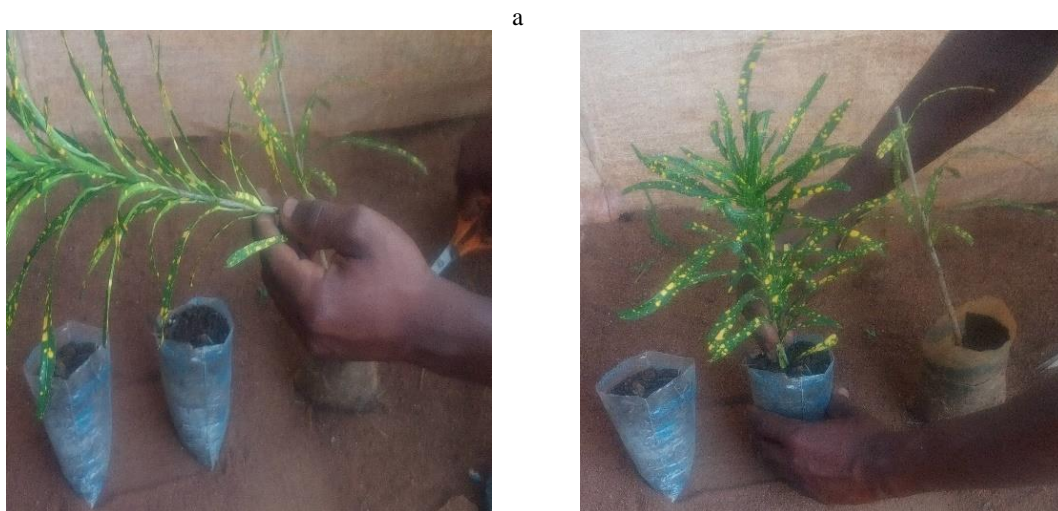


Figure 2 : Production par bouturage de *Codiaeum variegatum* : coupe d'une partie de la plante à l'aide d'un ciseau (a) et partie coupée replantée (b) / Propagation of *Codiaeum variegatum* through cuttings: cutting of a portion of the plant using scissors (a) and replanted cut portion (b)



Figure 3 : Production par graine de *Murraya paniculata* / Seed propagation of *Murraya paniculata*

Pour la production par graine, il faut choisir un environnement adéquat et également un bon terreau puis respecter la profondeur des semis.

3.1.3. Production de plantes par rejet

Le rejet est une nouvelle pousse apparaissant sur une plante. Dans certaines conditions, un rejet est une plante fille naissant d'une plante mère par multiplication asexuée consistant dans le développement d'un méristème dans les conditions telles qu'elle peut développer des racines. Cette technique est pratiquée par 75 % des fleuristes.

La Figure 4.a montre un pot de *Aloe vera* avec un rejet. Ce rejet est séparé de sa mère pour être placé dans un autre pot (Figure 4.b). La production par rejet consiste donc à séparer la plante fille de celle mère (en les plaçant dans différents pots par exemple).

Par ailleurs, pour la réalisation de l'une de ces méthodes, les fleuristes font usage de plusieurs types de fertilisants (Figure 5). Les fertilisants chimiques utilisés pour la production des espèces ornementales sont le NKP (33,33 %) et l'urée (75 %). Mais la totalité (100 %) des fleuristes utilise surtout les terreaux et les fientes.

3.1.2. Acquisition des plantes par les fleuristes

Les plantes ornementales reproduites par les fleuristes dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi proviennent de différentes sources (Figure 6). La cueillette (25 %), la production sur place (50 %) et l'achat (92 %) sont les sources d'approvisionnement des plantes par les fleuristes. Ces techniques permettent la production d'une diversité d'espèce ornementales dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi.

a



b



Figure 4 : Production par rejet de *Aloe vera* : pot de *Aloe vera* avec un rejet (a) et rejet séparé de sa mère et placé dans un autre pot (b) / Propagation of *Aloe vera* by sucker: a pot of *Aloe vera* with a sucker (a) and the sucker separated from its mother and placed in another pot (b)

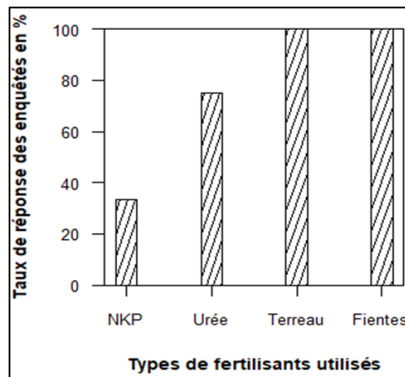


Figure 5 : Types de fertilisants utilisés pour la production des plantes ornementales / Types of fertilizers used for the production of ornamental plants

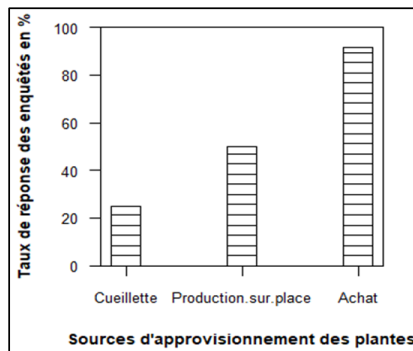


Figure 6 : Sources d'approvisionnement des plantes ornementales / Sources of ornamental plants supply

3.2. Identification des espèces ornementales

Le Tableau S1 (Matériel supplémentaire) présente la liste de toutes les espèces ornementales inventoriées.

Une grande diversité de plantes ornementales est produite dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi. Cette recherche a permis d'inventorier 161 espèces classées en 129 genres et 56 familles. Les familles des Asparagaceae, des Araceae et des Euphorbiaceae sont celles fortement représentées avec respectivement 9,32 % ; 6,21 % et 6,21 % ; viennent ensuite les Apocynaceae (4,97 %), les Arecaceae et les Poaceae avec (4,35 %) chacune. La Figure 7 présente les vues de quelques unes des espèces inventoriées : *Acalypha*

hispida (Figure 7.a), *Bougainvillea spectabilis* (Figure 7.b) et *Callisia fragrans* (Figure 7.c) utilisés à des fins décoratives dans les habitations.

La Figure 8 présente la diversité de plantes ornementales inventoriées sur les sites de production. La diversité la plus faible observée sur les sites de production est de quinze (15) espèces tandis que celui le plus diversifié compte soixante-six (66) espèces. De plus, 58,33 % des sites à une diversité minimale de 45 espèces ornementales. Lors des enquêtes de terrain, la totalité des producteurs enquêtés (100 %) a affirmé que les espèces présentes sur les sites de production sont souvent liées aux préférences des clients.



Figure 7 : Vues de *Acalypha hispida* (a), *Bougainvillea spectabilis* (b) et *Callisia fragrans* (c) / Photographs of *Acalypha hispida* (a), *Bougainvillea spectabilis* (b), and *Callisia fragrans* (c)

3.3. Spatialisation des sites de production de plantes ornementales

Lors des enquêtes de terrain, les sites floricoles sur lesquels les espèces ornementales sont produites ont été identifiés. En effet, un recensement exhaustif de 12 sites floricoles a été fait dans tous les quartiers de l'arrondissement d'Abomey-Calavi. Les sites de production de plantes ornementales sont donc inégalement répartis sur l'étendue de l'arrondissement d'Abomey-Calavi (Figure 9). Certains quartiers comme Aganmandin et Sèmè ne comportent aucun site contrairement aux quartiers de Agori, Tokpa Zoungo, Gbodjo, etc. qui habitent la majorité des sites de production de plantes ornementales. Certains sites sont installés au bord des routes afin de vite attirer la clientèle.

4. Discussion

Les plantes ornementales de l'arrondissement d'Abomey-Calavi sont produites par bouturage, rejet et graines. Ces techniques de production adoptées par les floriculteurs leur permettent une reproduction rapide des espèces afin de satisfaire les demandes du marché et maintenir leur compétitivité. De pareilles techniques ont été relevées en République Centrafricaine dans les travaux de Kosh-Komba et al. (2021, p.10). Ces méthodes ont des principes de mise en œuvre différentes. En effet, le bouturage est une technique qui permet d'obtenir une plante fille avec les mêmes caractéristiques que la plante mère : elle est donc un clone. Par contre, la production des plantes ornementales par graine implique la connaissance des conditions écologiques notamment la chaleur, l'humidité pour sortir la graine de son sommeil et la lumière.

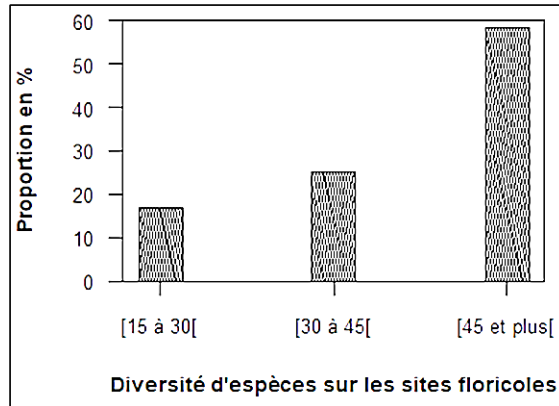


Figure 8 : Diversité des espèces ornementales par site de production / Diversity of ornamental species at production sites

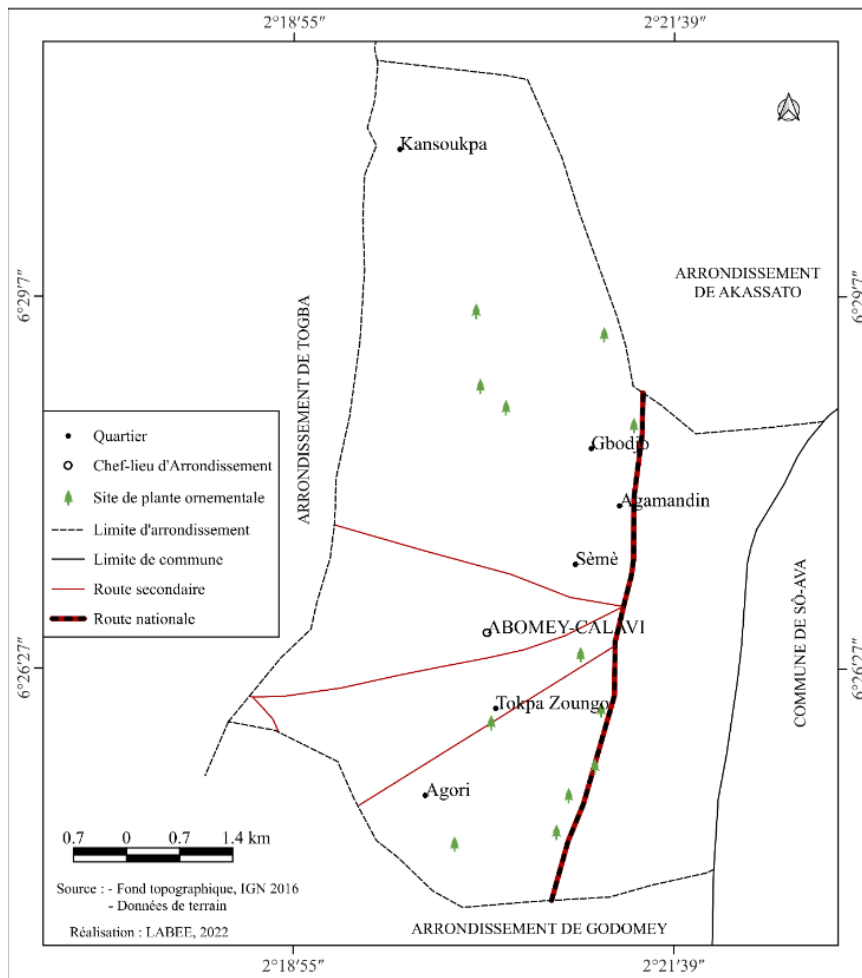


Figure 9 : Spatialisation des sites de production de plantes ornementales / Spatial distribution of ornamental plant production sites

En outre, le terreau dans lequel le semis est fait ne doit pas être nécessairement trop enrichi en nutriment, car cela peut compliquer la croissance de la plante qui a besoin dans un premier temps de développer son système racinaire. Lorsque la plante aura germé, un apport en terreau plus riche lui serait utile. Cela souligne l'importance d'un calendrier de nutrition précis pour assurer le développement sain des plantes. La taille de la graine va déterminer à quelle profondeur l'enfoncer dans le terreau. De manière générale, la profondeur du semis doit être approximativement trois fois le diamètre de la graine. Lorsque la graine est minuscule, une fine couche de terreau en surface est appliquée.

Le rejet, qui constitue la troisième technique de production, peut être naturel, provoqué ou marcotté. Le rejet naturel a été observé sur les plantes à port arbustif (*Murraya paniculata*, *Ligustrum vulgare*, etc.), et sur certaines plantes succulentes (*Aloe vera*, *Sansevieria cylindrica*, *Agave americana*, *Sansevieria trifasciata*, etc.). Cependant, un rejet devient provoqué à la suite de la coupe d'un tronc. L'arbre présente alors un déséquilibre entre sa masse racinaire et sa masse aérienne qu'elle compense en émettant les rejets nécessaires en retour, une fois à l'équilibre. C'est le cas de *Cordyline fruticosa*, *Codiaeum variegatum*, *Nerium oleander*, etc. Quant au marcottage, c'est une méthode de multiplication des végétaux par rhizogenèse (développement des racines) sur une partie aérienne d'une plante mère. Certaines plantes se marcotent naturellement (*Chlorophytum comosum*, *Portulaca grandiflora*, etc.). En horticulture, le marcottage est souvent utilisé pour cloner les plantes à bouture difficile comme *Laurus nobilis*, *Thuja occidentalis*, etc.

Les espèces ornementales produites dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi proviennent de la cueillette, la production sur place et de l'achat, formant ainsi une chaîne d'approvisionnement diversifiée essentielle à la pérennité et à la flexibilité de l'industrie florale. La faible pratique de la cueillette est liée à l'érosion forestière accrue dans l'arrondissement. Cela fait que les producteurs sont contraints d'acheter les espèces avant de les reproduire. Dans le cas de l'achat, les producteurs importent les plantes ou les graines depuis le Togo (pays voisin) avant de faire la production selon différentes méthodes. Par ailleurs, les producteurs font recours aux fumures pour une croissance rapide des espèces afin d'accroître la production et de satisfaire la demande des clients. Cette pratique a été aussi notée dans les recherches de Vroh et Kouame (2022, p.996) où les producteurs de plantes ornementales utilisent l'urée, la fiente de poulet, le NPK, les fibres de coco, des engrais foliaires, etc. pour favoriser la croissance et le rendement.

Cette étude a recensé 161 espèces de plante ornementale dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi sur 12 sites floricoles. Cette grande diversité est liée à la demande sans cesse croissante en espèces différentes

des particuliers, selon leurs préférences, et témoigne donc que l'arrondissement d'Abomey-Calavi a une forte potentialité floricole. La production de plantes ornementales est donc une activité en plein essor à cause du caractère urbain des villes où les particuliers utilisent les espèces à des fins décoratives dans leurs concessions. Des travaux récents réalisés en Afrique de l'ouest (Côte d'Ivoire et Sénégal) ont aussi recensé une grande diversité d'espèces ornementales (Vroh et Kouame, 2022, p.996 ; Aké-Assi *et al.*, 2020, p.132 ; Sidibe *et al.*, 2020, p.33579).

La connaissance de la flore horticole constitue une base pour la valorisation de ces espèces à potentialité décorative, notamment leur domestication et leur vulgarisation, pour appuyer les politiques de développement durable (Amani *et al.*, 2019, p.51 ; Melom *et al.*, 2015, p.3800). Cette hétérogénéité dans le nombre d'espèces peut être attribuée à plusieurs facteurs tels que les ressources financières du floriculteur, la superficie de l'espace utilisé, la nature de la clientèle, entre autres. Il est impératif que les responsables communaux envisagent de confier d'avantage de marchés publics aux floriculteurs locaux et de faciliter leur accès aux intrants agricoles pour stimuler cette activité économique, source potentielle de revenus et d'emplois. Par ailleurs, il est à remarqué que l'installation des floriculteurs dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi est fonction de la disponibilité des terres qui deviennent une ressource de plus en plus chère et donc difficile d'accès. Ce phénomène est à l'origine de l'inégale répartition des sites floricoles dans le milieu de recherche.

Cette recherche souligne que les familles les plus diversifiées sont les *Asparagaceae*, les *Araceae* et les *Euphorbiaceae*. Dans les recherches de Dieng *et al.* (2020, p.12519), ce sont les *Apocynaceae*, les *Araceae*, les *Fabaceae* et les *Euphorbiaceae* qui sont les familles les plus diversifiées au Sénégal (Dakar). Dans la même région (Dakar), Sidibe *et al.* (2020, p.33582) ont, en plus de ces familles, dénombré les *Asteraceae*, les *Araceae* et les *Agavaceae*. Ces familles contiennent généralement les plus grands nombre d'espèces (Aké Assi 1984 ; 2001 ; 2002).

5. Conclusion

Cette étude a permis de recenser les espèces ornementales tout en présentant leurs techniques de production dans l'arrondissement central d'Abomey-Calavi en République du Bénin. Au terme des enquêtes de terrain, il ressort que les plantes ornementales sont produites à travers le bouturage, les graines et les rejets qui sont les trois (03) techniques de production utilisées. En outre, l'application de fertilisants s'avère cruciale pour accélérer la production afin de satisfaire la demande croissante en espèces ornementales. Une grande diversité d'espèces a été également inventoriée sur les sites prospectés. Les familles des *Asparagaceae*, des *Araceae* et

des *Euphorbiaceae* sont les plus diversifiées avec les espèces comme *Chlorophytum comosum*, *Dracaena arborea*, *Croton gratissimus*, *Euphorbia milii*, *Sansevieria trifasciata*, etc. Cependant, avec la recrudescence des litiges fonciers, les floriculteurs sont confrontés à l'exiguïté de leurs sites et aux difficultés d'acquisition de nouveaux sites de production. Pour soutenir la floriculture en tant que secteur économique viable et instrument de conservation, plusieurs mesures doivent être envisagées, notamment : des ateliers de formation pour améliorer les connaissances et compétences des floriculteurs et la facilitation de leur accès aux fertilisants de qualité et à des terrains pour la production. Cette étude met en exergue le rôle que la floriculture locale peut jouer dans la création de moyens de subsistance durables tout en favorisant la conservation de la biodiversité. Des études futures pourraient s'intéresser à l'évaluation de l'impact environnemental de la floriculture et sa contribution à la conservation de la biodiversité dans les milieux urbains.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Ali R.K.F.M. et Kpatinnon N.R.
Collecte des données	Kpatinnon N.R.
Analyse des données	Kpatinnon N.R.
Acquisition de financement	-
Méthodologie	Ali R.K.F.M. et Kpatinnon N.R.
Gestion du projet	Ali R.K.F.M. et Kpatinnon N.R.
Supervision	Ali R.K.F.M.
Rédaction manuscrit initial	Kpatinnon N.R.
Révision et édition manuscrit	Kpatinnon N.R.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- ADODO Marie-Reine et ESSOU Innocent, 2016. Diversité et usages des espèces ligneuses utilisées comme plantes de décoration dans la ville de Lokossa. Mémoire de licence en géographie et aménagement du territoire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 42 p.
- AKÉ ASSI Laurent, 1984. Flore de la Côte d'Ivoire. Étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Tome. II. III. Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan, 1205 p.
- AKÉ ASSI Laurent, 2001. Flore de la Côte d'Ivoire 1, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et jardin Botanique de Genève ; Boissiera 57, 396 p.
- AKÉ ASSI Laurent, 2002. Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et Jardin Botanique de Genève, Boisseria 58, 441 p.
- AKÉ ASSI Emma, KOUASSI Akossou Faustine, and N'GORAN Beranger Koua Serge, 2020. Contribution à l'étude des plantes ornementales spontanées à usage alimentaire du sud de la Côte d'Ivoire. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 10(3) : 130-138.
- AKOEGNINO Akpovi, VAN DER MAESEN Laurentius Josephus Gerardus, VAN DER BURG Wildem, 2006. Flore analytique du Bénin, Cotonou et Wageningen, Backhuys, Publishers, 1034 p.
- AMANI Kwassi Dauphner Serges, KOUASSI Faustine Akossou et AKE-ASSI Emma Ablan, 2019. Diversité floristique des plantes à potentialité décorative issues des formations naturelles du nord de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 15(15): 46-63. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n15p46>
- BARLOY Jean-Jacques, 2011. Le monde végétal ; les plantes dans l'évolution de la vie et des civilisations. Ed. Hachette Jeunesse, Paris, 205 p.
- DIENG Birane, MBAYE Mame Samba, DIOUF Ndongo, DIOUF Jules, DIOUF Macoumba et NOBA Kandioura, 2020. Plantes ornementales potentiellement invasives des pépinières et jardins botaniques de Dakar (Sénégal). *International Journal of Current Research*, 12 (07): 12517-12521.
- DOHOU Codjo Denis, 2010. Influence brésilienne à Ouidah. *Afro-Asie Brésil*, n°12 : 193-209.
- HEGO Méliissa, 2015. Le choix des plantes et espèces locales dans les projets de paysage : Effet de mode ou renouveau à encourager ? Mémoire de fin d'études d'ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage, Agro Campus Ouest, France, 64 p.
- IGN, 2002. Carte pédologique de reconnaissance de la République du Bénin à 1/200 000, feuille de Porto-Novo.
- KAVIRA KAHOLA Patience, KAMBALE KATEMBO Jean-Léon, MALOMBO TSHIMANGA Bernard et SHALUFA ASSANI Nicole, 2016. Etat de lieux de charbon de bois dans la ville de Kisangani (Plantes ornementales), Université de Kisangani, centre de surveillance de la Biodiversité, RDC, 23 p.
- KOSH-KOMBA Ephrem, SEMBOLI Olivia, TOUCKIA Gorgon Igor, Oualengbe Koffi Levy, Mololi André and AKPAGANÀ Koffi, 2021. Diversity and local use of ornamental horticultural flora in the Bangui and Begoua communes/districts, Central African Republic. *Journal of Horticulture and Forestry*, Vol. 13(1): 1-14. <https://doi.org/10.5897/JHF2020.0654>

- MELOM Serge, MBAYNGONE Elisée, BECHIR Ali Brahim, RATNAN Ngadoum et MAPONGMETSEM Pierre Marie, 2015. Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Massenya au Tchad (Afrique centrale). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1) : 3799-3813.
- MÉTÉO-BÉNIN, 2018. Données climatologiques de la commune d'Avomey-Calavi, Cotonou, Bénin.
- SIDIBE Seydou Issa, DIENG Birane, NGOM Ablaye, DIOME Toffène, BA Awa, DIA Abdoukhadre, DIOUF Macoumba and NOBA Kandioura, 2020. Flore ornementale des communes de Golf-sud et de Mbao de la région de Dakar (Sénégal): caractérisation et utilisation dans l'aménagement paysager. *International Journal of Development Research*, 10 (02) : 33578-33586.
- VROH Bi Tra Aimé et KOUAME Affouet Florence Ephrasie, 2022. Diversité et pratiques culturelles des plantes ornementales produites dans les zones agricoles péri-urbaines d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16(3): 992-1004. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i3.8>

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) consists of the letters 'S', 'N', and 'A' in a bold, green, sans-serif font, spaced out horizontally.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>

Matériel supplémentaire

Tableau S1 : Espèces ornementales inventoriées dans l'arrondissement d'Abomey-Calavi

N°	Nom scientifique	Nom commercial	Genre	Famille
1	<i>Abrus precatorius</i>	Viviman	Abrus	Fabaceae
2	<i>Acalypha hispida</i>	Queue de renard	Acalypha	Euphorbiaceae
3	<i>Acalypha siamensis</i>	Iitrina	Acalypha	Euphorbiaceae
4	<i>Acalypha wilkesiana</i>	Acalypha panaché	Acalypha	Euphorbiaceae
5	<i>Adenium obesum</i>	Baobab	Adenium	Apocynaceae
6	<i>Adonidia miriltii</i>	Palmier veitchia	Adonidia	Arecaceae
7	<i>Agave americana</i>	Agave	Agave	Asparagaceae
8	<i>Agave vivipara</i>	Agave	Agave	Asparagaceae
9	<i>Aglaonema lipstick</i>	Aglaio	Aglaonema	Araceae
10	<i>Allamanda cathartica</i>	Allamanda	Allamanda	Apocynaceae
11	<i>Allamanda schottii</i>	Allamanda nain	Allamanda	Apocynaceae
12	<i>Aloe vera</i>	Aloes	Aloe	Xanthorrhoeaceae
13	<i>Alternanthera ficoidea</i>	Thera-thera	Alternanthera	Amaranthaceae
14	<i>Amaryllis minerva</i>	Amaryllis	Amaryllis	Amaryllidaceae
15	<i>Annona muricata</i>	Chap-Chap	Annona	Annonaceae
16	<i>Anthurium digitatum</i>	Anthurium	Anthurium	Araceae
17	<i>Araucaria laubenfelsii</i>	Artémisia	Araucaria	Araucariaceae
18	<i>Araucaria nemorosa</i>	Araucaria	Araucaria	Araucariaceae
19	<i>Artemisia schmidtiana</i>	Araucaria	Artemisia	Asteraceae
20	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	Bougainvillée	Bougainvillea	Nyctaginaceae
21	<i>Bryophyllum pinnatum</i>	Afaman	Kalanchoe	Crassulaceae
22	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Orgueille de chine	Caesalpinia	Fabaceae
23	<i>Caladium bicolor</i>	Sang de Jésus	Caladium	Araceae
24	<i>Calathea zebrina</i>	Peau de panthère	Calathea	Marantaceae
25	<i>Callisia fragrans</i>	Ayanma	Callisia	Commelinaceae
26	<i>Callisia repens</i>	Saint Michel	Callisia	Commelinaceae
27	<i>Cananga odorata</i>	Ylang Ylang	Cananga	Annonaceae
28	<i>Cascabela thevetia</i>	Thevetia	Cascabela	Apocynaceae
29	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Filao	Casuarina	Casuarinaceae
30	<i>Catharanthus roseus</i>	Pervenche	Catharanthus	Apocynaceae
31	<i>Cayaponia bonariensis</i>	Bégonia	Bryonia	Cucurbitaceae
32	<i>Centella asiatica</i>	Centenaria	Centella	Apiaceae
33	<i>Cereus jamacaru</i>	Cactus	Cereus	Cactaceae
34	<i>Chlorophytum comosum</i>	Chlorophytum	Chlorophytum	Asparagaceae
35	<i>Chrysanthemum morifolium</i>	Chrysanthème	Chrysanthemum	Asteraceae
36	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Vertiver	Chrysopogon	Poaceae
37	<i>Citrus aurantiifolia</i>	Citron	Citrus	Rutaceae
38	<i>Clivia caulescens</i>	Clivia	Clivia	Amaryllidaceae
39	<i>Cnicus benedictus</i>	Chardon béni	Cnicus	Asteraceae
40	<i>Codiaeum variegatum</i>	Croton	Codiaeum	Euphorbiaceae
41	<i>Coleus plectranthus</i>	Coleus / Saintonia	Coleus	Lamiaceae
42	<i>Colocasia esculenta</i>	Oreille d'éléphant	Colocasia	Araceae
43	<i>Convallaria majalis</i>	Muguet	Convallaria	Asparagaceae
44	<i>Cordyline australis</i>	Cordyline	Cordyline	Asparagaceae
45	<i>Cordyline fruticosa</i>	Cordyline	Cordyline	Asparagaceae
46	<i>Crassula ovata</i>	Arbre de jade	Crassula	Crassulaceae
47	<i>Crinum asiaticum</i>	Crinum	Crinum	Amaryllidaceae
48	<i>Croton gratissimus</i>	Djélélé ou Hémândjê	Croton	Euphorbiaceae
49	<i>Cuphea hyssopifolia</i>	Thum fleur	Cuphea	Lythraceae
50	<i>Cycas circinalis</i>	Palmier cycas	Cycas	Cycadaceae
51	<i>Cycas revoluta</i>	Palmier cycas	Cycas	Cycadaceae
52	<i>Cymbopogon citratus</i>	Citronnelle	Cymbopogon	Poaceae
53	<i>Cyperus alternifolius</i>	Papyrus	Cyperus	Cyperaceae
54	<i>Dieffenbachia amoena</i>	Dieffenbachia	Dieffenbachia	Araceae
55	<i>Dolonia regia</i>	Flamboyant	Delonix	Caesalpinaceae
56	<i>Dracaena arborea</i>	Dracaena	Dracaena	Asparagaceae
57	<i>Dracaena braunii</i>	Dracaena	Dracaena	Asparagaceae

58	<i>Dracaena fragans</i>	Dracaena	Dracaena	Asparagaceae
59	<i>Dracaena sanderiana</i>	Lucky bambou	Dracaena	Asparagaceae
60	<i>Dracaena surculosa</i>	Maranata	Dracaena	Asparagaceae
61	<i>Echinocactus grusonii</i>	Coussin de belle mère	Echinocactus	Cactaceae
62	<i>Echinocereus poselgeri</i>	Cactus	Echinocereus	Cactaceae
63	<i>Epipremnum aureum</i>	Pothos	Epipremnum	Araceae
64	<i>Erythrina variegata</i>	Erythrina	Erythrina	Fabaceae
65	<i>Escontria chiotilla</i>	Cactus	Escontria	Cactaceae
66	<i>Euphorbia lactea</i>	Cactus	Euphorbia	Euphorbiaceae
67	<i>Euphorbia milii</i>	Euophorbia	Euphorbia	Euphorbiaceae
68	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Paratonère	Euphorbia	Euphorbiaceae
69	<i>Ficus benjamina</i>	Ficus vert	Ficus	Moraceae
70	<i>Ficus pumila</i>	Courvre mur	Ficus	Moraceae
71	<i>Ficus retusa</i>	Ficus jaune	Ficus	Moraceae
72	<i>Galphimia speciosa</i>	Galphimia	Galphimia	Malpighiaceae
73	<i>Gardenia jasminoides</i>	Gardenia	Gardenia	Rubiaceae
74	<i>Gerbera garvinea</i>	Gerbera	Gerbera	Asteraceae
75	<i>Guaiaecum officinale</i>	Guaiaec	Guaiaecum	Zygophyllaceae
76	<i>Helianthus annuus</i>	Tournesol	Helianthus	Asteraceae
77	<i>Heliconia psittacorum</i>	Bec de perroquet	Heliconia	Heliconiaceae
78	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Hibiscus	Hibiscus	Malvaceae
79	<i>Hibiscus syriacus</i>	Hibiscus	Hibiscus	Malvaceae
80	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Hibiscus	Hibiscus	Malvaceae
81	<i>Howea forsteriana</i>	Palmier kentia	Howea	Arecaceae
82	<i>Hydrangea paniculata</i>	Hortensia	Hydrangea	Hydrangeaceae
83	<i>Ixora coccinea</i>	Ixora	Ixora	Rubiaceae
84	<i>Jatropha integerrima</i>	Sainte cecilienne	Jatropha	Euphorbiaceae
85	<i>Jatropha multifida</i>	Arbre corail (Alovi aton)	Jatropha	Euphorbiaceae
86	<i>Justicia gendarussa</i>	Justicia	Justicia	Acanthaceae
87	<i>Kalanchoe crenata</i>	Afaman	Kalanchoe	Crassulaceae
88	<i>Kalanchoe daigremontiana</i>	Afaman	Kalanchoe	Crassulaceae
89	<i>Kalanchoe thyrsiflora</i>	Afaman	Kalanchoe	Crassulaceae
90	<i>Lantana camara</i>	Lantana	Lantana	Verbenaceae
91	<i>Laurus nobilis</i>	Laurier sauce	Laurus	Lauraceae
92	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Magueritte	Leucanthemum	Asteraceae
93	<i>Ligustrum vulgare</i>	Troène	Ligustrum	Oleaceae
94	<i>Lilium candidum</i>	Lys	Lilium	Liliaceae
95	<i>Lilium longiflorum</i>	Lys	Lilium	Liliaceae
96	<i>Lippia mutiflora</i>	Thé de Gambie	Lippia	Verbenaceae
97	<i>Livistona chinensis</i>	Palmier éventail	Livistona	Arecaceae
98	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Hibiscus piment	Malvaviscus	Malvaceae
99	<i>Mangifera indica</i>	Manguier gouverneur	Mangifera	Anacardiaceae
100	<i>Mentha spicata</i>	Menthe	Mentha	Lamiaceae
101	<i>Mirabilis jalapa</i>	Belle de nuit (Azéhouzô)	Mirabilis	Nyctaginaceae
102	<i>Murraya paniculata</i>	Jasmin	Murraya	Rutaceae
103	<i>Mussaenda philippica</i>	Phillipine	Mussaenda	Rubiaceae
104	<i>Nephrolepis exaltata</i>	Fougère	Nephrolepis	Davalliaceae
105	<i>Nerium oleander</i>	Laurier fleur	Nerium	Apocynaceae
106	<i>Ocimum basilicum</i>	Ocimum	Ocimum	Lamiaceae
107	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Figuier de Barbarie	Opuntia	Cactaceae
108	<i>Orbea variegata</i>	Cactus doux	Orbea	Apocynaceae
109	<i>Orchidée phalaenopsis</i>	Orchidée	Orchidées	Orchidaceae
110	<i>Origanum majorana</i>	Menthe ou oignon	Origanum	Lamiaceae
111	<i>Pachira aquatica</i>	Akwéman / Pachira	Pachira	Malvaceae
112	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Gazon américain	Pennisetum	Poaceae
113	<i>Peperomia obtusifolia</i>	Bois pourpier	Peperomia	Piperaceae
114	<i>Persea americana</i>	Avocatier	Persea	Lauraceae
115	<i>Philodendron hederaceum</i>	Oreille d'âne	Philodendron	Araceae
116	<i>Phyla nodiflora</i>	Verveine	Phyla	Verbenaceae
117	<i>Phyllostachys aurea</i>	Bambou	Phyllostachys	Poaceae
118	<i>Pilea microphylla</i>	Babe de St Antoine	Pilea	Urticaceae
119	<i>Pithecellobium dulce</i>	Campêché	Pithecellobium	Fabaceae

120	<i>Plumbago auriculata</i>	Plumbago	Plumbago	Plumbaginaceae
121	<i>Plumeria obtusa</i>	Frangipanier	Plumeria	Apocynaceae
122	<i>Pogonatherum panicum</i>	Bambou nain	Pogonatherum	Poaceae
123	<i>Polaskia chichipe</i>	Cactus	Polaskia	Cactaceae
124	<i>Polyalthia longifolia</i>	Faux ashoka	Polyalthia	Annonaceae
125	<i>Portulaca grandiflora</i>	Bonjour bonsoir	Portulaca	Portulacaceae
126	<i>Portulacaria afra</i>	Poupiers	Portulacaria	Didiereaceae
127	<i>Pteris cretica</i>	Cretica	Pteris	Pteridaceae
128	<i>Ravenala madagascariensis</i>	Arbre voyageeur	Ravenala	Strelitziaceae
129	<i>Rhapis excelsa</i>	Palmier étoil	Rhapis	Arecaceae
130	<i>Rosa Mister lincoln</i>	Rosier	Rosa	Rosaceae
131	<i>Rosa x-odorata</i>	Rosier	Rosa	Rosaceae
132	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romarin	Rosmarinus	Lamiaceae
133	<i>Roystonea regia</i>	Palmier royal	Roystonea	Arecaceae
134	<i>Ruellia tuberosa</i>	Belle du jour	Ruellia	Acanthaceae
135	<i>Sansevieria cylindrica</i>	Épée de David	Sansevieria	Asparagaceae
136	<i>Sansevieria liberica</i>	Langue de belle mère	Sansevieria	Asparagaceae
137	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Langue de belle mère	Sansevieria	Asparagaceae
138	<i>Schefflera arboricola</i>	Schefflera	Schefflera	Araliaceae
139	<i>Spathiphyllum wallisii</i>	Spathiphyllum	Spathiphyllum	Araceae
140	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	Verveine bleue	Stachytarpheta	Verbenaceae
141	<i>Stenocereus scellatus</i>	Cactus	Cactaceae	Stenocereus
142	<i>Syngonium auritum</i>	Syngonium	Syngonium	Araceae
143	<i>Tecoma capensis</i>	Tecomania	Tecoma	Bignoniaceae
144	<i>Terminalia catappa</i>	Faux colatier	Terminalia	Combretaceae
145	<i>Terminalia superba</i>	Fraké	Terminalia	Combretaceae
146	<i>Thuja occidentalis</i>	Sapin	Thuja	Cupressaceae
147	<i>Thunbergia erecta</i>	Thunbergia	Thunbergia	Acanthaceae
148	<i>Thunbergia grandiflora</i>	Thunbergia	Thunbergia	Acanthaceae
149	<i>Tradescantia pallida</i>	Misère pourpre	Tradescantia	Commelinaceae
150	<i>Tradescantia spathacea</i>	Rhoéo	Tradescantia	Commelinaceae
151	<i>Trifolium purpureum</i>	Trèfle	Trifolium	Fabaceae
152	<i>Verbena bonariensis</i>	Verveine française	Verbena	Verbenaceae
153	<i>Verbena officinalis</i>	Verveine	Verbena	Verbenaceae
154	<i>Washingtonia filifera</i>	Palmier washintonia	Washingtonia	Arecaceae
155	<i>Washingtonia robusta</i>	Palmier washintoria	Washingtonia	Arecaceae
156	<i>Yucca aloifolia</i>	Yucca	Yucca	Asparagaceae
157	<i>Zamioculcas zamiifolia</i>	Zamioculcas	Zamioculcas	Araceae
158	<i>Zephyranthes minuta</i>	Jonquille ou Narcisse	Zephyranthes	Amaryllidaceae
159	<i>Zingiber zerumbet</i>	Hysope fleur	Zingiber	Zingiberaceae
160	<i>Zoysia japonica</i>	Gazon japonais	Zoysia	Poaceae
161	<i>Zoysia tenuifolia</i>	Gazon chinois	Zoysia	Poaceae



Le cèdre des zones sèches (*Pseudocedrela kotschy*) : état des connaissances et perspectives sur sa biologie de conservation (revue systématique)

Tonankpon Aymar Guy DEGUENONVO¹*, Thierry Dèhouégnon HOUEHANOU¹, Rodrigue IDOHOU², Gérard Nounagnon GOUWAKINNOU¹, Armand K. NATTA¹

* Auteur Correspondant

¹ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Université de Parakou

² Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières (LABEF), Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Emails : aymardeg@yahoo.fr ; houehanou@gmail.com ; rodrigidohou@gmail.com ; gougerano@gmail.com ; armand.natta@gmail.com

Reçu le 8 Mars 2023 - Accepté le 16 Juin 2023 - Publié le 30 Juin 2023

Résumé :

Contexte : Le Cèdre des zones sèches (*Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms), originaire de l'Afrique de Ouest et de l'Est, est très important pour les communautés locales en raison de ses multiples utilisations, notamment alimentaires, médicinales, industrielles et technologiques. Toutefois, les connaissances relatives à la biologie de la conservation et la domestication de l'espèce sont très limitées. L'objectif de cette revue systématique est d'exploiter la littérature existante pour évaluer de manière critique les lacunes de connaissances sur la biologie de conservation de *P. kotschy* et en déduire les opportunités de recherches sur l'espèce.

Méthodes : A partir des moteurs de recherche scientifique (Google scholar) et les bases de données (Dimension, Scopus, PubMed, AJOL), les publications relatives aux utilisations, variations des paramètres structuraux et morphologiques, effets des changements climatiques et menaces de l'espèce ont été soumises à une sélection rigoureuse et une lecture critique.

Résultats : L'analyse critique de 224 publications scientifiques retenues, a montré que la littérature existante n'a pas abordé certains aspects cruciaux de la biologie de la conservation et la domestication de l'espèce. Plus précisément, il s'agit des thématiques relatives à l'influence des facteurs biotiques et abiotiques sur la distribution spatiale, la structure, la morphologie, la diversité génétique, les effets des changements climatiques sur les habitats favorables de l'espèce, ainsi que les facteurs influençant l'utilisation de l'espèce. Ces aspects constituent des lacunes de connaissances à combler.

Conclusion et Perspectives : Cette revue de littérature confirme la gamme variée de propriétés phytochimiques, l'importance socioéconomique, la forte valeur d'usage de *P. kotschy* pour les communautés locales et les menaces qui pèsent sur la ressource. Cependant, il est impératif de mener des recherches approfondies sur les facteurs expliquant son utilisation, sa distribution spatiale, sa morphologie, sa structure, sa diversité génétique, ainsi que sur l'impact des facteurs de menace, notamment les changements climatiques.

Mots clés : *Pseudocedrela kotschy*, ethnobotanique, distribution géographique, valeur culturelle, conservation.

The dryland cedar (*Pseudocedrela kotschy*): state of knowledge and perspectives on its conservation biology (systematic review)

Abstract:

Context: The Dryland Cedar (*Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms), native to West and East Africa, holds great importance for local communities due to its diverse applications, including food, medicinal, industrial and technological uses. However, knowledge about the conservation biology and domestication of the species is very limited. The objective of this systematic review is to leverage existing literature to critically assess the knowledge in the conservation biology of *P. kotschy* and deduce the research opportunities concerning the species.

Methods: Using scientific search engines (Google scholar) and databases (Dimension, Scopus, PubMed, AJOL), publications related to the uses, variations in structural and morphological parameters, effects of climate change and threats of the species were subjected to rigorous selection and critical reading.

Results: The critical analysis of 224 selected scientific publications showed that the existing literature has overlooked certain crucial aspects of the conservation biology and domestication of the species. Specifically, this includes themes related to the influence of biotic and abiotic factors on the spatial distribution, structure, morphology, genetic diversity, the effects of climate change on the favorable habitats of the species, as well as the factors influencing the use of the species. These aspects represent critical knowledge gaps that need to be addressed.

Conclusion and Perspectives: This literature review confirms the wide range of phytochemical properties, the socioeconomic importance, the high use value of *P. kotschy* for local communities, while also highlighting the threats faced by the resource. However, it is imperative to conduct in-depth research on the factors explaining its usage, spatial distribution, morphology, structure, genetic diversity, as well as the impact of threat factors such as climate change.

Keywords: *Pseudocedrela kotschy*, ethnobotany, geographical distribution, cultural value, conservation.

1. Introduction

Les forêts subissent une importante dégradation causée principalement par les pressions anthropiques (tels que l'agriculture itinérante sur brûlis, l'élevage extensif, l'exploitation forestière, la collecte du bois de feu et de produits forestiers non ligneux, les feux de végétation) et les changements climatiques (Amoussou et al., 2022; Zida et al., 2020). Des études révèlent que le changement climatique en Afrique aura un impact sur la distribution et l'abondance des espèces (Ramirez-Villegas et al., 2014) et les écosystèmes forestiers (Réjou-Méchain et al., 2021). De plus, entre 20 % et 35 % de la flore tropicale africaine est déjà potentiellement menacée d'extinction (Stévant et al., 2019). En dehors de l'agriculture, de l'élevage, l'exploitation forestière et de la pêche, la collecte des produits forestiers ligneux et non ligneux constitue pour les communautés rurales une source importante de revenus, d'aliments et de médicaments (Mawunu et al., 2018). Parmi les essences de valeur les plus affectées par la pression anthropique figure *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms (Yaoitcha et al., 2016).

P. kotschy est une essence forestière exploitée au même titre que plusieurs autres essences de valeur, mais malheureusement confrontée à des problèmes de régénération (Déguénonvo et al., 2020) du fait des feux

de végétation et des rongeurs qui se nourrissent de la graine. De plus, les graines sont facilement attaquées par les insectes (Lemmens, 2008) et doivent être semées immédiatement après leur récolte car elles perdent leur viabilité. L'insuffisance des informations sur les facteurs environnementaux qui influencent la disponibilité des essences de valeur telle que *P. kotschy* conduit à une méconnaissance des paramètres fondamentaux de la dynamique de l'espèce et, par conséquent, à la prise de décisions inadéquates par les gestionnaires forestiers (Biwolé et al., 2012; Doucet, 2003). Par exemple il convient d'étudier la fluctuation dans le temps du nombre d'individus au sein d'une population avant de décider de son exploitation car la méconnaissance de la dynamique d'une population peut facilement conduire au déclin de l'espèce. L'étude de la dynamique des populations constitue donc un outil majeur pour déterminer les méthodes de conservation qu'il convient de mettre en œuvre.

Face à ces défis, en Afrique, plusieurs études, ont été menées dans le but de valoriser au maximum les valeurs sociale, culturelle et économique que les communautés locales associent à cette espèce. Suivant les problématiques de recherche abordées, les études ont porté essentiellement sur les usages traditionnels ou ethnobotaniques (Gambogou et al., 2018; Mamadou et al., 2020; Singh, 2016), et les propriétés phytochimiques (Elisha et al., 2016). L'attention portée pour l'espèce

s'explique aussi par la spécificité de sa distribution ou sa répartition géographique. La recherche scientifique est également guidée par la connaissance de la ressource et de son utilisation par la population locale. Cependant, ces deux paramètres varient considérablement d'une sous-région à une autre en Afrique, en raison des différences ethniques et dynamique de transfert des connaissances de génération en génération et de la disponibilité de l'espèce (Codjia et al., 2018). En dépit des études suscitées sur l'espèce, les investigations spécifiques sur la biologie de la conservation et la domestication de l'espèce (la taxonomie, l'écologie, la biologie de reproduction, l'ethnobotanique, les variations morphologiques, les effets des changements, les pratiques de gestion du feu, les méthodes endogènes de conservation et de récoltes durables des différentes parties de l'espèce) demeurent non encore élucidées au Bénin.

Cette revue de littérature se propose d'exploiter la littérature existante afin d'analyser de façon critique les gaps de connaissances liés à certains aspects de la biologie de conservation de *P. kotschyi*, tels que ses utilisations et les facteurs qui les déterminent, les variations des paramètres structuraux et morphologiques de ses populations en fonction des facteurs environnementaux et les effets des changements climatiques sur sa distribution. Cette analyse critique permettra d'évaluer le niveau de connaissance scientifique sur la biologie de conservation de l'espèce afin de définir des stratégies durables de sa conservation. En outre, des perspectives de recherche pouvant aider à définir des mécanismes de conservation, de valorisation et de gestion durable de cette ressource ont été formulées.

2. Méthodologie de la revue systématique sur le cèdre des zones sèches

Nous avons recherché la littérature en ligne sur *P. kotschyi* en utilisant le moteur de recherche Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) et les bases de données African Journals Online (www.ajol.info), Scopus (<https://www.scopus.com>), Dimensions (<https://app.dimensions.ai>), PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>) et Science direct (www.sciencedirect.com).

Lors de la recherche, des publications couvrant au moins 20 ans, soit de 2000 à 2022, ont été prises en compte. La technique de recherche a consisté à utiliser des mots-clés et formuler des combinaisons afin d'assurer une collecte exhaustive des documents disponibles sur l'espèce. Nous avons utilisé les termes suivants, ainsi que leurs équivalents en anglais : ethnobotanique, écologie, gestion durable, caractérisation morphologique, caractéristiques structurales, changement

climatique, régénération et menaces, en combinaison avec *P. kotschyi*. La recherche nous a permis d'obtenir un total de 3756 documents scientifiques, que nous avons exportés et sauvegardés au moyen du logiciel de gestion de bases de données «Zotéro». Les doublons ont été supprimés, de même que les livres, monographies et rapports d'étude. Ce premier niveau de tri a permis de retenir un total de 1140 documents. Les résultats de cette recherche ont ensuite été affinés en fonction des thèmes pertinents recherchés sur la biologie de la conservation de l'espèce à travers un screening en quatre étapes fondamentales : (1) vérification de la pertinence de la publication à partir des titres ; (2) lecture des résumés pour sélectionner les sujets qui cadrent avec les thématiques ci-dessus citées ; (3) le téléchargement, la lecture complète des articles et la sélection des plus pertinents et (4) l'extraction des informations, leur analyse et la discussion selon les centres d'intérêts de l'étude.

Au terme du screening, le nombre d'articles scientifiques par moteur de recherche, par pays, par revues, par année et par centre d'intérêts a été dénombré. Ainsi 224 articles scientifiques ont été analysés dans le cadre de la présente étude (Figure 1) et répartis par moteur de recherche comme suit : African Journal on Line (42), Google Scholar (105), Dimension (25) Science Direct (29), Scopus (16) et PubMed (07).

Les informations suivantes ont été compilées sur les publications retenues : (i) journal et titre de la publication ; (ii) mots clés de la publication ; (iii) année de la publication ; (iv) pays de l'étude ; (v) lieu de l'étude dans le pays ; et (vii) aspect(s) abordé(s) dans l'étude. Les aspects abordés ont concerné l'un ou l'autre des thèmes suivants : (1) utilisations traditionnelles ; (2) importance socio-économique ; (3) diversité morphologique ; (4) technique de multiplication ; (5) écologie végétale ; (6) distribution spatiale ; (7) taxonomie ; (8) caractéristiques structurales ; (9) perte d'habitat ; (10) surexploitation ; (11) changement climatique ; (12) propriétés phytochimiques et (13) deux ou plusieurs des aspects susmentionnés.

Une fonction d'autocorrélation a été utilisée pour étudier la variation du nombre de publications par année. En ce qui concerne la distribution spatiale des publications sur *P. kotschyi* en Afrique, elle a été analysée au moyen de la cartographie. Dans le cadre de la détermination de l'aire de distribution de l'espèce, les occurrences ont été téléchargées sur GBIF et traitées avec le logiciel R.4.1.1.

Les manipulations cartographiques ont été faites avec le logiciel QGIS 3.20.0 et les écorégions ont été digitalisés à partir de White (1986).

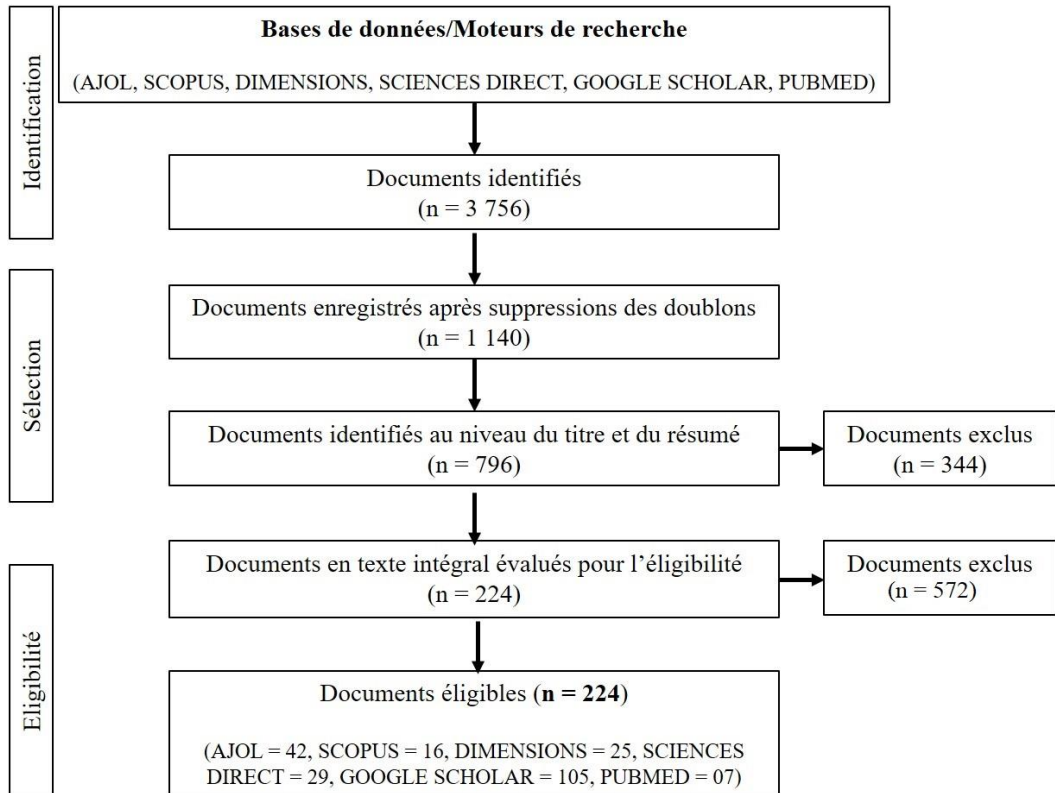


Figure 1 : Diagramme montrant le processus de sélection des 224 articles utilisés pour la revue systématique sur *P. kotschy* / Diagram showing the selection of the 224 articles used for the systematic review on *P. kotschy*

3. Résultats et discussion

3.1. Distribution spatio-temporelle des publications

Les 224 publications provenaient des trois sous-régions (Est, Ouest et Centre) de l'Afrique se trouvant intégralement dans la zone du Centre Régional d'Endémisme Soudanien (White, 1986). En termes de répartition par pays, ces études ont été menées dans 16 pays, principalement le Bénin (n= 51) et le Nigeria (n = 50), le Burkina-Faso (n = 24), le Cameroun (n = 19), le Ghana (n=15) et le Togo (n= 15). (Figure. 2)

Les résultats ont montré que 78,57 % des publications provenaient d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Niger, Burkina Faso, Nigéria, Togo) et ont essentiellement porté sur l'importance socioéconomique et culturelle, l'ethnobotanique et les propriétés phytochimiques. Il y a donc un plus grand effort de recherche dans cette sous-région, par rapport aux autres régions. Par

exemple, environ 71.02 % des publications ont été enregistrées au Bénin, au Nigeria et au Burkina-Faso. Cette tendance pourrait s'expliquer par l'intérêt de la science à comprendre l'importance de l'espèce. Car l'espèce est fortement utilisée en médecine traditionnelle, comme bois d'œuvre et pour la production de charbon de bois (Yaoitcha et al., 2016). Peu de publications provenaient de l'Afrique Centrale (n = 24), de l'Afrique de l'Est (n = 12) et de l'Afrique du sud (n=3). Deux raisons principales pourraient justifier le nombre relativement plus faible de publications dans ces parties de l'Afrique comparativement à l'Afrique de l'Ouest. D'une part, c'est probablement parce que la recherche est guidée par la connaissance de la plante et de son utilisation par la population locale, or ces deux paramètres varient considérablement d'une sous-région à l'autre en Afrique, en raison des différences ethniques et de la dynamique de transfert de connaissances de génération en génération et la disponibilité de l'espèce (Codjia et al.,

2018). D'autre part, cela peut aussi être dû à la distribution ou répartition géographique de l'espèce. La distribution connue de *P. kotschy* montre que la population de l'espèce est plus abondante en Afrique de l'Ouest, qu'en Afrique centrale et orientale (Figure 6).

Malgré le grand nombre de publications enregistrées dans les pays de l'Afrique de l'Ouest, les études basées sur les déterminants de l'utilisation ethnobotanique, la diversité génétique, la diversité morphologique, et l'impact des changements climatiques sur la distribution de l'espèce *P. kotschy* demeurent insuffisantes dans cette zone. Sans ces études, malgré l'abondance relativement élevée de l'espèce aujourd'hui dans ces pays d'Afrique de l'Ouest, les décisions de conservation au profit de l'espèce peuvent être mal orientées. Cela affectera sans doute la disponibilité de la ressource dans ladite zone et par conséquent la ressource peut devenir très rare.

Au cours de la période sur laquelle nous avons effectué les recherches (2000-2022), le nombre d'articles sur les aspects (1) utilisations traditionnelles, (2) importance socio-économique, (3) diversité morphologique, (4) technique de multiplication, (5) écologie végétale, (6) distribution spatiale, (7) taxonomie, (8) caractéristiques structurales, (9) perte d'habitat, (10) surexploitation, (11) changement climatique, et (12) propriétés phytochimiques de *P. kotschy* s'est accru mais avec quelques fluctuations (Figure. 3). Environ 87,5% des articles inclus dans notre revue ont été publiés de 2008 à 2022. Le plus grand nombre d'articles ($n = 22$) a été enregistré en 2020 alors que le plus bas ($n = 1$) en 2001. Malgré cette croissance progressive du nombre de publications au cours des années, très peu de publications ont été enregistrées au cours des années 2000, 2001 et surtout 2021.

La variation du nombre de publications par année a montré des autocorrélations positives significatives entre les nombres d'articles publiés entre deux années consécutives (Figure 4). Le nombre de publications par année a une tendance évolutive.

Les résultats ont montré que les publications sur *P. kotschy* étaient très peu nombreuses entre 2000 et 2008 et portaient essentiellement sur structure de la végétation, menaces (perte d'habitat et surexploitation), effet du feu sur la régénération, les usages pour empoisonner les poissons et la structure diamétrique. Cependant, un regain a été observé progressivement à partir des années 2008, pour les recherches au sujet de l'espèce notamment dans le domaine de l'ethnobotanique, la distribution géographique, l'étude des propriétés médicinales, nutritionnelles et phyto-chimiques de l'espèce. Un accroissement considérable du nombre de publications a été observé au cours de la dernière décennie. Les études ont porté aussi bien sur l'écologie, les usages traditionnels et importance socio-économique et culturelle que sur les techniques de multiplication. Par exemple, parmi les 224 publications recensées sur une période de

22 ans, 75,89% ont été publiés de 2010 à 2020 avec le pic le plus élevé en 2020 où environ 8,92 % publications ont été enregistrées.

3.2. Analyse du nombre de publications suivant les thématiques

Les articles ont également été catégorisés dans cette revue systématique par thématiques ou centre d'intérêt lors du screening (Figure 5). Tous les articles ont été parcourus (résumé, méthodologie et résultats) afin d'identifier les problématiques et les méthodes utilisées et de synthétiser les résultats. Plus de la moitié (52,23%) des études ont porté essentiellement sur les usages traditionnels ou ethnobotaniques, les propriétés phyto-chimiques, et l'importance socioéconomique et culturelle de l'espèce. Par contre très peu d'études ont été faites sur la reproduction de l'espèce. Par ailleurs les aspects liés à la distribution, la morphologie et la structure ont été diversement étudiés à travers les différents pays de l'Afrique.

Suivant les problématiques de recherche, les aspects relatifs à l'ethnobotanique et aux propriétés phytochimiques, l'importance socioéconomique et culturelle ont été étudiés par les pays d'Afrique de l'ouest. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que plus la ressource est disponible mieux les populations acquièrent des connaissances, et mieux encore la recherche scientifique s'y intéresse en élucidant les aspects liés à la conservation ou la valorisation de celle-ci. Le pourcentage de publications relatives aux menaces bien qu'il soit faible, n'est pas négligeable. Cela témoigne de la forte pression que subit l'espèce du fait de sa forte utilisation. Les essences autochtones présentent souvent une forte valeur culturelle pour les peuples en Afrique car leurs organes (feuilles, racine, écorce et bois) sont utilisés pour traiter plusieurs affections (Bent, 2008). Cela induit une importance des études ethnopharmacologiques et phytochimiques des phytoressources autochtones d'Afrique. Ce regain d'intérêt scientifique a fait la lumière sur les utilisations de *P. kotschy* tout en suscitant l'engouement des communautés pour l'usage de *P. kotschy* sous différentes formes. Cependant, les facteurs expliquant la variation des utilisations n'ont pas été étudiés. De même la variation de l'importance culturelle de la ressource n'a pas fait objet d'investigations. En matière de biologie de la conservation et la domestication des ressources autochtones, l'étude de l'ethnobotanique de la conservation est indispensable pour définir des stratégies de conservation et de domestication de la ressource dans son aire de distribution. L'analyse des études de *P. kotschy* dans sa zone d'occurrence révèle donc des lacunes liées aux études ethnobotaniques.

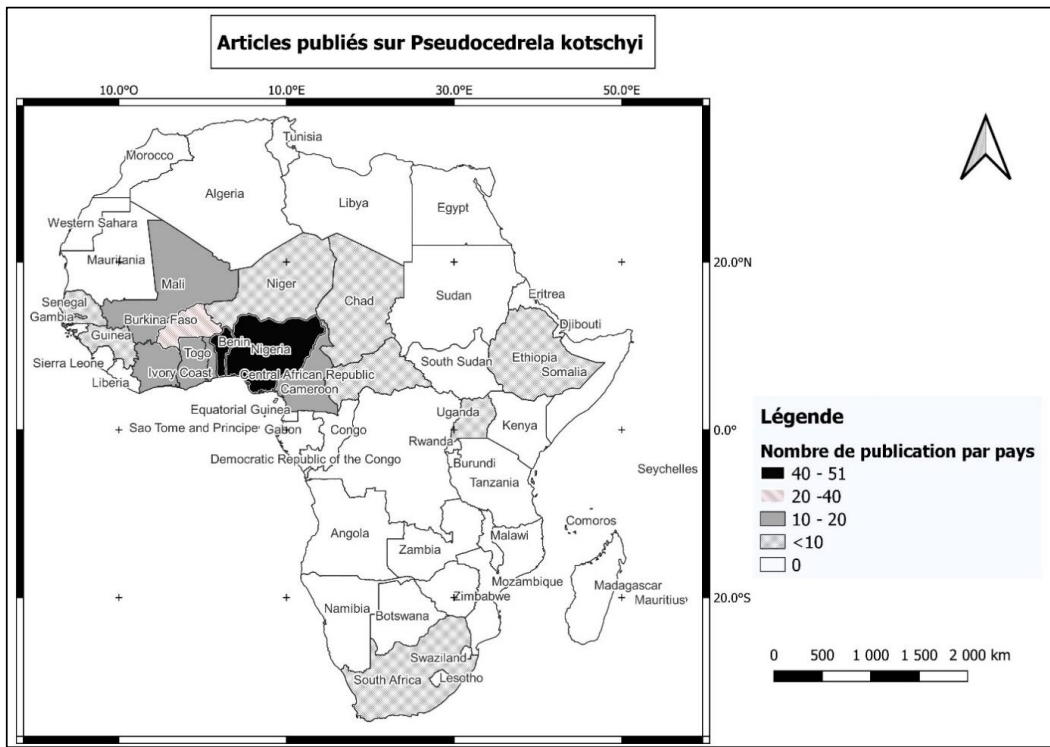


Figure 2 : Distribution des publications sur *Pseudocedrela kotschy* en Afrique / Country distribution of publications on *Pseudocedrela kotschy* in Africa

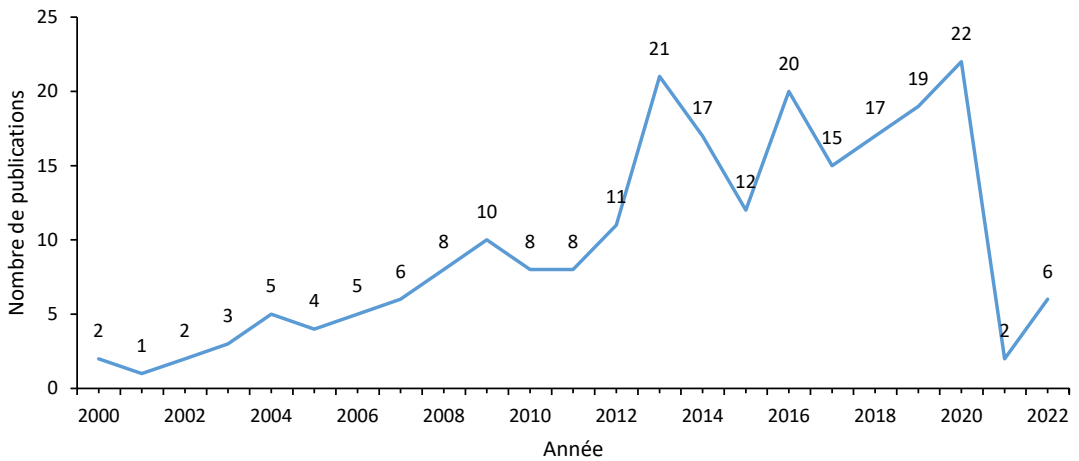


Figure 3 : Variation du nombre de publications suivant les années / Variation in the number of publications over the years

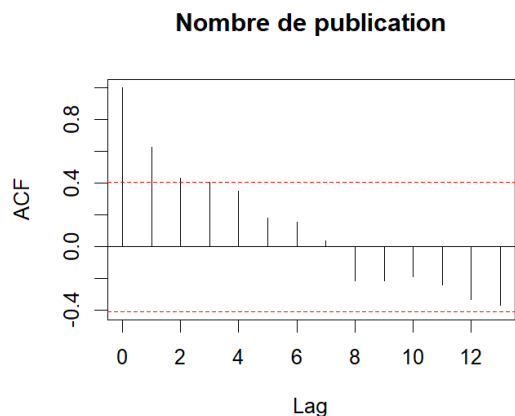


Figure 4 : Autocorrélation entre les nombres de publications par année / Autocorrelation between the numbers of publications per year

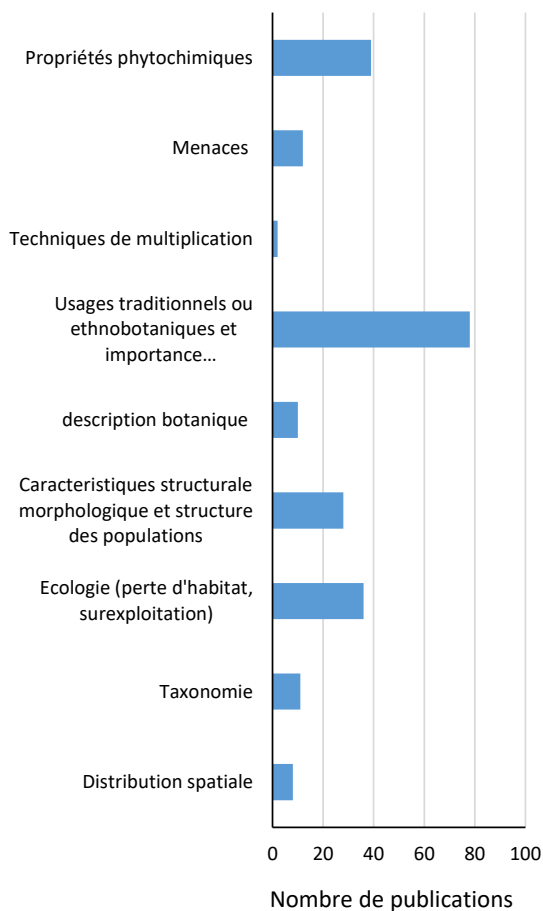


Figure 5 : Variation du nombre de publications suivant les thématiques de recherche / Variation in the number of publications by research topics

3.3. Taxonomie, distribution géographique, description botanique et écologie

Le genre *Pseudoecdrella* est un genre des milieux tropicaux appartenant à la tribu des Swietenieae A. Juss et à la famille des Meliaceae, ordre des Sapindales qui a été découvert en 1895 par Georg August Schweinfurth (Lemmens, 2008). Ce genre est l'un des trois genres endémiques du Centre Régional d'Endémisme Soudanien (Houinato et al., 2001). Il comprend une seule espèce, *Pseudoecdrella kotschy* (Schweinf.) Harms, au même titre que le genre *Vitellaria* (White, 1986). Au plan international et national, la Liste Rouge de l'UICN classe *P. kotschy* dans la catégorie des espèces de préoccupation mineure (LC), (Dissou et al., 2020). Au Bénin, *P. kotschy* fait partie des dix premières espèces prioritaires pour la conservation à cause de leur bois (Akpona et al., 2017) mais ne dispose pas encore d'un statut selon l'UICN et n'est donc pas sur la liste rouge des espèces du Bénin (Adomou et al., 2010).

Elle est une espèce répandue aux zones soudanienne et guinéennes avec une distribution irrégulière, localement commune et grégaire (Arbonnier, 2009; Sabiu et al., 2016) (Figure 6). Elle se rencontre de l'Est du Sénégal à l'Ouest de l'Ethiopie et de l'Ouganda préférentiellement dans les savanes arborées et boisées, jusqu'à 1200 m d'altitude, sur des sols lourds et mal drainés (Shahina, 1989). Elle est aussi observée en zone susceptible d'être inondée (Diarra et al., 2016). Dans les écosystèmes naturels soudano guinéens, les populations de *P. kotschy* présentent une distribution asymétrique positive, caractéristique des stations mono-spécifiques avec une prédominance des jeunes individus (Dossou et al., 2012). Cette forte proportion des individus à petit diamètre dans les écosystèmes savanicoles, traduit une bonne régénération naturelle, une stabilité et un bon avenir pour la population de *P. kotschy* (Mbayngone et al., 2008). Dans le centre du Bénin, Ahouandjinou et al. (2017) ont montré une forte fréquence (80-100%) des individus de *P. kotschy* en savanes arborées et une faible fréquence (20-40%) en savanes boisées avec une densité d'individus adultes relativement faible (2 individus/ha) comparée au Nigéria (3 individus/ha), au Burkina et en Ouganda (4 individus/ha). Au niveau de la population adulte on note fréquemment la mortalité de nombreux pieds de *P. kotschy* dans certains sous-groupements. Cette mortalité survient le plus souvent après l'ébranchage ou le déracinement de ses individus par les éléphants à la recherche de nourriture suivis du passage des feux de brousse. L'action conjuguée des feux de brousse, de la sécheresse et des dégâts des éléphants maintient les populations végétales dans une perpétuelle dynamique de recommencement de la croissance (Ouédraogo et al., 2006). Néanmoins, il a été démontré que les individus de *P. kotschy* ayant un diamètre à hauteur d'homme supérieur à 2,5 cm résistent mieux au passage annuel des feux de végétation (Gbozé et al., 2020). Houinato

et al. (2001) ont aussi identifié *P. kotschy* non seulement comme une espèce tolérante au feu mais qui a aussi besoin du feu pour se maintenir dans l'habitat.

P. kotschy est un arbre monoïque de 6 à 9 m, voire 12 m de haut, à fût droit et cylindrique, à cime étroite et assez dense, avec les feuilles disposées au bout des branches ascendantes (Arbonnier, 2009). Les individus couramment rencontrés sont de petites tailles (6 à 9 m de hauteur) à cause des dommages causés par le feu (Moussilimi et al., 2022). L'écorce est profondément et longitudinalement crevassée, grise (Figure 7C), avec une tranche externe de couleur brune veinée et une tranche interne rouge veinée. Les rameaux sont épais, liégeux, pubescents devenant glabre, brun clair à gris. L'espèce a des feuilles (Figure 7B) plus ou moins pubescentes aux marges ondulées et souvent disposées en touffes terminales des branches (Akoègninou et al., 2006). Les feuilles sont alternées, imparipennées, pubescentes, à 4-8 paires de folioles alternes ou subopposées, oblongues lancéolées à oblongues elliptiques, de 5-15 x 2-6 cm, à bord irrégulièrement sinueux ou denté (dents arrondies) très caractéristique (Arbonnier, 2009). Elle possède des fleurs (Figure 7B) unisexuées, de couleur blanche apparaissant entre février et avril et des fruits (Figure 7A) en capsules ligneuses apparaissant entre janvier et juillet (Akoègninou et al., 2006). La floraison a eu lieu en saison sèche courant février à avril de chaque année (Yedomonhan et al., 2009). Le bois du *P. kotschy* est de couleur brun-rouge, strié de noir, dur et durable, facile à travailler et apprécié pour menuiserie et outils (Akoègninou et al., 2006).

P. kotschy est une espèce à reproduction par graine et / ou par bouturage (Deguenonvo et al., 2020). Les modes de dispersion des graines de l'espèce sont principalement l'anémochorie (dispersion par le vent) et parfois la zoochorie puisque l'espèce est fortement appréciée par les éléphants. L'espèce n'a pas de parasite particulier. Seule une espèce d'insecte coléoptère s'attaque aux graines mûres qui tombent sous l'arbre pouvant permettre sa régénération. Les arbres sont très résistants et survivent aux feux annuels, comme l'a montré un essai à long terme mené dans le centre de la Côte d'Ivoire (Aweligiya, 2019). En Ouganda, on a observé une régénération souvent intense lors de la saison des pluies, ce qui a permis d'avancer que les feux de la saison sèche amélioreraient la germination des graines (Meunier et al., 2008). Par ailleurs, on a également signalé au Sud du Burkina Faso que les graines étaient détruites par le feu et que dans les endroits régulièrement brûlés la régénération se limitait aux drageons (Rayaisse et al., 2015). Elle est observée en association avec *Lophira lanceolata*, *Terminalia laxiflora*, *Crossopteryx febrifuga*, et *Daniellia oliveri* en savane boisée (Atsri et al., 2020), avec *Terminalia mollis*, *Pteleopsis suberosa*, *Detarium microcarpum*, *Combretum*

adenogonium, *Crossopteryx febrifuga* et *Gardenia ternifolia* sur des sols relativement profonds, et avec *Monotes kerstingii* et *Parinari curatellifolia* dans les bas-fonds (Rayaisse et al., 2015). Au Bénin, *P. kotschy* pousse généralement dans des peuplements relativement purs et souvent en association avec *Terminalia macroptera* (Assédé et al., 2012). *P. kotschy* est communément connu sous le nom de « Cèdre des zones sèches ou acajou de cèdre dur en français ». Les noms locaux sous lesquels on identifie l'espèce dans sa zone d'occurrence sont renseignés dans le tableau 1.

3.4. Usages et valeurs socioéconomiques

3.4.1 Usage alimentaire

Plusieurs études ont rapporté l'usage alimentaire des jeunes pousses de *P. kotschy* (Adekunle & Odukoya, 2006; Akande & Hayashi, 1997; Djagoun et al., 2010; Kolapo et al., 2008). L'usage alimentaire le plus connu du *P. kotschy* est l'usage des jeunes branches/tige sous forme brosse végétale en Afrique de l'Ouest (Kassim et al., 2009; Akande & Hayashi, 1997; Asase & Oteng-Yeboah, 2012a). Des études ont montré que ces jeunes bois ont des propriétés antimicrobiennes contre la flore microbienne des bouches telles que *Staphylococcus aureus* et *S. auricularis*, (Ayo et al., 2010; Kassim et al., 2009), *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, *Microsporum gypseum* et *Trichophyton metagrophytes* (Adekunle & Odukoya, 2006). Cependant, il a été rapporté que d'autres parties telles que les racines de la plante sont aussi utilisées comme brosse végétale au Nigéria et au Burkina Faso (Kassim et al., 2009; Tapsoba & Deschamps, 2006). Malgré la documentation de l'usage alimentaire, l'analyse critique des études enregistrées dans cette revue de littérature, révèle l'absence des études de l'impact de l'exploitation des organes à des fins alimentaires sur les populations de l'espèce. De pareilles études sont au cœur de la biologie de la conservation des ressources naturelles et sont indispensables pour définir des stratégies de gestion durables

3.4.2 Usage médicinal

Les organes (feuilles, racines, écorce) de *P. kotschy* sont très sollicités en médecine traditionnelle béninoise pour traiter les œdèmes, les dermatoses, la stérilité féminine, l'ascite, l'incontinence et les convulsions (Akoègninou et al., 2006). Les études de Bothon et al., (2013) au Bénin ont aussi montré un effet hypoglycémique du *P. kotschy*. Ce qui lui confère des propriétés antidiabétiques. Une infusion à base de poudre de racines de l'espèce est utilisée pour traiter la cirrhose du foie en Ouganda (Lemmens, 2008).

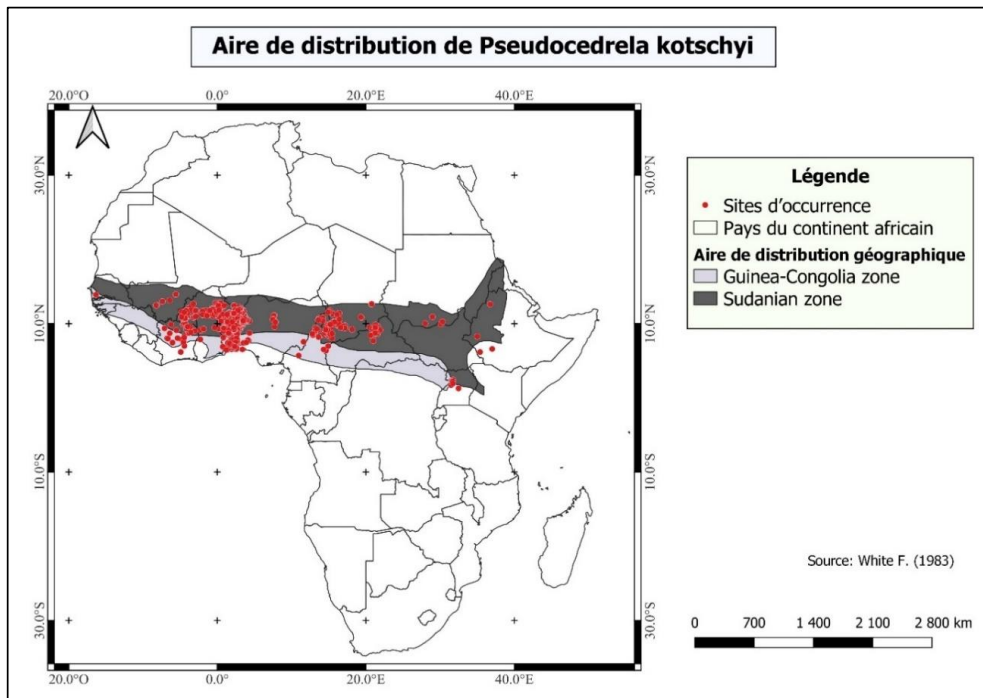


Figure 6: Aire de distribution géographique du *Pseudocedrela kotschy* dans ses pays d'occurrence / Distribution range of *Pseudocedrela kotschy* in its occurrence countries
 Source : African Plant Database / Conservatory and Botanical Garden; GBIF ; White (1986)

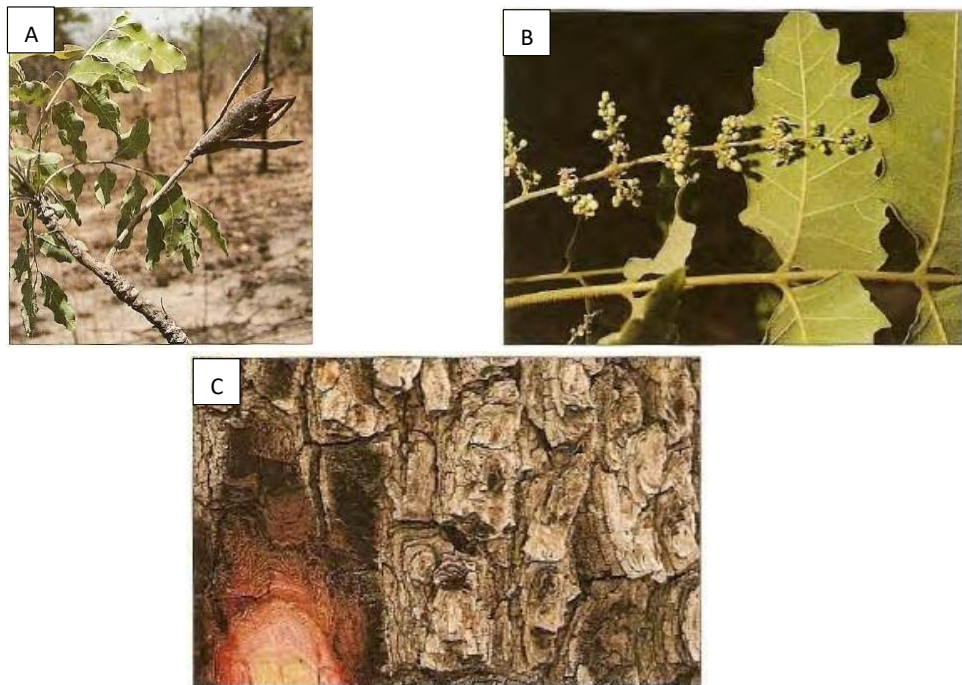


Figure 7 : A : Fruits secs ouverts de *Pseudocedrela kotschy*, B feuille pennée de *P. Kotschy*, C : Tronc et écorces de *P. kotschy*, (Photo: Déguénonvo, 2022) / A: Open dried fruits of *Pseudocedrela kotschy*, B: pinnate leaf of *P. kotschy*, Flowers, C trunk of *P. kotschy*. (Photo: Déguénonvo, 2022)

Tableau 1 : Usages médicinaux de *P. kotschy* : affections traitées, mode d'emploi et noms locaux par ethnie / Medicinal uses of *P. kotschy*: treated diseases, method of use and local names of *P. kotschy* in some countries of occurrence

Pays	Organe de <i>P. kotschy</i>	Affections traitées	Mode d'emploi	Ethnie	Nom local	Références
Médecine vétérinaire						
Bénin	Ecorce	Production du lait chez les bovins	Décoction administrée en 7 jours	Bariba	Bisumbu	Noudèkè et al. (2017)
	Ecorce	Maladie de Newcastle	Macération administrée à volonté jusqu'à guérison	Fon	Atindokpé	
	Ecorce	Pasteurellose Bovine	Décoction : 1L adultes et 1/2 L jeunes, 1 fois /jour, pendant 3 jours	Agou	Awocha	
	Ecorce	Tétanie d'herbage	Décoction : 2 L adultes et 1 L jeunes, 1 fois /jour, pendant 3 jours	Ani	n'chéré	
Médecine humaine						
Bénin	Racine	Peau, ulcère, maux de ventre, paludisme, maux de tête, hernie, règle irrégulier, gale, hypertension, kyste, trouble digestive, convulsion	Infusion à boire deux fois par jours	Nago	Tchaguidi,	Yaoitcha et al. (2016)
	Feuille			Berba	Lassanhi	Yédomonhan et al. (2017)
Burkina Faso	Ecorce	Hémorroïdes, fatigue, douleurs dentaires	Décoction, macération	Idaatcha	Tchaklikli	
	Feuille			Kotokoli	Kobèdè	
Côte d'ivoire	Racines, feuilles	ulcère, carie dentaire, parasites gastro-intestinaux (<i>Haemonchus contortus</i>)	Boisson, massage, brosses	Gourmantshé	Lissinsilé	Gboze et al. (2020); Koné et al. (2005)
				Tiéfo et Dioula	Kurugbè	
Ghana	Ecorce	Paludisme	Infusion a boire deux fois par jours	Wale	Kpela	Asase et Oteng-Yeboah (2012)
Mali	Racine, Ecorce	Dysmenorrhea, maux de ventre, hernie, paludisme, douleurs	Décoction Broyer	Bamanan	Sezan, Lombo	Ahua et al. (2007)
Nigeria	Tige racine	Paludisme Infection se la peau; maux de dents; Antioxydant	Infusion à boire	Yoruba	Emi-gbegiri	Singh (2016) Elisha et al. (2016)
Niger	Feuille	Dysenterie				
Togo	Ecorce	Rhumatisme Fievre	Poudre et décoction de la racine Décoction des feuilles	Haoussa	Touna	Mamadou et al. (2020)
	Racine	Thyphoïde				
Togo	Racine	Parasite gastro-intestinal ; dysenteriediarrhée, maux de ventre ;	Poudre et décoction de la racine Décoction des feuilles	Tem	Ditoré	Gambogou et al. (2018) Tchacondo et al. (2011)
	Feuille	fatigue générale, faim, insomnie, allergie, vomissement, palpitation,				
Guinée Konakry	Ecorce	Maux de ventre	Infusion			Baldé et al. (2014)
Mali	Racine	Dysmenorrhea, maux de ventre, hernie, paludisme, douleurs	Infusion Broyer			Ahua et al. (2007)
Sénégal	Ecorce	Poux Démangeaisons Boutons	Infusion aqueuse de l'écorce pour bain corporel ou pour humectation sur les plaies ou boutons.			Gning et al. (2013)

Au sud-Ouest du Nigéria, les feuilles, l'écorce et les racines sont utilisées dans le traitement du paludisme par décoction et par infusion (Singh, 2016; Elisha et al., 2016). Les feuilles et l'écorce sont utilisées pour le traitement de la dysenterie et le rhumatisme au Togo, Niger et au Nigéria (Gambogou et al., 2018; Mamadou et al., 2020; Singh, 2016).

En médecine vétérinaire, la décoction de l'écorce de *P. kotschy* en combinaison avec les écorces d'autres plantes est utilisée pour le traitement efficace de la Trypanosomiase bovine, la Pasteurellose bovine, les Helminthiases, Péripleurite Contagieuse Bovine (Noudèkè et al., 2017; Ogni et al., 2014). Les feuilles sont aussi utilisées pour nourrir le bétail (Burkill, 2004). *P. kotschy* présente une forte valeur culturelle pour les peuples en Afrique car les organes de la plante (feuilles, racine, écorce et bois) sont utilisés pour traiter plusieurs affections et pour réaliser des œuvres d'arts. En Côte d'Ivoire, *P. kotschy* fait partie des quatre espèces de plantes à forte valeur culturelle (Gbozé et al., 2020). Au Bénin, une grande priorité culturelle est accordée au *P. kotschy* par les peuples Bariba, Yom et Nago dans le Nord (Agbahossi & Natta, 2013; Heubach et al., 2013). Cependant, la contribution économique de la récolte des organes de *P. kotschy* aux revenus des ménages n'est pas rapportée dans la littérature. Pourtant plusieurs études ont estimé la valeur économique des produits forestiers non ligneux de plusieurs espèces végétales sauvages sur les marchés au Bénin (Codjia et al., 2003). Cela montre que l'estimation de la valeur économique des produits non ligneux tirés de *P. kotschy* reste et demeure un effort de recherche future afin d'élaborer des stratégies de valorisation, de domestication et de conservation durable de l'espèce. De telles études s'avéreront nécessaires pour estimer le coût d'opportunité lié à la conservation et à la domestication de la ressource.

Le tableau 1 présente la synthèse des différents usages médicinaux de *P. kotschy* rapportés par divers auteurs. L'analyse critique de l'état de l'art des connaissances en matière d'usage médicinal montre que de façon analogue à l'usage alimentaire, l'impact de la pression anthropique exprimée par le prélèvement des organes à des fins médicinales, reste encore non élucidé en Afrique de l'Ouest.

3.4.3 Usage du bois

Le bois de *P. kotschy* est apprécié pour les menuiseries, les meubles et l'ébénisterie, de même que pour la construction et l'artisanat. Il intervient aussi dans la construction des maisons, des hangars, des traverses et dans la fabrication des mortiers. Il est également utilisé pour la fabrication des objets aratoires (comme les manches de houes et de haches). En effet, le bois de *Pseudocedrela kotschy* est dur, léger et résistants aux insectes (Kouakou et al., 2020). Tonouéwa et al. (2013) ont montré que le bois est très lourd et est utilisé dans

la fabrication de meubles au Nord-Bénin. En Côte d'Ivoire, *P. kotschy* fait partie des plantes les plus sollicitées dans la sous-catégorie des articles de ménage (Litta et al., 2021). Au Cameroun, *P. kotschy* est utilisé comme bois de feu (Jonathan et al., 2019). Au Bénin, le bois de *P. kotschy* est largement utilisé comme bois d'œuvre, pour la construction, et la production du charbon (Yaoitcha et al., 2016 ; Ahoyo et al., 2018). En milieu malinkés au Sénégal, *P. kotschy* a une importante valeur socio-économique et fait partie des plantes les plus utilisées comme combustible (Gning et al., 2013). Au Tchad, *P. kotschy* est aussi utilisé comme bois de chauffe et dans la construction des cases. Les enquêtes socio-économiques de terrain conduites dans 9 cantons ont révélé une consommation moyenne en bois de chauffe de 1,07 kg / habitant / jour, ce qui représente un besoin annuel de 394 kg / habitant soit 1,12 stères. L'estimation du bois utilisé pour la construction a permis de déterminer un besoin moyen de $0,10 \pm 0,02 \text{ m}^3$ de bois (Madjimbe et al., 2018). De telles études s'avèrent nécessaires pour estimer le coût d'opportunité lié à la conservation et à la domestication de la ressource.

3.5. Techniques de multiplication

Le semis direct et la multiplication végétative sont les meilleures techniques de multiplication du *P. kotschy* (Deguenonvo et al., 2020). Cependant, les graines utilisées doivent provenir des populations naturelles et doivent être bien conservées après le séchage. Ces graines peuvent être immergées dans l'eau chaude et laissées tremper pendant une nuit afin de lever la dormance et améliorer les résultats de la germination (Lemmens, 2008). Elles peuvent être conservées pendant au moins 2 mois dans des récipients hermétiques à l'abri de la chaleur. Etant facilement attaquées par les insectes, il est recommandé de leur adjoindre de la cendre lors du stockage. Quand les conditions sont réunies, les graines de *P. kotschy* ont un taux de germination élevé (84%) avec une durée de germination relativement courte (onzième jour après la mise en terre) (Deguenonvo et al., 2020). Dans le cas de la multiplication végétative, seule la multiplication par bouture de racine a montré un taux de reprise satisfaisant (Deguenonvo et al., 2020). Cependant, le matériel végétal (bouture de racines) doit être issu d'arbres de bonne caractéristique morphologique en tenant compte de la grosseur. En effet, le diamètre des boutures utilisé influence significativement le taux de régénération des boutures (Deguenonvo et al., 2020). Pour obtenir des plants vigoureux et viables, il est recommandé d'utiliser des boutures de racine de diamètre comprise entre 1,5 et 3 cm (Deguenonvo et al., 2020). Cette classe de diamètre est capable de s'enraciner correctement (Quinsavi et al., 2019).

Malgré ce taux de germination élevé par graine et par bouturage racinaire, *P. kotschy* présente une très faible probabilité de régénération (4,1%) dans les

écosystèmes naturels du Bénin (Sokpon et al., 2006). Ceci s'explique par l'attaque des graines par les rongeurs, leur destruction par les feux de végétation et l'effet du piétinement lié au pâturage. Il urge alors de trouver des mécanismes pour mieux maîtriser la multiplication de l'espèce en milieu naturel. L'étude desdits mécanismes n'est pas encore investiguée de façon profonde et peut consister à évaluer les facteurs biotiques et abiotiques influençant la germination et la croissance juvénile en pépinière et en milieu naturel. Cela permettra de développer des stratégies de régénération assistée en milieu naturel et aussi d'accélérer l'installation des populations artificielles de l'espèce en vue de sa conservation et de sa domestication.

3.6. Menaces sur l'espèce

P. kotschy est menacé dans son habitat naturel par plusieurs facteurs dont les actions anthropiques qui sont manifestées par les différents types d'utilisation de la ressource et de son habitat et aussi par l'agriculture itinérante sur brûlis et la pratique des feux de végétation. Au Bénin, il fait partie des plantes vulnérables en déclin dont le peuplement déjà limité est en diminution (Djègo et al., 2011). L'espèce est fréquemment exploitée dans la zone soudanienne pour son rendement élevé en charbon (Yaoitcha et al., 2016) et cette activité constitue aussi une menace majeure sur les populations de la ressource. La restriction de l'exploitation de *P. kotschy* est alors cruciale pour sa conservation durable (Sokpon et al., 2006). Au Burkina Faso, *P. kotschy* est observé avec un dbh supérieur à 2,5 cm et une taille supérieure à 1,5 m seulement dans les aires protégées bordées par une faible population (Paré et al., 2009). Par contre, on note une absence de l'espèce dans les zones non protégées. Cela montre la forte pression des populations locales sur l'espèce hors des zones protégées. Delvaux et al. (2010) ont montré au Bénin que la méthode d'écorage en cercle des espèces d'arbres telles que *P. kotschy* conduit à la mortalité des individus. La gestion durable de l'espèce passe donc par la promotion des méthodes de récolte appropriées sur des individus d'une classe moyenne de diamètre (Delvaux et al., 2010). De même, les éléphants, à la recherche du fourrage, s'attaquent le plus souvent aux individus adultes de *P. kotschy*, en arrachant les écorces des troncs, en ébranchant les rameaux ou en déracinant des individus entiers (Mbayngone et al., 2008).

L'influence des changements climatiques sur les forêts ainsi que la résilience des aires protégées face au changement climatique en Afrique a fait l'objet d'investigations dans plusieurs pays (Hartley et al., 2015; Masumbuko & Somda, 2014; Tabet & Benderradji, 2008). Mais de façon spécifique, les effets des changements climatiques sur la reproduction ou la régénération de *P. kotschy* n'ont pas encore été explorés. Néanmoins, Tonouewa et al. (2013) ont montré que les changements climatiques ont une influence sur les

paramètres physico-technologiques (comme l'infra densité, les retraits et la teneur en humidité d'usage) des bois tels que *P. kotschy* au Nord Bénin.

Au plan international et national, la Liste Rouge de l'UICN classe *P. kotschy* dans la catégorie des espèces de préoccupation mineure (LC), (Dissou et al., 2020). Bien que l'espèce ne soit pas menacée, certaines utilisations portant sur ses organes vitaux (racines, écorces et feuilles) sont préjudiciables à sa biologie de la conservation, surtout qu'elle fait partie des espèces forestières qui ne bénéficient d'aucune stratégie de conservation endogène dans les terroirs villageois (Lawin et al., 2016).

4. Gaps et perspectives

La présente synthèse bibliographique contribue à dresser le bilan des connaissances existantes sur la taxonomie, la distribution géographique, la description botanique, l'usage et la valeur socioéconomique, la reproduction et les menaces de l'espèce *P. kotschy*. Il s'agit d'une analyse critique qui vise à mettre en exergue les domaines d'études suffisamment bien documentés et ceux qui méritent des efforts de recherches futures. Ainsi, la revue de littérature confirme la gamme variée de propriétés phytochimiques, l'importance socioéconomique et la forte valeur d'usage de *P. kotschy* pour les communautés locales. De même cette revue met en relief les menaces qui pèsent sur cette ressource. Cependant, il existe un véritable gap de connaissance dans la littérature scientifique en ce qui concerne la biologie de la conservation et la domestication de l'espèce.

De façon spécifique les études relatives aux facteurs expliquant l'utilisation de l'espèce, l'influence des facteurs biotiques et abiotiques sur la distribution spatiale, la morphologie et la structure des populations de l'espèce, la diversité génétique et l'évaluation de l'impact des facteurs de menace sur les populations de l'espèce ainsi que les effets des changements climatiques sur l'espèce en générale constituent des gaps de connaissances à combler. La maîtrise de ces informations est très importante pour prendre des décisions pour la domestication et la conservation des populations et des habitats favorables actuels et futurs de l'espèce dans les écosystèmes naturels. Les futurs axes de recherche doivent donc chercher à élucider ces paramètres pour assurer une conservation in-situ et ex-situ, à long terme de *P. kotschy* dans son habitat.

Cette revue de littérature a aussi confirmé l'absence de l'espèce dans les écosystèmes agroforestiers et les jardins de case. Il est donc important de promouvoir les avantages liés à l'association de cette espèce avec les cultures vivrières dans les exploitations agricoles. Il faudra démontrer les capacités de fertilisation du sol et de lutte contre l'érosion par le *P. kotschy* qui pourrait

permettre de relever les défis liés à la restauration des terres en Afrique pour une agriculture durable.

Des projections à long terme doivent être réalisées sur la dynamique des peuplements de l'espèce face aux variabilités climatiques. De plus, il existe très peu d'information dans la littérature sur les valeurs d'usages des fruits de *P. kotschy*. Ainsi, les études ethnobotaniques et morphologiques orientées sur la biologie de la reproduction de l'espèce doivent chercher à découvrir les propriétés médicinales des fruits en isolant et en caractérisant les composantes actives qui pourraient agir contre les activités microbiennes. Ceci permettrait de réduire la pression sur les autres organes convoités pour leurs vertus thérapeutiques. Aussi, à part l'usage des tiges comme brosse végétales, aucune autre forme d'usage alimentaire n'a été décrite dans la littérature. Pourtant, les feuilles pourraient renfermer d'importants éléments nutritifs et d'oligo-éléments bénéfiques pour l'organisme humain ou même pour le bétail. La domestication de cette espèce agroforestière pourrait contribuer à l'amélioration du niveau de vie des paysans et à la conservation des écosystèmes.

Cependant, la domestication passe par des études génétiques. Pourtant, les informations génétiques et génotypiques du *P. kotschy* sont quasiment absentes dans les banques de gènes. La seule étude génétique menée par Styles & Vosa (1971) sur la famille des Meliaceae a permis d'estimer le nombre de chromosomes présents dans *P. kotschy* à 28. Ainsi, le manque d'information sur la génétique de l'espèce représente un frein pour sa culture et surtout pour la sélection, l'amélioration des morphotypes et la création de variétés. L'analyse de la distribution écologique et géographique de la diversité génétique basée sur les techniques moléculaires devrait aider à accroître les connaissances sur les formes génétiques de *P. kotschy*. En effet, les analyses morphologiques et biochimiques disponibles sur l'espèce pourraient ouvrir le chemin aux études génétiques et moléculaires, et accélérer les traits d'identification et la sélection des meilleurs morphotypes pour leurs cultures.

5. Conclusion

Cette revue systématique a révélé que l'espèce *Pseudocedrela kotschy* a une importance socioéconomique et écologique significative, notamment en raison de sa large gamme de propriétés phytochimiques et de sa valeur pour les communautés locales. Cependant, il existe encore des lacunes dans les connaissances scientifiques, en particulier en ce qui concerne la biologie de la conservation, la domestication de l'espèce, et l'impact des facteurs de menace et des changements climatiques sur l'espèce. Les recherches futures devraient donc se concentrer sur ces domaines, en utilisant des techniques moléculaires pour explorer la diversité génétique de l'espèce et pour aider à la sélection et l'amélioration des morphotypes pour leur culture. De plus, étant donné

que l'espèce est absente des écosystèmes agroforestiers et des jardins de case, il serait bénéfique de promouvoir les avantages de l'association de cette espèce avec les cultures annuelles dans les exploitations agricoles. Cela pourrait non seulement contribuer à la conservation des écosystèmes, mais aussi améliorer le niveau de vie des agriculteurs.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	Déguénonvo T.A.G.
Collecte des données	Déguénonvo T.A.G.
Analyse des données	Déguénonvo T.A.G., Houéhanou T.D., Idohou R.
Acquisition de financement	Deguenonvo T.A.G.
Méthodologie	Houéhanou T.D., Idohou R., Gouwakinnou G.N.
Gestion du projet	Déguénonvo T.A.G.
Supervision	Houéhanou T.D., Gouwakinnou G.N., Natta A.K.
Rédaction manuscrit initial	Déguénonvo T.A.G., Houéhanou T.D., Idohou R., Gouwakinnou G.N.
Révision et édition manuscrit	Déguénonvo T.A.G., Houéhanou T.D., Idohou R., GG, Natta A.K.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adekunle, A.A. and Odukoya, K.A. (2006). Antifungal Activities of Ethanol and Aqueous Crude Extracts of Four Nigerian Chewing Sticks. *EthnoBotanical Leaflets* 10: 24 -40 <http://www.siu/-ebl/leaflets>
- Adomou C. 2010. Aperçu sur la flore du Bénin. In Sinsin B. & Kampmann D. (eds) Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome 1: Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main. Pp 144-150.
- Agbahossi, J., & Natta, A. (2013). Forêts sacrées et conservation de la biodiversité au Bénin : Cas des forêts sacrées de Glazoué et de Ouèssè. Université de Parakou.
- Ahouandjinou, S. T. B., Yédomonhan, H., Tossou M., Adomou A. & Akouegninou A. (2017). Diversité floristique et caractérisation structurale de la réserve forestière de Ouoghi en zone soudano-guinéenne (Centre-Bénin). *European Scientific Journal*, 13 (12) : 400 - 423. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p400>

- Ahoyo, C.C.; Houehanou, T.D.; Yaoitcha, A. S.; Prinz, K.; Assogbadjo, A. E.; Adjahossou, C.S.G.; Hellwig, F.; Houinato, M.R.B. (2018). A quantitative ethnobotanical approach toward biodiversity conservation of useful woody species in Wari-Marô forest reserve (Benin, West Africa). *Environment, Development and Sustainability*, 20 (5):2301–2320, <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9990-0>.
- Ahua, K. M., Ioset, J.-R., Ioset, K. N., Diallo, D., Mauël, J., & Hostettmann, K. (2007). Antileishmanial activities associated with plants used in the Malian traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 110(1), 99-104. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.09.030>
- Akande J.A., and Hayashi Y. (1997). Potency of extract contents from selected tropical chewing sticks against *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus auricularis*. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 14: 235-238
- Akoègninou A., Van der burg W. J., Van der maesen L. J. G., Adjakidjè V., Essou J. P., Sinsin B., & Yédomonhan H. (2006). Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers: Leiden, the Netherlands. 1034 p.
- Akpona, T. J. D., Assogbadjo, A., Fandohan, B., & Kakaï Glèlè, R. (2017b). Inventory and multicriteria approach to identify commercial timber species for priority conservation in Benin. *Bois et forêts des tropiques*, 333(3), 5-16. <https://doi.org/10.19182/bft2017.333.a31461>
- Amoussou, B. E. N., Idohou, R., Glèlè Kakaï, R., Dauby, G., & Couvreur, T. L. (2022). Impact of end-of-century climate change on priority non-timber forest product species across tropical Africa. *African Journal of Ecology* 00: 1-13. <https://doi.org/10.1111/aje.13034>
- Arbonnier, M. (2009). Arbres arbustes et lianes des zones sèches d’Afrique de l’Ouest. Editions Quae. ISBN: 9782759203321. <http://digital.casalini.it/9782759203321>
- Asase, A., & Oteng-Yeboah, A. A. (2012). Plants used in Wechiau community hippopotamus sanctuary in Northwest Ghana. *Ethnobotany Research & Applications* 10: 605-618.
- Assédé, E. P., Adomou, A. C., & Sinsin, B. (2012). Relationship between stand regime and population structure of *Pseudocedrela kotschy* (Meliaceae) and *Terminalia macroptera* (Combretaceae) in the Biosphere Reserve of Pendjari (Benin, West Africa). *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4(12), 427-438
- Atsri H.K., Kokou K., Abotsi K.E., Kokutse A.D., Cuni-Sanchez A. (2020). Above-ground biomass and vegetation attributes in the forestsavannah mosaic of Togo, West Africa. *Afr J Ecol.* 58(4) : 733– 745.
- Aweligiya, G. A. (2019). Validation of herbal medicine (luwine) for the control of african swine fever in upper east region of Ghana. Master thesis. <http://41.66.217.101/handle/123456789/2594>
- Ayo R.G., Audu O.T., Ndukwe G.I. and Ogunshola A.M. (2010) Antimicrobial activity of extracts of leaves of *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms. *African Journal of Biotechnology* 9(45),7733-7737. <https://doi.org/10.5897/AJB10.778>
- Baldé A.M., Traoré M.S., Diallo M.S.T., Baldé E.S., Huang Y., Liu Z., Oularé K., Barry M.S., Baldé M.A., Camara A., Berghe D.V., Vlietinck A., Pieters L. (2014). Ethnobotanical survey, antimicrobial and anticomplement activities of Guinean medicinal plants traditionally used in the treatment of inflammatory diseases in Conakry and Dubreka. *Journal of Plant Sciences*, 3(1-2): 11-19
- Bent, S. (2008). Herbal medicine in the United States: Review of efficacy, safety, and regulation. *Journal of general internal medicine*23(6):854-859.
- Biwolé, A., Bourland, N., Daïnou, K., & Doucet, J.-L. (2012). Définition du profil écologique de l’azobé, *Lophira alata*, une espèce ligneuse africaine de grande importance : Synthèse bibliographique et perspectives pour des recherches futures. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(2) : 217-228.
- Bothon, F. T. D., Debiton, E., Avlessi, F., Forestier, C., Teulade, J.-C., & Sohounhloue, D. K. C. (2013). In vitro biological effects of two anti-diabetic medicinal plants used in Benin as folk medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13:51. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-51>
- Burkill, H. M. (2004). The Useful Plants of West Tropical Africa, Volume 6: General Index. In *Royal Botanic Gardens, Kew*.
- Codjia, J. T. C., Assogbadjo, A. E., & Ekué, M. R. M. (2003). Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales forestières alimentaires du Bénin. *Cahiers agricultures*, 12(5), 321-331.

- Codjia, S., Aoudji, A., Koura, K., & Ganglo, J. C. (2018). Systèmes Agroforestiers A *Garcinia Kola* Heckel Au Sud-Est Du Bénin: Distribution Géographique, Connaissances Endogènes Et Retombées Financières. *European Scientific Journal*, 14(12), 188. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n12p188>
- Deguenonvo, A. G., Dossou, J., & Idohou, R. (2020). Aptitude à la multiplication de *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms par graines et par boutures de tige et de racine au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(7): 2506-2516. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i7.11>
- Delvaux, C., Sinsin, B., & Damme, P. V. (2010). Impact of season, stem diameter and intensity of debarking on survival and bark re-growth pattern of medicinal tree species, Benin, West Africa. *Biological Conservation*, 143: 2664–2671. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.07.009>
- Diarra, M. L., Mariko, M., Mbaye, M. S., & Noba, K. (2016). Plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du paludisme à Bamako (Mali). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4): 1534-1541. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.7>
- Dissou, F., Adjakpa, J. & Weesie P.D.M. (2020). Perceptions des populations locales sur l'état de la phytodiversité dans le sous-bassin versant de la rivière Kossi dans les communes de Dassa-Zoumé et de Glazoué au Centre Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 14(9): 3200-3214. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.18>.
- Djagoun, C., Glèlè Kakaï, R., Konnon, D., Sewade, C., Kouton, M., Bonou, W., Gouwakinnou, G., & Fandohan, B. (2010). Potentiel des ressources végétales forestières alimentaires et médicinales de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur et N'Dali au nord Bénin. *Fruit Vegetable, Cereal Science and Biotechnology* 4(1) : 47-54
- Djago J., Djago-djossou S., Cakpo Y., Agnani P., et Sinsin B., (2011). Evaluation du potentiel ethnobotanique des populations rurales au Sud et au centre du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(4): 1432-1447. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i4.10>
- Doucet, J.-L. (2003). *L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon* [PhD Thesis]. Thèse de doctorat: Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. 390 pages.
- Dossou, M. E., Houessou, G. L., Loughégnon, O. T., Tenté, A. H. B., & Codjia, J. T. C. (2012). Etude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin. *Tropicultura*, 30(1) : 41-48.
- Elisha, J. J., Agbaji, E. B., Nuhu, A. A., & Abachi S.E. (2016). An ethnobotanical survey of medicinal plants or preparations sold in markets of Zaria, Kaduna State, Nigeria. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(4): 5-26.
- Gambogou, B., Mensah, R. T., Djeri, B., Kangni, M. D., Karou S.D., & Ameyapoh Y.A. (2018). Assessment of knowledge and consumption patterns of garlic and the use of phytotherapy/aromatherapy in treatment of diseases in Togo. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 7(19): 1363-1375. <https://doi.org/10.20959/wjpr201819-13813>
- Gbozé, A. E., Sanogo, A., Amani, B. H. K., & N'dja, J. K. (2020). Diversité floristique et valeur de conservation de la forêt classée de Badenou (Korhogo, Cote d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 32 (1) : 51 – 73.
- Gning, O., Sarr, O., Gueye, M., Akpo, L., & Ndiaye, P. (2013). Valeur socio-économique de l'arbre en milieu malinké (Khossanto, Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 70(1),:5617-5631. <https://doi.org/10.4314/jab.v70i1.98765>
- Hartley, A., Jones, R., & Janes, T. (2015). Projections relatives aux changements des services écosystémiques face au changement climatique. *UNEP-WCMC Technical Report*.
- Heubach, K., Wittig, R., Nuppenau, E. A., & Hahn, K. (2013). Local values, social differentiation and conservation efforts: The impact of ethnic affiliation on the valuation of NTFP-species in Northern Benin, West Africa. *Human Ecology*, 41: 513–533. <https://doi.org/10.1007/s10745-013-9592-x>
- Houinato M., Sinsin B., et Lejoly J. (2001). « Impact des feux de brousse sur la dynamique des communautés végétales dans la forêt de Bassila (Bénin) ». *Acta botanica gallica*, 148 (3): 237–251.
- Jonathan, N., Tchobsala, I. A., & Delphine, D. N. (2019). Exploitation and Sustainable Management of the Biodiversity of the Ngaoundéré Cliff (Adamawa-Cameroon). *South Asian Research Journal of Biology and Applied Biosciences*, 1 (4): 93 -103.

- Kolapo A.L., Okunade M.B., Adejumbi J.A., Oguniya M.O. (2008). In vitro antimicrobial activity and phytochemical composition of *Dichrostachys cinerea*. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 2(2): 131-133.
- Kassim O.O., Loyevsky M., Amonoo H., Lashley L.A., Ako-Nai K.A. and Gordeuk V.R. (2009). Inhibition of in vitro growth of *Plasmodium falciparum* by *Pseudocedrela kotschii* extract alone and in combination with *Fagara zanthoxyloides*. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(7) : 698-702.
- Koné, W. M., Atindehou, K. K., Dossahoua, T., & ... (2005). Anthelmintic activity of medicinal plants used in northern Côte d'Ivoire against intestinal helminthiasis. *Pharmaceutical Biology*, 43-1): 72-78. <https://doi.org/10.1080/13880200590903408>
- Kouakou, Y. B., Kougbo, M. D., Konan, A. S., & ... (2020). Usages Traditionnels Et Disponibilité Des Plantes Exploitées Dans L'artisanat Chez Les Populations Koulango Et Lobi De La Périphérie Est Du Parc National National De La Comoé, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* 16 (9) : 1857-7431. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n9p295>
- Lawin, I. F., Laleye, O. A. F., & Agbani, O. P. (2016). Vulnérabilité et stratégies endogènes de conservation des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans les communes de Glazoué et Savè au Centre-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3): 1069-1085. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.14>
- Lemmens, R.H.M.J., 2008. *Pseudocedrela kotschy* (Schweinf.) Harms. In: Louppe, D., Oteng-Amoako, A.A. & Brink, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
- Litta, A. L., Diop, A. L., Kouakou, Y. B., & Malan, D. F. (2021). Étude Ethnobotanique Des Plantes Utilisées Dans L'artisanat Chez Les Agni Du Centre-Est Et Nord-Est De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 17(1), 133-149. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p133>
- Madjimbe G., Goalbaye T., Belem M.O., Ngarikla B. (2018). Evaluation des ressources ligneuses et leur exploitation comme bois de chauffe et de service dans le Département de Barh-kôh au sud du Tchad. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 12(6): 2856-2870. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.30>
- Mamadou, A. J., Douma, S., Inoussa, M. M., Moussa, S., Mahamane, A., Saadou, M. (2020). Diversity, life forms, chorology and uses of spontaneous medicinal plants in Niamey and Tillabéri Regions, Niger Republic. *Journal of Applied Life Sciences International*, 22 (4). pp. 1-17. <https://doi.org/10.9734/jalsi/2019/v22i430134>.
- Masumbuko, B., & Somda, J. (2014). Analyse des liens existant entre le changement climatique, les aires protégées, et les communautés en Afrique de l'Ouest. *PNUE-WCMC technical report*.
- Mawunu M., Julio F., Ndiku L., Ngbolua K., Neinhuis C., Lautenschläger T., Luyeye F. L., Timoteo H.M. (2018). Traditional Knowledge and Skills in Rural Bakongo Communities: A Case Study in the Uíge Province, Angola. *American Journal of Environment and Sustainable Development*, 3 (3)33-45 <http://www.aiscience.org/journal/ajesd>
- Mbayngone, E., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K., & Guinko, S. (2008). Structure des ligneux des formations végétales de la Réserve de Pama (Sud-Est du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 11 :25-34. <https://doi.org/10.21248/fvss.11.4>
- Meunier, Q., R. Bellefontaine et O. Monteuiis (2008). La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda, *Bois et Forêts des Tropiques*, 295 (2),71-82. <https://doi.org/10.19182/bft2008.296.a20387>
- Moussilimi, I. T., Koura, K., Aoudji, A. K., Gbetoho, J. A., Akouhou, G. S., & Ganglo, J. C. (2022). Caractéristiques structurales et écologiques des populations de *Pseudocedrela kotschy* de la forêt de Pénésoulou (Bénin). *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 12(2), 13–26. <https://doi.org/10.56109/aup-sna.v12i2.122>
- Noudèkè, N. D., Dotché, I., Ahounou, G. S., & ... (2017). Inventory of medicinal plants used in the treatment of diseases that limit milk production of cow in Benin. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 4(1), 1–14. <http://doi.org/10.5455/javar.2017.d183>
- Ogni, C. A., Kpodekon, M. T., Dassou, H. G., Boko, C. K., & ... (2014). Inventaire ethnopharmacologique des plantes utilisées dans le traitement des pathologies parasitaires dans les élevages extensifs et semi-intensifs du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 8(3): 1089-1102. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.22>

- Ouedraogo, A., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K., Guinko, S. (2006). Structure du peuplement juvénile et potentialités de régénération des ligneux dans l'Est du Burkina Faso. *Études de la Flore et de la Végétation du Burkina Faso*, 10, 17-24.
- Ouedraogo, I., Sambare, O., Savadogo S., Thiombiano A. (2020). Perceptions locales des services écosystémiques des aires protégées à l'Est du Burkina Faso. *Ethnobotany Research & Applications*, 20:13 (2020) <http://dx.doi.org/10.32859/era.20.13.1-18>
- Ouinsavi, C., Sourou, B., Houètégnon, T., Wédjangnon, A., Dossa, B., Akin, Y., Dossou, J., & Houndjo, M. R. (2019). Effect of cuttings diameter and indol acetic acid on rooting of *Pterocarpus erinaceus* Poir. Stem cuttings. *International Journal of Agroforestry and Silviculture*, 7(10), 1-10.
- Paré S., Tigabu M., Savadogo P. Ode'n P.C. and Ouadba J.M. (2009). Does designation of protected areas ensure conservation of tree diversity in the Sudanian dry forest of Burkina Faso?. *African Journal of Ecology*, 48: 347–360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2009.01113>.
- Ramirez-Villegas, J., Cuesta, F., Devenish, C., Peralvo, M., Jarvis, A., & Arnillas, C. A. (2014). Using species distributions models for designing conservation strategies of Tropical Andean biodiversity under climate change. *Journal for Nature Conservation*, 22(5), 391-404.
- Rayaisse J-B., Salou E., Kiema S., Akoudjin M. Kaba D., Kagbadouno M., Djohan V., Camara M., Dayo G-K., Courtin F., Solano P., Bouyer J. (2015). Tsetse diversity and abundance in Southern Burkina Faso in relation with the vegetation. *Parasitology Research*, 114, 3357-3363 . <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4560-6>
- Réjou-Méchain, M., Mortier, F., Bastin, J.-F., Cornu, G., Barbier, N., Bayol, N., Bénédet, F., Bry, X., Dauby, G., & Deblauwe, V. (2021). Unveiling African rainforest composition and vulnerability to global change. *Nature*, 593(7857), 90-94. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03483-6>
- Sabiu S., O'Neill F.H. and Ashafa A.O.T. (2016). The purview of phytotherapy in the management of kidney disorders: A Systematic review on nigeria and south africa. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 13(5): 38-47. <https://doi.org/doi:10.21010/ajtcam.v13i5.6>
- Shahina G. 1989. Savanna Plants. An Illustrated Guide. Macmillan Publishers Ltd., London, p. 105.
- Singh, D. (2016). Study of ethno-botanical flora of dakingari, kebbi state Nigeria, west tropical Africa. *In International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research*. <https://core.ac.uk/download/pdf/230596841.pdf>
- Sokpon, N., Biaou, S. H., Ouinsavi, C., Hunhyet, O. (2006). Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération. *Bois & Forêts des Tropiques*, 287(287), 45–57. <https://doi.org/10.19182/bft2006.287.a20322>
- Stévert, T., Dauby, G., Lowry, P. P., Blach-Overgaard, A., Droissart, V., Harris, D. J., Mackinder, B. A., Schatz, G. E., Sonké, B., Sosef, M. S. M., Svenning, J.-C., Wieringa, J. J., & Couvreur, T. L. P. (2019). A third of the tropical African flora is potentially threatened with extinction. *Science Advances*, 5(11), eaax9444. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax9444>. P.13
- Styles, B. T., & Vosa, C. G. (1971). Chromosome numbers in the Meliaceae. *Taxon*, 20(4), 485-499.
- Tabet, S., & Benderradji, M. E. (2008). Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière. <http://depot.umc.edu.dz/handle/123456789/4629>
- Tapsoba, H., & Deschamps, J. P. (2006). Use of medicinal plants for the treatment of oral diseases in Burkina Faso. *Journal of ethnopharmacology*, 104: 68-78 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874105005866>
- Tchacondo T., Karou S.D., Batawila K., Agban A., Ouro-Bang'n K., Kokou T., Anani, Gbeassor M., de Souza C. (2011). Herbal Remedies And Their Adverse Effects In Tem Tribe Traditional .Medicine In Togo. *African Journal of Traditionnal, Complementary and Alternative Medecines*, 8(1): 45-60. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i1.60522>
- Tonouewa, M., Gbemavo, C., Ouinsavi, C., Sokpon, N. (2013). Influence des facteurs climatiques sur les caractéristiques technologiques des principaux bois d'œuvre et de service au nord du Bénin. *Annales de l'Université de Parakou, Série "Sciences Naturelles et Agronomie"*, 2(2), 1-8.

- Yaoitcha, A. S., Aboh, A. B., Zoffoun, A. G., Houinato, M., Mensah, G. A., Sinsin, B., & Akpo, E. L. (2016). Potentiel de régénération des chantiers de production du charbon de bois au Centre-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4), 1702-1716. Doi: [10.4314/ijbcs.v10i4.21](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.21)
- Yédomonhan H., Dangboe N. and Houénon H. (2017). Diversity of plants used for oral hygiene in Benin. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 2017; 5(6): 100-108
- Yédomonhan H., Tossou M.G., Akoègninou A., Dèmènou B.B., Traoré D. (2009). Diversité des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne: cas de l'arrondissement de Manigri (Centre-Ouest du Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(2): 355-366.
- Zida, D., Sanou, L., Diawara, S., Savadogo, P., & Thiombiano, A. (2020). Herbaceous seeds dominate the soil seed bank after long-term prescribed fire, grazing and selective tree cutting in savanna-woodlands of West Africa. *Acta Oecologica*, 108, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103607>
- White, 1986. La végétation de l'Afrique : Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Unesco/AETFAT/UNSO, Paris, France: Orstom – Unesco. 391 pages.

Cet article en libre accès est distribué sous une licence Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).

© Le(s) Auteur(s).

La propriété des droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (AUP-SNA) demeure à leurs auteurs. Ils sont libres de partager - copier et redistribuer le matériel sur n'importe quel support ou format.

La Série « Sciences Naturelles et Agronomie » (ISSN : 1840-8494 / eISSN : 1840-8508) des Annales de l'Université de Parakou est publiée par l'Université de Parakou au Bénin.

Publier avec la revue AUP-SNA garantit :

- Une rapidité du processus éditorial grâce à sa gestion entièrement en ligne ;
- Un accès immédiat à votre article dès sa publication en ligne ;
- Un lien durable et permanent à votre article grâce au DOI ;
- Une grande visibilité sur Internet ;
- La conservation des droits d'auteur de votre article ;
- La possibilité de partager votre article dans vos réseaux, sans restriction ;
- Des frais de publications très réduits ;
- Des remises sur les frais de publications pour les évaluateurs de la revue.

The logo for the journal 'SNA' (Sciences Naturelles et Agronomie) consists of the letters 'S', 'N', and 'A' in a bold, green, sans-serif font, spaced out horizontally.

Soumettez votre manuscrit
sur <https://sna.fa-up.bj/>