

ISSN: 2028-991X

Revue Marocaine des
**Sciences Agronomiques
et Vétérinaires**

Volume 11 (2) - Juin 2023

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II,
BP: 6202, Madinate Al Irfane, Rabat 10112, Maroc
www.iav.ac.ma

Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. B.P. 6202, Madinat Al Irfane, Rabat - 10112, Maroc

Dépôt légal: 2011 PE 0060 / ISSN: 2028-991X / e-ISSN: 2550-4401

www.agrimaroc.org

Comité de la Revue

Secrétaire Général du Département de l'Agriculture, Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts

Directeur de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Directeur de la Recherche Scientifique et de la Formation Doctorale, IAV Hassan II

COMITÉ ÉDITORIAL

Éditeur de la revue

Prof. Ahmed BAMOUH, Éditeur en chef, IAV Hassan II,

Éditeurs de rubriques

• Coordinateur du Comité Éditorial, BAMOUH A., Production Végétale • BARTALI E., Ingénierie Agricole • ABDENBI E., Toxicologie Vétérinaire • EL OTMANI M., Horticulture • CHTAINA N., Phytopathologie • BOUCHRITI N., Hygiène Alimentaire • ETTARID M., Ingénierie Topographique • ARABA A., Production Animale • HOSSAINI-HILALI J., Physiologie Animale • KARIB H., Hygiène Alimentaire • OUASSAT M., Anatomie Animale • ALALI S., Pathologie des Ruminants •

ÉVALUATEURS SCIENTIFIQUES

• ABDENBI E. (Toxicologie Vétérinaire) • ACHAÂBAN M.R. (Anatomie Comparée) • AIT EL MEKKI A. (Agro-économie) • AIT HOUSSA A. (Agronomie) • AIT LBACHA H. (Chirurgie des Ruminants) • ABOUSALIM A. (Horticulture) • AFECHTAL M. (Virologie Végétale) • ALAMI IDRISSE N. (Zoologie Agricole) • ALAOUI N. (Agronomie) • ALAOUI L. (Alimentation et Nutrition) • ALALI S. (Pathologies des ruminants) • ARABA A. (Production Animale) • BAALI E.H. (Énergie Agricole) • BAMOUH A. (Agronomie) • BENABDELLAH M. (Agro-économie) • BENAZZI S. (Histologie et Anatomie pathologique vétérinaires) • BENGOUIMI M. (Sciences Camelines) • BELQADI L. (Génétique Végétale) • BERDAY N. (Aquaculture) • BERRADA J. (Microbiologie et immunologie animales) • BIROUK A. (Génétique Végétale) • BOUHACHE M. (Malherbologie) • BOUHALOUA M. (Foresterie) • BOUCHRITIN. (Hygiène et Sécurité Sanitaire des Aliments) • BOUKHLIQ R. (Reproduction Animale) • BOUHIDA M. (Virologie Agricole) • BOUNFOUR M. (Pathologie Végétale) • BOURARACHE-H. (Machinisme Agricole) • BOUSLIKHANE M. (Épidémiologie Vétérinaire) • BOUZOUBAAK. (Pathologie Aviaire) • CAMUS C. (Virologie, Biologie Moléculaire) • CHAIBIA. (Technologie Alimentaire) • CHIKHAOUI M. (Sciences du Sol) • CHENTOUF M. (Reproduction Animale) • CHLYEH G. (Zoologie Agricole) • CHTAINA N. (Pathologie Végétale) • CHAIBI A. (Microbiologie Alimentaire) • DAHANI S. (Hygiène et Sécurité Sanitaire des Aliments) • DAHCHOUR A. (Chimie Agricole) • DERQAOUI L. (Reproduction Animale) • DOUKKALI R. (Agro-économie) • DOUIRA A. (Pathologie Végétale) • DRISSI TOUZANI C. (Pathologie Aviaire) • DUCATEZ M. (Virologie animale) • EL ALLALI K. (Neurobiologie Animale) • EL AMIRI B. (Reproduction Animale) • EL AYACHI M. (Ingénierie Topographique) • EL BERBRI I. (Microbiologie et Immunologie Animales) • EL HAMMOURI B. (Biochimie Environnementale) • EL HOUADFI M. (Pathologie Aviaire) • EL HRAIKIA. (Pharmacologie et Toxicologie Vétérinaires) • ESSARIOUIA. (Pathologie Végétale) • ESSIARI M. (Oléiculture) • ETTARID M. (Ingénierie Topographique) • EZZAHOUANI A. (Viticulture) • FASSI-FIHRI O. (Microbiologie et Immunologie Animales) • FAYE B. (Sciences Camelines) • FELLAHI S. (Pathologie Aviaire) • FILALI-MALTOUF A. (Biologie Moléculaire) • GHAOUTI L. (Génétique Végétale) • GUEROUALI A. (Sciences Vétérinaires) • HALIS O. (Toxicologie Animale) • HAMDANI M. (Chimie Environnementale) • HAMMANI A. (Génie Rural) • HARROUNI C. (Espaces Verts) • HERZENNI A. (Sociologie Rurale) • HORMATALLAH A. (Pesticides) • HMIMINA M. (Zoologie Agricole) • HOUMY K. (Machinisme Agricole) • HOSSAINI-HILALI J. (Physiologie Animale) • ISMAILI ALAOUI M. (Technologie Alimentaire) • JANATI IDRISSE D. (Technologie Alimentaire) • KADIRI A. (Microbiologie et Immunologie Animales) • KARIB H. (Hygiène et Sécurité Sanitaire des Aliments) • KHAYI S. (Biologie Moléculaire, Biotechnologie) • KHALLAYOUNE K. (Parasitologie Animale) • KHEYYALI D. (Aquaculture) • KICHOU F. (Histologie et Anatomie Pathologique Vétérinaires) • KUPER M. (Ressources en Eau) • LAHLALI R. (Pathologie Végétale) • LAMRINI M. (Halieutique) • MAHOU A. (Arboriculture Fruitière) • MAAZOUZ A. (Sciences Vétérinaires) • MAZIH A. (Zoologie Agricole) • MOUAHID M. (Pathologie aviaire) • MOUNIR M. (Sciences Alimentaires) • M'SADAK Y. (Agro-équipements) • NAIMI M. (Sciences du Sol) • NASSIK S. (Pathologie Aviaire) • OUASSAT M. (Anatomie Comparée) • OUCHBANI T. (Biochimie et Industrie Agro-alimentaire) • OUKESSOU M. (Physiologie et Thérapeutique Animales) • RAHMANI M. (Technologie Alimentaire) • RAHMATALLAH N. (Pathologie Aviaire) • ROUCHDI M. (Ingénierie Géodésique) • SAIDI B. (Technologie Alimentaire) • SAHRAOUI N. (Pathologie Aviaire) • SEBARI I. (Ingénierie Topographique) • SEMLALI E-H. (Ingénierie Topographique) • SGHIRI A. (Reproduction Animale) • SKIDMORE J.A. (Reproduction Cameline) • SRAIRI M-T. (Production Animale) • TANJIA. (Malherbologie) • TIBARY A. (Reproduction Animale) • TRIQUI R. (Hygiène et Sécurité Sanitaire des Aliments) • ZAHAR M. (Technologie Alimentaire) • ZOUAGUI Z. (Pathologies des Ruminants) •

Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Volume 11 No 2 - Juin 2023

Sommaire

ÉCONOMIE AGRICOLE ET RURALE

Durabilité écologique des systèmes de culture du riz (*Oryza sativa*) en bas-fonds dans la commune de Malanville, au Nord Bénin

ABIKOU Jérôme Michel, Josué Yisségnon GOUWAKINNOU, Inoussa CHABI SERO, Jacob Afouda YABI..... 159

Analyse de la performance économique des exploitants du périmètre rizicole de Malanville sous divers systèmes de distribution de l'eau

Hervé AGOSSADOU, Pamphile DEGLA, Barnabé AGALATI..... 168

Relations sociales et influence économique dans la chaîne de valeur du lait local au Sénégal

Walter OSSEBI, Aliou Diouf MBALLO, Daouda DAO, Malik OROU SEKO, Djiby DIA, Bassirou BONFOH..... 175

RESSOURCES NATURELLES ET FORESTERIE

Dynamique paysagère et particularités floristiques de la forêt classée de Pouniakélé (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire)

Adama Pagadjovongo SILUE, Konan Edouard KOUASSI, Dramane SORO, Abell Mike KOUAKOU, Dodiomon SORO ...185

Diversité floristique et valeur socio-économique des fruits et légumes-feuilles vendus de la municipalité de Uíge, Angola

M. M. MAWUNU, J. V. KIANGALA, F. M. P. GONÇALVES, J. B. ITEKU, J. K. NGBOLUA, F. L. LUKOKI.....193

Effet de l'amélioration du pâturage naturel par l'introduction de *Chamaecrista rotundifolia* sur les propriétés chimiques du sol, la structure du pâturage, la production de biomasse et le stock semencier du sol

Ouedraogo SOULEYMANE, Lassina SANOU, Ouattara BABA, Sebastien KIEMA.....204

La variation spatiale des pratiques de gestion durable des terres dans les terres de culture de l'Atacora Ouest au Bénin (Afrique de l'Ouest)

A. NAMBIMA, T. D. HOUEHANOU, M. ADJACOU, N. YEHOUENOU, G. GOUWAKINNOU, H. BIAOU.....210

Structure des groupes de primates et leur régime alimentaire dans la forêt sacrée de Kikélé au Bénin

Saba DEWANOU, Hermann TONI, Elie PADONOU, Bruno DJOSSA, Aristide ADOMOU.....217

Profil phytochimique, pharmaco-biologique et cytotoxique des feuilles de *Uvariadendron molundense* (Annonaceae)

R. D. DJOLU, J. K. NGBOLUA, J. B. ITEKU, C. A. MASENGO, D. D. TSHILANDA, P. T. MPIANA.....224

PRODUCTION VÉGÉTALE ET ENVIRONNEMENT

Évaluation de performances agronomiques de nouvelles variétés de cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) introduites dans le bassin cotonnier du Sénégal

Mokho SARR, Babacar NIANG, Abdou TRAORÉ, Ghislain KANFANY, Mamadou Ousseynou LY, Seydou KANE..... 236

PRODUCTION ET SANTÉ ANIMALES

Stratégies alimentaires des poulets de chair basées sur des compléments mis au point au Bénin

E. GANGBEDJI, M. F. HOUNDONUGBO, F. DOKUI, V. P. HOUNDONUGBO, A. F. SOVISSI, K. TONA..... 242

Relation entre les métabolites secondaires de *Genista aspalathoides* et la production de méthane *in vitro* chez les caprins

Oumayma HAMMAMI, Houcine SELMI, Ali FERCHICHI..... 248

PÊCHE ET HALIEUTIQUE

Régime alimentaire des poissons de la rivière Lomami, RD du Congo

J. N. WEMBODINGA, I. Y. AMBALE, N. N. APAMATO, J. B. Z. BOSANZA, J. K. NGBOLUA..... 252

Durabilité écologique des systèmes de culture du riz (*Oryza sativa*) en bas-fonds dans la commune de Malanville, au Nord Bénin

ABIKOU Jérôme Michel¹, Josué Yisségnon GOUWAKINNOU¹, Inoussa CHABI SERO¹, Jacob Afouda YABI¹

(Reçu le 16/02/2023; Accepté le 04/04/2023)

Résumé

La durabilité écologique de la riziculture dépend principalement des efforts et des capacités des agriculteurs à faire des actions rationnelles pour la préservation des ressources naturelles. L'objectif de cette recherche est d'évaluer la durabilité écologique des différents systèmes de culture rizicole en bas-fonds. Suivant une démarche méthodologique, 283 producteurs du riz en bas-fonds ont été identifiés de manière aléatoire. Les données ont été collectées par interview directe à l'aide d'un questionnaire structuré et digitalisé sur KoboCollect (système CAPI). Les données ont été analysées suivant une approche descriptive ayant combiné la méthode IDEA illustrée à l'aide d'études antérieures et une régression Tobit. De façon générale, les résultats ont montré que les systèmes de culture pratiqués par les producteurs ne sont pas durables. Néanmoins, le système de culture incorporant plus des pratiques de transition agroécologique (GSP2) se révèle le plus écologiquement durable. Par ailleurs, l'étude montre que le système de culture économiquement efficace se révèle durable écologiquement. L'analyse de la durabilité agroécologique à travers cette étude met en lumière non seulement les pratiques à conseiller aux producteurs dans un contexte de préservation des milieux naturels mais aussi remet en cause l'idée que les pratiques conventionnelles donnent le meilleur avantage économique.

Mots clés: Agriculture, Riz, Système de culture, durabilité écologique, IDEA, Bénin

Ecological sustainability of lowland rice (*Oryza sativa*) cropping systems in northern Benin

Abstract

The ecological sustainability of rice production depends mainly on the efforts and abilities of farmers to take rational actions for the preservation of natural resources. The goal of this research is to assess the ecological sustainability of different lowland rice cropping systems. Following a methodological approach, 283 lowland rice farmers were randomly identified. Data were collected by direct interview using a structured and digitized questionnaire on KoboCollect (CAPI system). The data were analyzed using a descriptive approach that combined the IDEA method illustrated by previous studies and Tobit regression. In general, the results showed that the cropping systems practiced by the farmers are not sustainable. However, the cropping system incorporating more agro-ecological transition practices (GSP2) was found to be the most environmentally sustainable. In addition, the study shows that the economically efficient cropping system is ecologically sustainable. The analysis of agroecological sustainability through this study not only highlights the practices to be advised to farmers in a context of preservation of natural environments but also challenges the idea that conventional practices give the best economic advantage.

Keywords: Agriculture, Rice, Cropping system, ecological sustainability, IDEA, Benin

INTRODUCTION

Au Bénin comme dans les autres pays en développement, la question de durabilité des systèmes de culture constitue une préoccupation importante, tant pour les décideurs que pour les chercheurs. Quelle que soit la filière, les grands objectifs demeurent: produire notamment pour satisfaire les besoins alimentaires et économiques des communautés rurales et urbaines en croissance tout en préservant les ressources naturelles dans l'intérêt des générations à venir (Erbaugh *et al.*, 2019; GSDM, 2018). L'intérêt à l'agro-écologie est toujours croissant et représente, pour plusieurs acteurs, une approche stratégique qui permettra de mener à bien une transition vers des systèmes agricoles plus durables (Côte *et al.*, 2019). En 2015, l'ODD 2 s'engage à «éradiquer la faim, assurer la sécurité alimentaire et améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable» d'ici 2030 (Nations Unies, 2020). Dans l'atteinte de cette politique, l'État béninois, à travers le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA), a fait du riz, une filière prioritaire avec pour objectifs, l'augmentation des superficies et des rendements induisant une forte consommation du riz localement produit. Ces objectifs se fondent sur la croissance démographique et les habitudes alimentaires des béninois basées sur le riz après le maïs. Compte tenu des écarts encore importants entre les rendements réels des agriculteurs (Mueller *et al.*, 2020), cette augmentation

attendue pourrait théoriquement être comblée en adoptant des innovations technologiques et des stratégies de production spécifiques et, des intrants plus productifs.

Dans cette optique, l'on engage tous les moyens possibles pour obtenir un rendement plus haut. Cependant, du fait de la pénibilité des opérations, de la rareté de la main d'œuvre pour l'opération de désherbage et autres, les herbicides sont devenus le nouvel outil de travail des producteurs (Mangara *et al.*, 2014). Par ailleurs les producteurs ont davantage recours aux intrants de synthèse tels que les engrais minéraux (NPK et urée) malgré la disponibilité et la fertilité des bas-fonds (Yabi *et al.*, 2017). L'utilisation abusive des pesticides par les producteurs entrave la durabilité de la production du riz dans les bas-fonds et diminue la qualité de ces derniers (Afandhi *et al.*, 2019). Pourtant, Il existe des moyens pour limiter le recours aux pesticides chimiques comme l'usage des biopesticides et des pratiques agro-écologiques (Anupama *et al.*, 2019). Du point de vue théorique du concept de cycle adaptatif (Holling et Gunderson, 2002), les composantes économiques et écologiques des systèmes agricoles (objectifs de production des ménages et configuration du système de production du riz) sont étroitement liées. L'agro-écologie dessine un nouveau paradigme pour proposer des systèmes agricoles durables répondant aux urgences environnementales ainsi qu'aux objectifs de développement durable (Vaarst *et al.*, 2018). Pour la FAO,

¹ Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Économique et Sociale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

il faut une intensification agro-écologique de l'agriculture, un moyen de passer à la transition agro-écologique, basé sur des connaissances fortes prônant une gestion optimale de la biodiversité pour améliorer la performance des systèmes agricoles, leur durabilité et le bien-être des agriculteurs (Blanchart *et al.*, 2020). La présente étude vise à analyser la durabilité écologique des systèmes rizicoles de culture en bas-fonds dans la commune de Malanville.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Justification théorique

Pour cerner les apports et les limites de cette étude, la démarche scientifique requiert de faire un travail préalable de discussion des théories existantes (Berque, 2004). Ce travail prête ses bases à trois modèles essentiellement, entre autres la théorie du producteur, la théorie de la transition et la théorie générale des systèmes.

La théorie du producteur répond essentiellement aux questions relatives à la production de biens et de services; quels biens et services sont-ils nécessaires à la production? Quelles quantités de biens et de services peuvent être produites à partir d'une quantité donnée d'autres biens et services? Comment produire efficacement? Cette théorie est-elle orientée vers la maximisation du profit et ne tient pas compte de l'aspect écologique de la production agricole? Par ailleurs, la théorie de la transition se base sur un courant de pensée qui conçoit que, les personnes sur la base de leurs interactions attribuent des significations aux phénomènes vécus qui déterminent leurs actions (Meleis, 2010). Toute transition est un processus, a une direction et entraîne à un changement (Gautier et Jacqmin, 2019). Le

producteur passe donc d'une logique qui était autrefois de produire pour maximiser son profit à une autre qui est de produire pour maximiser son profit tout en s'assurant que les générations à venir n'en seront pas pénalisées. C'est une production orientée agro-écologie. Il faut donc faire une transition vers des systèmes de cultures plus durables. A ces théories on peut ajouter la théorie des systèmes pour mieux comprendre le terme système. Le concept «système» a fait objet d'étude pour plusieurs auteurs dont De Saussure qui considère un système comme une «Totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité». En pratique, la théorie des systèmes est adaptée à la modélisation des relations de causes à effets. Elle permet de représenter ou de concevoir la structure des systèmes de cultures et d'en faire des modèles.

Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la commune de Malanville. Cette commune a été choisie sur la base de sa potentialité rizicole au Bénin et de sa disponibilité de plus grand périmètre irrigué du territoire national couvrant ainsi 561 ha (Assouma *et al.*, 2019). Située à l'extrême Nord de la République du Bénin dans le département de l'Alibori, la commune de Malanville s'étend entre 11,5 et 12° de latitude. Elle couvre une superficie de 3.016 km² dont 80.000 hectares de terres cultivables et est bordée dans sa largeur (Est-Ouest) par le fleuve Niger avec ses affluents l'Alibori, le Mékrou et la Sota qui sont en crue durant les mois d'Août et de Septembre. Les sols sont de type gneissique pour la plupart sur le territoire, mais dans la vallée du Niger et ses affluents, on y rencontre des sols sablo-argilo et ferrugi-

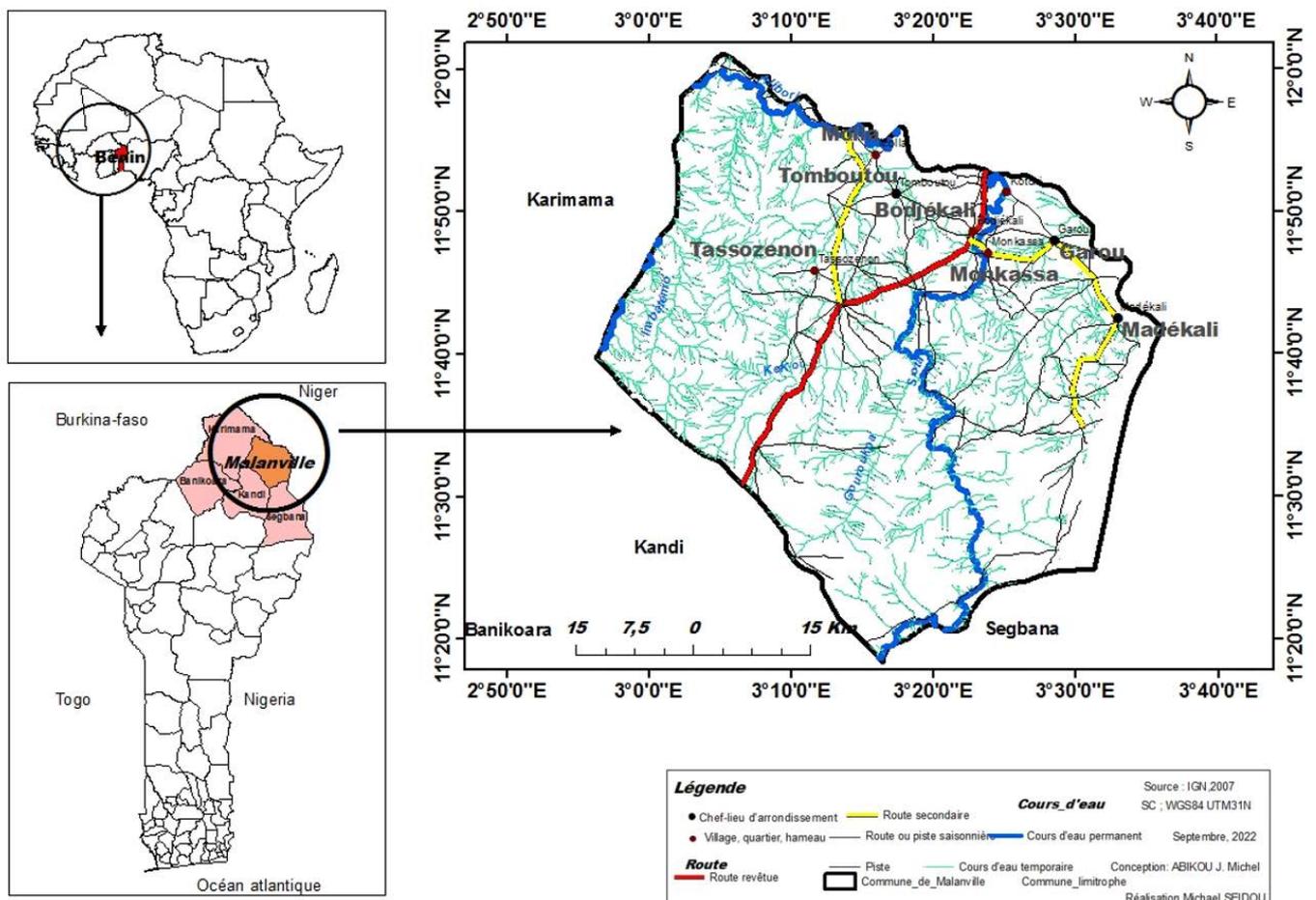


Figure 1: Carte géographique du milieu d'étude

neux. La végétation est caractérisée par une savane arborée avec une prédominance des formations herbacées. La carte (Figure 1) présente la commune de Malanville.

Échantillonnage

Les unités d'investigation sont constituées des chefs de ménages, produisant le riz dans les bas-fonds. Un échantillonnage raisonné a permis de sélectionner dans un premier temps quatre arrondissements suivant les critères de la production en bas-fonds et de l'importance de la production de riz et dans un second temps huit villages à raisons de deux villages par arrondissement suivant les mêmes critères. Le choix des riziculteurs a été fait de façon aléatoire simple à partir de la base de sondage réalisé. Un total de 283 riziculteurs a été enquêté à raison de 35 riziculteurs environ, identifiés par village (Tableau 1).

Collecte de données

Les données ont été collectées en deux phases. La première collecte a été de type qualitatif et a consisté à organiser des focus group pour recueillir des informations qualitatives et des données d'ordre général auprès des responsables de producteurs et les agents de l'Agence Territoriale de Développement Agricole de la commune. Au cours de la deuxième phase, les données quantitatives ont été collectées à travers un questionnaire structuré digitalisé sur le serveur kobotoolbox et administré à 283 producteurs de riz en bas-

fonds. Les données collectées sont relatives à la durabilité écologique des systèmes de production: composante diversité domestique; composante organisation de l'espace et composante pratique agricole. De plus, les données ont été collectées sur les caractéristiques socio-démographiques des producteurs (sexe, âge, niveau d'éducation/ alphabétisation, appartenance à une association/ groupement, nombre d'années d'expérience en matière de production agricole, fréquence de contact avec un animateur de projet, taille du ménage, division du travail, etc.). Une observation directe sur le terrain a été également valorisée surtout au niveau des pratiques culturelles.

Analyse de données

L'approche de l'Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles (IDEA) est une méthode quantitative de l'évaluation de la durabilité prenant en compte les dimensions écologiques, socio-territoriales et économiques des exploitations agricoles. Vis-à-vis du contexte agricole africain et béninois en particulier, cette approche présente une certaine complexité rendant difficile son application surtout sur les aspects organisationnels et relationnels avec l'environnement institutionnel. Relativement à l'objectif de cette recherche, seule la dimension agro-écologique de l'approche IDAE a été considérée pour apprécier la durabilité écologique des systèmes de cultures rizicoles. Ainsi, plusieurs études (Alidou et Yabi, 2019; Briquel *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2009; Lobiatti *et al.*, 2018; Topanou *et al.*, 2015; Vilain, 2008; Zahm, 2013) ont fait objet d'utilisation de la dimension agro-écologique pour apprécier la durabilité dans le contexte agricole béninois. En s'inspirant des travaux de Topanou *et al.* (2015) et de Alidou et Yabi (2019), les indicateurs de l'IDEA originel ont été soumis aux producteurs à travers des focus group pour une adaptation à leur réalité. Cette activité a permis d'adapter les indicateurs sans pour autant modifier le nombre d'indicateurs et leur note pondérée à l'aide d'un ensemble d'informations précises (Vilain, 2008). La mesure de la durabilité agro-écologique a pris en compte les 18 indicateurs repartis en trois composantes (Tableau 2).

Tableau 1: Échantillon par village de l'étude

Arrondissements	Nombre de village	Villages	Nombre producteurs
Malanville	02	Bodjékali	34
		Kotchi	35
Garou	02	Garou Centre	39
		Monkassa	41
Madekali	02	Tassozenon	35
		Madékali Centre	29
Toumboutou	02	Toumboutou Centre	34
		Mola	36
		Total	283

Tableau 2: Composante et indicateurs d'appréciation de la durabilité

Composantes	Indicateurs	VM par indicateur	VM par composante
Diversité domestique (TDD)	Diversité des cultures annuelles ou temporaires en association avec le riz	14	TDD=33
	Diversité des cultures pérennes en association avec le riz	14	
	Diversité animale	14	
	Valorisation et conservation du patrimoine génétique	6	
Organisation de l'espace (TOE)	Assolement	8	TOE=33
	Dimension des parcelles	4	
	Gestion des matières organique	6	
	Zones de régulation écologique	8	
	Contribution aux enjeux environnementaux du territoire	4	
	Gestion des surfaces fourragères	3	
Pratiques agricoles (TPA)	Gestion du bas-fond	4	TPA=34
	Gestion de la ressource en eau	7	
	Protection des ressources en bas-fonds	11	
	Types de fertilisation	5	
	Dépendance énergétique	7	
Durabilité agro-écologique			100

Sources d'adaptation = (Tokpanou, 2015; Alidou, 2019); VM: Valeur Moyenne

Les analyses statistiques ont été faites à plusieurs niveaux. D'une part, les analyses descriptives à travers les moyennes (écart-type) et les fréquences absolues suivies de test statistique d'ANOVA.

D'autre part, un modèle de régression Tobit a été estimé pour mettre en lumière les facteurs techniques et socio-économiques déterminant la durabilité écologique des systèmes de production du riz. Le score de durabilité étant une variable quantitative continue observable sur un intervalle, elle n'est pas connue lorsqu'il sort de cet intervalle (Bourbonnais, 2021).

De manière générale, le modèle Tobit s'écrit de la manière suivante:

En considérant un individu «*i*» avec un score de durabilité Y_i , soit une variable latente y_i^* non systématiquement observable et des variables explicatives x_i et, en supposant la normalité des perturbations ε_i , le modèle s'écrit comme suit:

$$\begin{cases} y_i^* = \beta_1 x_i^k + \varepsilon_i \\ Y_i = y_i^* \text{ si } y_i^* > 0 \\ Y_i = 0 \text{ si } y_i^* < 0 \end{cases}$$

$$x_i = (x_i^1 \dots x_i^k) \forall i = 1 \dots N;$$

$$\beta = (\beta_1 \dots \beta_k);$$

ε_i désignent les perturbations qui sont distribuées selon une loi $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

On suppose ainsi que les variables y_i et x_i sont observées pour tous les individus, mais que les variables y_i^* sont observables uniquement si elles sont positives.

RÉSULTATS

Caractéristiques socio-économiques et démographiques des producteurs

Le tableau 3 résume une description statistique des variables qualitatives composant les caractéristiques socio-démographiques des exploitants rizicoles étudiés suivant les systèmes de production identifiés. La population des riziculteurs de l'échantillon est dominante des hommes (74,1%) quel que soit le système. L'agriculture constitue la principale activité génératrice de revenu des producteurs

de la commune (97,5%) et plus de la moitié parmi eux bénéficie de l'appui des services de vulgarisation (80,6%) quel que soit le système de production considéré. Cependant une faible minorité (9,2%) parmi eux fait partie des coopératives de producteurs du riz dans la commune. Cette tendance s'explique par le fait que l'étude s'est seulement intéressée aux petits producteurs travaillant dans les bas-fonds non aménagés. Parmi les producteurs enquêtés, seulement 23% parmi eux avaient un niveau d'éducation formelle équivalent au primaire. Ce constat s'explique par le faible intérêt à l'éducation formelle dans les milieux ruraux majoritairement dominés par des activités de production agricole. Notons aussi que les populations rurales dans certaines zones du pays ont un faible accès aux infrastructures scolaires. Lorsqu'on considère l'accès au financement, les producteurs dans l'ensemble ont minoritairement (29,2%) eu accès. Néanmoins, ceux faisant le système de production GSP1 semblent avoir plus accès au financement agricole (48,8%) que les producteurs des autres systèmes. L'accès au financement agricole demeure la principale contrainte des producteurs de la commune.

Le tableau 4 résume la description statistique des variables quantitatives composant les caractéristiques socio-démographiques des exploitants rizicoles étudiés suivant les systèmes de production identifiés. Ainsi, la taille moyenne des ménages est de 10 personnes avec un écart type de 4,88 avec le plus grand nombre adoptant le système GSP 3. Les riziculteurs les plus expérimentés (12 ans d'expérience) sont ceux du GSP2. Le nombre moyen d'actifs dans chaque ménage est estimé à 6,09 ($\pm 3,54$). Ce résultat montre que les riziculteurs enquêtés disposent aussi d'un nombre minimum de personnes actives à travailler dans les champs du riz. La superficie disponible par ménage est en moyenne de 2,73 ha dont environ 50% sont exploitées en production pluviale et en culture de contre saison.

Analyse globale de la durabilité écologique des systèmes de production du riz en bas-fond

Le tableau 5 ci-dessous présente les résultats d'analyses de la durabilité écologique des systèmes de production du riz en bas-fonds. Cette appréciation a été faite autour d'un certain nombre d'indicateurs.

Tableau 3: Caractéristiques socio-économiques et démographiques des producteurs: variables qualitatives

Variables	GSP 1	GSP2	GSP3	Ensemble
Sexe (Homme/Femme)	74,1	89,1	74,1	77,0
Niveau d'éducation formelle (primaire)	13,6	21,8	28,6	23,0
Activité principale du producteur (Oui/Non)	96,3	96,4	98,6	97,5
Appartenance à une organisation (Oui/Non)	24,7	5,4	2,0	9,2
Accès aux services de vulgarisation (Oui/Non)	87,6	69,1	80,9	80,6
Accès financement agricole (Oui/Non)	48,8	29,4	11,1	29,2

Tableau 4: Caractéristiques socio-économiques et démographiques des producteurs: variables quantitatives

Variables	GSP 1	GSP2	GSP3	Ensemble
Age(ans)	42,2 ($\pm 12,0$)	41,6 ($\pm 12,1$)	42,1 ($\pm 12,4$)	42,0 ($\pm 12,2$)
Taille du ménage	8,67 ($\pm 4,0$)	10,8 ($\pm 5,3$)	9,52 ($\pm 5,1$)	9,53 ($\pm 4,9$)
Expérience en riziculture	6,19 ($\pm 7,18$)	12,2 ($\pm 11,7$)	4,28 ($\pm 7,4$)	6,37 ($\pm 8,86$)
Actifs agricoles	5,06 ($\pm 2,54$)	5,74 ($\pm 3,75$)	6,80 ($\pm 3,78$)	6,09 ($\pm 3,54$)
Superficie totale disponible (ha)	1,78 (1,31)	2,91 (2,82)	3,18 (2,61)	2,73 (2,43)
Superficie production pluviale(ha)	0,97 (0,41)	1,14 (0,75)	0,98 (0,67)	1,01 (0,62)
Superficie production pluviale (ha)	0,97 (0,41)	1,14 (0,75)	0,98 (0,67)	1,01 (0,62)
Superficie production de décrue (ha)	0,05 (0,20)	0,18 (0,31)	0,22 (0,46)	0,16 (0,38)

Les résultats issus de l'analyse montrent que le score global de durabilité écologique des systèmes de production du riz dans la zone de l'étude est de 47,1 sur un score total de 100 points. Ce score n'est rien d'autre que la contribution de l'ensemble des différentes composantes qui caractérisent l'analyse de la durabilité écologique des exploitations agricoles.

Analyse par composante: Diversité domestique

L'analyse de la diversité domestique prend en compte quatre (04) sous composantes. Il s'agit de la diversité des cultures annuelles ou temporaires en association avec le riz, la diversité des cultures pérennes en association avec le riz, la diversité animale et la valorisation et conservation du patrimoine génétique. Les résultats montrent que la composante de la diversité domestique a obtenu un score total de 14,4 sur un total de 33 points soit 43,7% du maximum théorique. Dans cette composante, l'indicateur de la diversité des cultures annuelles présente un score de 3,71 sur un total de 14 soit 26,5% du maximum théorique. Ce résultat indique la faible diversification des cultures annuelles au sein des exploitations rizicoles de Malanville. Celui de la diversité des cultures pérennes réunit un score de 1,36 sur 14 soit 9,71% du maximum théorique. Ce résultat traduit la faible pratique de l'agro-foresterie et la quasi inexistence des essences forestières dans les bas-fonds rizicoles de la commune. La diversité animale réunit un score de 5,98 sur 14 soit 42,7% du maximum théorique. L'élevage est une activité importante pour les riziculteurs de la commune. On observe pratiquement dans tous les ménages des animaux d'élevage de toute sorte (bovins, ovins et caprins, la volaille, etc). La pratique de cette activité a donc contribué à l'amélioration de ce score.

L'indicateur de la valorisation et conservation du patrimoine génétique présente un score de 3,37 sur un total de 6 soit 56,2% du maximum théorique. L'utilisation des semences locales par une bonne partie des producteurs explique ce score. Les producteurs trouvent l'intérêt d'utiliser les semences locales pour conserver le patrimoine génétique et éviter les effets pervers des semences génétiquement modifiées.

Analyse par composante: Organisation de l'espace

La composante présente un score de 8,39 sur un total de 33 soit un taux de 25,4% du maximum théorique. Les différents indicateurs de cette composante présentent de très faible score par rapport aux scores de références. L'assolement est une pratique qui prône la gestion de la fertilité de sol. Elle implique la diversification des cultures. Le constant est que 100% de la superficie exploitable sont octroyés à la production du riz quel que soit le cycle de production (pluviale, contre saison ou décrue). Ce faible score de l'assolement est le résultat de la monoculture plus pratiquée par les riziculteurs de la commune. En plus de cela, les riziculteurs n'observent pas un bon dimensionnement des parcelles rizicoles. Néanmoins, on note que l'indicateur "zone de régulation écologique" présente le score le plus élevé dans cette composante, soit un taux maximum théorique de 42,5%. Ce taux s'explique par le fait que les bas-fonds sont pour la plupart des zones humides où est produit le riz par les petits riziculteurs.

Faut-il noter que les producteurs optent de moins en moins pour les matières organiques dans la production? Les producteurs utilisent plus les fertilisants chimiques (NPK et Urée). Le score obtenu a été fortement influencé par les producteurs optant pour le système de production GSP2, incluant plus la pratique de transition agro-écologique (matières organiques, parcage).

Analyse par composante: Pratiques agricoles

Dans cette étude, cette composante présente le score le plus élevé de toutes les composantes de la durabilité écologique des systèmes de cultures du riz en bas-fonds soit un taux de 59,5% du maximum théorique. Les indicateurs gestion du bas-fond, gestion de la ressource en eau et la protection des ressources en bas-fonds ont largement contribué à ce score avec respectivement un maximum théorique de 90%, 64,6% et 83,6%.

Le score élevé de l'indicateur gestion de bas-fonds s'explique principalement par l'observation du traçage du couloir de cir-

Tableau 5: Résultats des indicateurs de durabilité écologique

Indicateurs	Moyenne de scores (Écart-type)	Scores de références
Diversité Domestique (DD)	14,4 (7,85)	33
DD1. Diversité des cultures annuelles ou temporaires en association avec le riz	3,71 (2,98)	14
DD2. Diversité des cultures pérennes en association avec le riz	1,36 (2,33)	14
DD3. Diversité animale par espèce/race	5,98 (4,86)	14
DD4. Valorisation et conservation du patrimoine génétique	3,37 (2,29)	6
Organisation de l'Espace (OE)	8,39 (3,62)	33
OE1. Assolement	1,78 (,63)	8
OE2. Dimension des parcelles	1,20 (1,09)	4
OE3. Gestion des matières organiques	1,17 (2,00)	6
OE4. Zones de régulation écologique	3,40 (1,52)	8
OE5. Contribution aux enjeux environnementaux du territoire	0,77 (1,58)	4
OE6. Gestion des surfaces fourragères	0,04 (,21)	3
Pratiques Agricoles (PA)	20,2 (4,02)	34
PA1. Gestion du bas-fonds	3,60 (3,19)	4
PA2. Gestion de la ressource en eau	4,52 (1,56)	7
PA3. Protection des ressources en bas-fonds	6,40 (1,13)	11
PA4. Types de fertilisation	2,18 (1,22)	5
PA4. Dépendance énergétique	1,50 (,86)	7
Durabilité écologique	43,1 (11,3)	100

cultation, la récolte à bonne date par les producteurs. Il s'avère que les producteurs gèrent bien les ressources en eau lorsqu'on se réfère au score obtenu. Ce résultat s'explique par le fait que la production du riz est d'abord basée sur la bonne gestion des ressources en eau. Les producteurs adoptent des pratiques de protection des ressources en bas-fonds. Ceci s'explique par le niveau de score obtenu à travers ce score, et aussi, faut-il noter que les bas-fonds constituent par excellence le premier facteur de production. Cependant, il est important de notifier que ce sont les aménagements sommaires qui sont plus pratiqués et les modes d'irrigations partielles à travers les casiers (petites diguettes). Les types de fertilisation présentent un score en dessous de la moyenne (- de 2,50) et moins de 50% au maximum théorique. Ce résultat s'explique par la forte utilisation des intrants chimiques (NPK et Urée) au détriment des intrants organiques.

La dépendance énergétique présente le maximum théorique le plus faible de la composante (1,50/7). Cette valeur est largement inférieure à celle acceptable, proposée par la méthode IDEA qui est de 200. L'utilisation de motopompe avec de l'essence et l'utilisation des fertilisants chimiques ont largement contribué à ce score.

Durabilité écologique des systèmes de production du riz

Une analyse préalable réalisée par les mêmes auteurs et ayant porté sur la caractérisation des systèmes de production rizicole basés sur la gestion des bas-fonds dans la commune de Malanville, au Nord Bénin a permis d'identifier trois systèmes de cultures. Le premier système est basé sur la gestion d'eau avec des casiers associés à l'utilisation de la semence améliorée en repiquage aligné et épandage unique en fumure de soutien nommé **GSP1**. Le deuxième système est basé sur la gestion d'eau avec des casiers associés à l'utilisation de semence améliorée en repiquage non aligné associé aux

pratiques de parçage et d'apport des matières organiques. Autrement, c'est le système intégrant plus les pratiques d'une transition agro-écologique. Ce dernier est nommé GSP2. Le dernier système est basé sur la gestion mixte d'eau avec combinaison de semences associées à la pratique de la rotation culturale. Ce système est dénommé GSP3.

Les valeurs issues de l'analyse de la variance montrent qu'il existe une grande variabilité (6505 entre les groupes; 82,2 au sein des groupes) statistiquement significative au seuil de 1% ($p=0,00$; $ddl=79,1$) entre les systèmes de cultures de la production du riz en bas-fonds dans la commune de Malanville. Il ressort de ce résultat que la durabilité écologique varie largement d'un système de culture à un autre. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les systèmes ne présentent pas les mêmes caractéristiques ou ne se basent pas sur les mêmes principes de fonctionnement ou encore n'exploitent pas les mêmes types de facteurs de production. Le tableau 6 et la figure 3 présentent les moyennes des scores de durabilité écologique suivant les systèmes de culture adoptés par les riziculteurs.

Le score de durabilité varie suivant les systèmes de culture du riz en bas-fonds. En effet, le système de culture GSP2 présente le score de durabilité le plus élevé (56,8 sur 100). Ce système est celui qui intègre plus les pratiques d'une transition agro-écologique à travers l'utilisation de semences améliorées, l'usage des matières organiques et le parçage. Les deux autres systèmes (GSP1 et GSP3) présentent des scores de durabilité en dessous de 50%. Ce qui traduit que ces deux systèmes ne sont pas écologiquement durables. Néanmoins, il faut retenir que le système GSP3 intègre plus de pratique tendant vers des pratiques écologiques que le système GSP1. Il suit donc le système GSP2 avec un score de 40,2/100.

Tableau 6: Test d'ANOVA sur la durabilité écologique des systèmes de production

Source	Somme des carrés	Ddl	Variance	F	Probabilité
Inter-groupe	13010	2	6505	79,1	0.00
Intra-groupe	23022	280	82		
Total	36032	282	128		

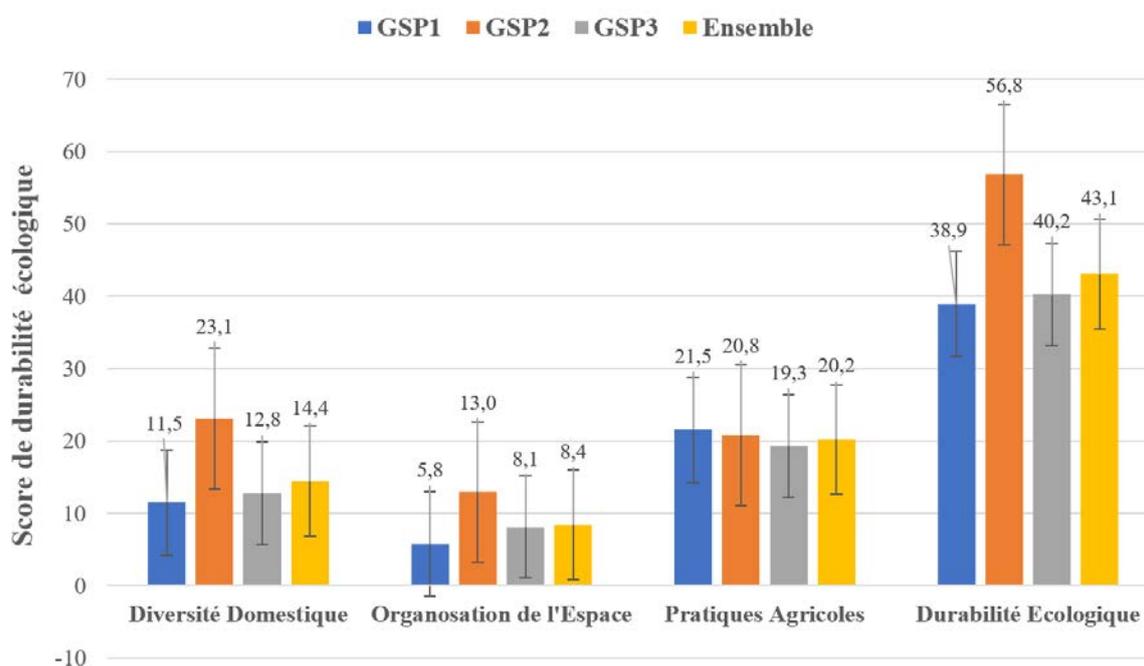


Figure 3: Score de durabilité écologique suivant les systèmes de production

Facteurs déterminants de la durabilité écologique des ressources en bas-fonds

Les résultats du modèle Tobit estimé est globalement significatif au seuil de 1% (Tableau 8). De plus, les variables explicatives introductives apportent à 24,5% des informations susceptibles d'expliquer la durabilité écologique ($F=24,5$). Ainsi, seulement les systèmes de culture et l'efficacité économique expliquent significativement le niveau de durabilité écologique des ressources en bas-fonds.

Le système GSP3 basé sur la combinaison des formes de diguettes, la rotation culturale et l'utilisation exclusive des engrais chimiques (NPK et Urée) influence négativement la durabilité écologique au seuil de 10%. Ce résultat traduit que le score de durabilité des ressources en bas-fonds diminue avec l'utilisation du système de culture GSP3. En effet, l'une des caractéristiques principales de ce système est l'usage exclusif des engrais chimiques (NPK et Urée) pour la fertilisation des cultures. Un producteur qui pratique ce système entraîne une diminution de la durabilité de 3%.

L'adoption du système GSP2 prenant plus en compte les pratiques d'une transition agro-écologique influence positivement au seuil de 1% la durabilité écologique. La décision d'un producteur de riz à adopter ce système induit une augmentation de 21% de la durabilité écologique de la riziculture en bas-fonds pour le producteur dans la commune de Malanville.

L'indice d'efficacité économique influe significativement et positivement au seuil statistique de 5% le niveau de durabilité écologique des ressources en bas-fonds. Le niveau d'efficacité économique des systèmes de culture augmente avec la durabilité écologique des ressources en bas-fonds. Le système de culture le plus durable peut aussi se révéler efficace économiquement. Être efficace sous-entend une meilleure combinaison des facteurs de production et l'obtention d'output maximale. Cela suppose aussi la réalisation à temps des différentes opérations d'entretien et une meilleure prise de décision dans l'exploitation.

DISCUSSION

Durabilité écologique des systèmes de culture du riz en bas-fonds

La durabilité écologique des systèmes de culture du riz en bas-fonds dans la commune de Malanville a été mesurée sur la base de trois composantes constituées par des indicateurs spécifiques d'appréciation comme le cas dans les travaux de Alidou et Yabi, (2019); Sero Chabi *et al.* (2020); Topanou *et al.* (2015). D'après les résultats, il ressort que les systèmes de cultures pratiqués par les riziculteurs ne prônent pas une durabilité écologique des ressources en bas-fonds (43,1 sur 100). Ces résultats confirment ceux de Alidou et Yabi (2019), ayant montré que les systèmes de cultures d'igname ne sont pas écologiquement durables avec un score de (39,8 sur 100). Ainsi, les composantes prises individuellement révèlent que seulement les pratiques agricoles ont largement contribué à ce score avec une valeur moyenne de 20,2 sur 34. C'est un effort notable qui montre que les producteurs utilisent des pratiques données pour la protection des bas-fonds et des ressources en eau. Cependant, il s'est avéré que les producteurs ne diversifient pas les cultures annuelles et n'observent pratiquement pas l'agro-foresterie. Or d'après les travaux de Jagoret *et al.* (2019), c'est une pratique qui contribue diversement à la durabilité agro-écologie à travers les principes de la transition agro-écologique. De plus, ces derniers ne pratiquent pas l'assolement et ne respectent pas non plus la dimension des parcelles. Ce qui explique le faible score de la composante diversité domestique (14,4/33) et organisation de l'espace (8,39/33). Les résultats obtenus sont contraires à ceux de Sero Chabi *et al.* (2020) ayant montré que les systèmes de production à base d'anacardier sont écologiquement durables avec un score de 64,73 sur 100. En effet, les systèmes de production à base d'anacardier sont plus misés sur la diversification des cultures (polyculture) en association avec l'anacardier (agro-foresterie). Cependant faut-il notifier que la composante pratiques agricoles est

Tableau 7: Résultat par composante de la durabilité écologique suivant les systèmes de culture

	GSP1	GSP2	GSP3	Ensemble	Prob > F
	Moyenne (Écart-type)				
DD	11,5 (±7,39)	23,1 (±7,63)	12,8 (±5,69)	14,4 (±7,85)	0,00 > 58,9
OE	5,79 (±2,79)	13,0 (±3,41)	8,12 (±2,26)	8,39 (±3,62)	0,00 > 119,3
PA	21,5 (±3,64)	20,8 (±4,58)	19,3 (±3,79)	20,2 (±4,02)	0,00 > 9,29
DE	38,9 (±10,1)	56,8 (±10,3)	40,2 (±7,90)	43,1 (±11,3)	0,00 > 79,1

DD: Diversité Domestique; OE: Organisation de l'Espace; PA: Pratiques Agricoles; DE: Durabilité Écologique

Tableau 8: Modèle de régression des déterminants de la Durabilité écologique

Variables explicatives	Dydx (Std. Err.)
GSP3	-.03 (.02) *
GSP2	.21 (.02) ***
Nombre de membres actifs agricoles dans le ménage	.007 (.004)
Parcelle non aménagée	-.03 (.01)
Sexe du producteur	-.03 (.02)
Superficie exploitable pour le riz	.006 (.005)
LnEEglobal (Forme linéaire de l'efficacité globale)	.04 (.02) **
Constant	.02 (.002) ***
Nombre d'observation	283
F (7, 276)	24.5
Prob > F	0.00***

*** = Significatif à 1 % ; ** = significatif à 5 % ; * = significatif à 10%.

celle qui a plus contribué au score global de la durabilité écologique comme le cas dans notre étude ?

Lorsqu'on se réfère aux systèmes de cultures, il est remarqué que les scores de durabilité varient considérablement en fonction de ces derniers selon l'analyse des variances. Ainsi, le système de culture GSP2 présente un score de 56,92/100. Ce résultat symbolise que l'observation des pratiques de transition agro-écologique contribuent largement à la durabilité agro-écologique des ressources en bas-fonds. L'utilisation des matières organiques à travers l'utilisation des résidus de récolte et le parage constitue des pratiques bénéfiques pour la fertilité de sol. Malheureusement moins nombreux sont ceux qui utilisent ces pratiques (-20%). Ces résultats s'accordent avec ceux de Topanou *et al.* (2015) ayant montré que les pratiques de parage et de gestion des résidus de récolte contribuent à la protection de la vie du sol. Le système GSP2 est suivi du système GSP3 avec un score moyen de 40,21 sur 100. Ce score pourrait s'expliquer par le fait que ce système respecte certains principes de la durabilité comme la rotation culturale et une gestion d'eau basée sur la combinaison des petites (casiers) et grosses diguettes. Selon Alidou et Yabi (2019); Topanou *et al.* (2015), la rotation culturale entre en ligne de compte des pratiques de la fertilité des sols. Les pratiques qui stimulent la bonne gestion de la fertilité de sols ont une incidence positive sur la durabilité agroécologique (Abou *et al.*, 2018; Khene *et al.*, 2020).

Déterminants de la durabilité écologique des systèmes de culture du riz en bas-fonds

Les résultats de cette étude révèlent que les producteurs qui pratiquent le système de transition écologique avaient les meilleurs scores de durabilité écologique. C'est le système qui permet le plus de garantie à la durabilité écologique de la production du riz. Dans ce système, les riziculteurs font recours à des pratiques comme le parage et la fertilisation par matière organique. Les producteurs se sont plus tournés vers ce système du fait des combinaisons des méthodes aussi bien biologiques que chimiques. Ces résultats rejoignent ceux de Zoundji *et al.* (2022) qui ressortent que toutes les catégories de producteurs enquêtés ont progressivement commencé l'adoption des pratiques de bonne gestion de la fertilité des sols pour la production du riz à cause des changements climatiques. De surcroît, Andrieu *et al.* (2016) ont rapporté que les pratiques rizicoles les plus récurrentes sont notamment la fertilisation des champs par le «parage itinérant des animaux» ainsi que la fabrication et utilisation de la fumure organique enrichie. La transition agro-écologique regroupe les pratiques nécessaires permettant de relancer le secteur de la riziculture, qui est en crise depuis plusieurs décennies (Badiane, 2022). Contrairement à ces auteurs Lienhard *et al.* (2019) ont constaté que les pratiques de transitions agro-écologiques sont peu adoptées par rapport au modèle d'intensification conventionnelle. Cela sous-entend que certains facteurs entraînent une adoption par endroit de certaines pratiques. L'efficacité économique des systèmes de culture a influencé positivement la durabilité écologique des ressources en bas-fonds. Dassoundo-Assogba et Yabi (2020) ont montré l'effet de l'efficacité économique sur la durabilité écologique. Les résultats de ces auteurs ont montré que les systèmes piscicoles économiquement efficaces sont les plus

écologiquement durables. Les producteurs efficaces sont ceux qui participent à la durabilité des systèmes de production dans la commune. Les études de Côte *et al.* (2019) ont montré qu'il est possible d'obtenir une production agricole écologiquement durable en augmentant la diversité génétique interspécifique (cultures associées, assolements diversifiés, rotations, amendement organique). L'une des pratiques de la transition agro-écologique est l'adoption des semences améliorées. Issoufou *et al.* (2017) ont aussi constaté que les semences améliorées permettent une production durable de mil du point de vue écologique. De même, le bon choix de facteurs de production constitue un aspect capital de la durabilité agro-écologique (Vilain *et al.*, 2008).

CONCLUSION

Cette étude s'est focalisée sur la durabilité écologique des systèmes de cultures en bas-fonds rizicole dans la commune de Malanville, au Nord Bénin. Les résultats ont montré que les systèmes de cultures du riz en bas-fonds ne sont pas durables écologiquement dans la commune de Malanville. Cependant, la durabilité écologique varie suivant les systèmes de culture. Le système respectant plus les pratiques d'une transition agro-écologique sont les plus durables. Par ailleurs, la durabilité écologique est influencée par l'efficacité économique des systèmes de cultures et le système de culture le plus efficace se révèle être le plus écologiquement durable. Ce résultat remet en cause les constatations selon lesquelles les pratiques conventionnelles sont plus économiquement efficaces que les pratiques agro-écologiques. Toutes fois, une étude dans d'autres régions de production du riz au Bénin pourrait permettre de confirmer ces résultats. La prise en compte des constats issus de cette étude pourra aider à mieux orienter les actions de sensibilisation, d'informations et de formations à l'endroit des producteurs sur les systèmes durables et leur mise en œuvre.

RÉFÉRENCES

- Abou M., Yabi I., Yolou I., Ogouwale E. (2018). Caractérisation des systèmes de production sur les sites d'aménagements hydro-agricoles dans le doublet Dangbo-Adjohoun au sud du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12: 462-478.
- Afandhi A., Al Aluf W., Prasetya B. (2019). Evaluation of the Lowland Rice Sustainability Based on the Dimensions of Biological Control in Besur Village, Lamongan District. *The Indonesian Green Technology Journal*, 8: 17-21.
- Alidou A.B., Yabi J.A. (2019). Durabilité des systèmes de culture d'igname dans la commune de Tchaourou au Nord-Bénin. *Afrique Science*, 15: 156-172.
- Andrieu N., Howland F.C., Sogoba B., Zougmore R.B. (2016). Compte-rendu synthétique de l'atelier «Priorisation d'investissement en Agriculture Intelligente face au Climat au Mali». cgspace.cgiar.org (en ligne).
- Anupama Y. J., Kiran S. K., Hegde S.N. (2019). Heavy metals and pesticides in chronic kidney disease—results from a matched case-control study from a rural population in Shivamogga district in South India. *Indian Journal of Nephrology*, 29: 402.
- Assouma D., Ollabode N., Issaka K., Yabi, A.J. (2019). Performance économique des producteurs sous divers systèmes de gestion et de distribution de l'eau dans le périmètre rizicole de Malanville. Communication à la 1^{ère} conférence internationale sur enjeux et perspectives économiques en Afrique Francophone à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, (4 au 6 février 2019).

- Badiane A. (2022). Changement climatique et riziculture: Savoirs et stratégies des paysans de Basse-Casamance pour une transition agroécologique. Thèse de Doctorat, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal.
- Berque A. (2004). Vers une ontologie du paysage. *Natures Sciences Sociétés*, 12: 305-306.
- Blanchart E., Razafimbelo T., Audouin S., Muller B., Razafimahatratra, H.M., Raharison, T. (2020). Intensification écologique de l'agriculture des Hautes Terres de Madagascar. https://agritrop.cirad.fr/597761/1/BM_Agroecologie_ecran_Ver5_Ecran.pdf.
- Bourbonnais R. (2021). Économétrie. Dunod.
- Briquel V., Vilain L., Bourdais J.-L., Girardin P., Mouchet C., Viaux P. (2001). La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles): Une démarche pédagogique. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, 25, 29 p.
- Castro J., Sanchez D., Moruzzi Marques P.E., Lucas A. de, Bonaudo, T. (2009). Adaptation de la méthode française IDEA pour l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles de la commune de São Pedro (État de São Paulo, Brésil). XVI Journées Rencontres, Recherches et Ruminants, Paris: INRA-Institut de l'Élevage.
- Côte F.-X., Poirier-Magona E., Perret S., Roudier P., Rapidel B., Thirion, M.-C. (2019). La transition agro-écologique des agricultures du Sud. Éditions Quae.
- Dassoundo-Assogba C.F.J., Yabi A.J. (2020). Durabilité écologique des systèmes piscicoles dans la vallée de l'Ouémé au sud du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29: 186-196.
- Erbaugh J., Bierbaum R., Castilleja G., da Fonseca G.B., Hansen, S.C.B. (2019). Toward sustainable agriculture in the tropics. *World Development*, 121: 158-162.
- Gautier A., Jacqmin J. (2019). Une nouvelle tarification des réseaux pour favoriser la transition énergétique. *Regards Économiques*, 145: 14 p.
- GSDM (2018). Journal de l'Agriculture. 1-24. <https://gsdm-mg.org/>
- Holling C.S., Gunderson L.H. (2002). Resilience and adaptive cycles. In: *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, 25-62.
- Issoufou O.H., Boubacar S., Adam T., Yamba B. (2017). Déterminants de l'adoption et impact des variétés améliorées sur le productivité du mil au Niger. *African Crop Science Journal*, 25: 207.
- Jagoret P., Ruf F., Du Castel C., Harmand J.-M., Rafflegeau S., Saj S., Snoeck D., Wibaux T. (2019). L'agroforesterie: Des pratiques diversifiées pour la transition agro-écologique de la cacaoculture africaine. *La transition agro-écologique*, 59.
- Khene, B., Araba F., Otmani R. (2020). Gestion de la fertilité des sols dans les oasis de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional d'Algérie). *Revue des bio ressources*, 10: 9-9.
- Lienhard P., Castella J.-C., Ferrand P., Cournarie M., d'Aquino P., Scopel É., Bougnoux N. (2019). Accompagner les acteurs de la transition agro-écologique au Laos. *La transition agro-écologique*, 89.
- Lobietti M., Michels T., Poletti S., Cabot V., Danflous J.-P., Le Bellec F., Lesage S., Thomas P., Zahm F. (2018). La méthode IDEA Réunion-IDEA RUN-Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. CIRAD.
- Mangara A., Kouame M.T., Soro K., N'Da A.A.A., Gnahoua G.M., Soro D. (2014). Test d'efficacité d'un herbicide en culture d'ananas, à la station d'expérimentation et de production d'Anguédédou en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 80: 7161-7172.
- Meleis A.I. (2010). *Transitions theory: Middle range and situation specific theories in nursing research and practice*. Springer publishing company.
- Mueller V., Sheriff G., Dou X., Gray C. (2020). Temporary migration and climate variation in eastern Africa. *World Development*, 126: 104704.
- Nations Unies (2020). Objectifs de développement durable. New York: Nations Unies.
- Sero Chabi I., Issaka Kassimou, Koutchele Sadikou, Yabi A.J. (2020). Déterminants de l'adoption des systèmes de production à base d'anacardier au Centre et au Nord-Est du Bénin. *Afrique Science*, 17:177-188.
- Topanou O.L., Okou C., Boko M. (2015). Durabilité agro-écologique des exploitations agricoles dans la commune de Gogounou au Bénin. *Afrique Science*, 11: 129-137.
- Vaarst M., Escudero A. G., Chappell M. J., Brinkley C., Nijbroek R., Arraes N.A.M., Andreasen L., Gattinger A., De Almeida G.F., Bossio D. (2018). Exploring the concept of agroecological food systems in a city-region context. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42: 686-711.
- Vilain L. (2008). La méthode IDEA: Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Educagri éditions.
- Yabi J.A., Yegbemey R.N., Tovignan D.S. (2017). La gestion des facteurs de production comme une adaptation aux variations climatiques inter-saisonnières: Cas de la riziculture au Bénin. In "Les systèmes socio-écologiques en Afrique du Nord et de l'Ouest face au changement global: Gouvernance, adaptation, viabilité et résilience", (pp. 200-220).
- Zahm F. (2013). De l'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles à partir de la méthode IDEA à la caractérisation de la durabilité. *Les indicateurs territoriaux du développement durable*, 285-314.
- Zoundji G.C., Zossou E., Vissoh P., Bognonkpe G., Vodouhe S. D. (2022). Analyse genre des effets des changements climatiques sur les moyens d'existence durables des producteurs de riz et stratégies d'adaptation au nord Bénin. *Agronomie Africaine*, 34: 21-32.

Analyse de la performance économique des exploitants du périmètre rizicole de Malanville sous divers systèmes de distribution de l'eau

Hervé AGOSSADOU¹, Pamphile DEGLA¹, Barnabé AGALATI¹

(Reçu le 14/03/2023; Accepté le 04/04/2023)

Résumé

Cette étude s'est focalisée sur l'analyse de la performance économique des riziculteurs sous deux systèmes de distribution d'eau dans le périmètre rizicole de Malanville. L'étude a été conduite auprès d'un échantillon raisonné et aléatoire de 160 chefs d'exploitations rizicoles. Les données socio-économiques et démographiques ont été collectées à l'aide d'un questionnaire semi-structuré. L'analyse des données a été réalisée à l'aide de statistiques descriptives et du modèle de fonction frontière de Cobb-Douglas. Il ressort des résultats que le riziculteur a un revenu net d'exploitation de 275 216 FCFA/ha lorsqu'il opte pour le système gravitaire et 200 093 FCFA/ha, lorsqu'il opte pour l'utilisation de la motopompe. Par contre, les producteurs qui utilisent la motopompe sont économiquement plus efficace (0,57%) que ceux utilisant le système gravitaire (0,52%).

Mots clés: Eau, Système de distribution, Performance économique, Efficacité

Economic performance analysis of Malanville rice farmers under different water supply systems

Abstract

This study focused on analyzing the economic performance of rice farmers under two water distribution systems in the Malanville rice-growing area. The study was conducted on a sample of 160 rice farm managers. Socio-economic and demographic data were collected using a semi-structured questionnaire. The data were analyzed using descriptive statistics and the Cobb-Douglas frontier function model. It was found that the rice farmer has a net operating income of 275 216 FCFA/ha when he opts for the gravity system and 200 093 FCFA/ha when he opts to use the motor pump. On the other hand, producers who use the motor pump are more economically efficient (0.57%) than those using the gravity system (0.52%).

Keywords: Water, Distribution system, Economic performance, Efficiency

INTRODUCTION

L'eau est une ressource très indispensable à la vie. Dénrée de première nécessité et exploitée dans presque que tous les domaines de la vie, elle est devenue un bien économique ces dernières années du fait de sa rareté (Assouma *et al.*, 2019). Les variations climatiques et l'accroissement rapide de la population, aussi bien mondiale que nationale, expliquent en particulier cette rareté (Houdret 2009 et Assouma *et al.*, 2019). Selon Alamasso (2018), les fluctuations climatiques réduisent l'offre en eau par une modification du régime des précipitations et une diminution de la hauteur des pluviométriques annuelles. De ce fait, l'agriculture pluviale se trouve dans les impasses, créant ainsi une instabilité à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, et une pauvreté accrue dans les ruraux. Face à cette situation, l'Afrique de l'Ouest en général et en particulier le Bénin a besoin d'augmenter sa production agricole afin de répondre à la demande de la population en matière de nourriture et du bien-être (Sally *et al.*, 2010). Pour y parvenir, l'investissement dans l'irrigation des superficies de production agricole s'avère indispensable (Assouma *et al.*, 2018). Ainsi, dans le même sens, le gouvernement du Bénin dans sa nouvelle politique agricole a pris en compte le développement de l'irrigation en tant que sous-secteur devant bénéficier d'un investissement massif de l'ordre de 11000 ha de terre (PSDSA, 2017; Assouma *et al.*, 2019). En effet, la République du Bénin développe depuis les temps coloniaux jusqu'à nos jours, des aménagements hydro-agricoles à travers l'intervention des partenaires techniques et financiers. Elle a donc procédé à l'installation des équipements des terres à des fins d'irrigation. Cependant, il faut noter que malgré tous ces efforts, les irrigations surtout modernes (gravitaire, goutte à goutte

etc.) se trouvent limitées par d'importantes contraintes. Celles-ci concernent en premier lieu la faible réussite de la gouvernance d'action collective autour des périmètres irrigués et en second lieu, cela est dû aux coûts de remplacement élevés des kits et de nombreux problèmes techniques liés aux systèmes gravitaires, goutte à goutte etc. Dans ces conditions, le producteur fait le choix d'une technologie pouvant maximiser son profit et augmenter sa performance économique (Théorie néoclassique, 2019). Autrement, les agriculteurs choisissent la technologie la plus appropriée pour eux. Ainsi, à travers l'usage des motopompes, les riziculteurs de Malanville au nord-est du Bénin, ont fait de la maîtrise de l'eau leur priorité et sont parvenues à satisfaire leur autosuffisance alimentaire en dépit des conditions pluviométriques très défavorables. Selon Dillo (2010), l'arrivée sur le marché de motopompes moins chères avec possibilité de location ou d'emprunt réduit l'usage des systèmes gravitaire, goutte à goutte, pompe à pédale etc. Dans ce contexte, la recherche des performances des exploitants dans leur manière d'allouer les facteurs de production aussi rare devient impérative. Ce faisant, la présente étude s'est fixée pour objectif d'évaluer la performance économique des exploitants du périmètre irrigué de Malanville sous divers systèmes de distribution de l'eau.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude et échantillonnage

L'étude a été menée au Bénin, précisément à Malanville, une commune située à l'extrême nord du pays dans le pôle de développement agricole 1. Elle couvre une superficie de 3 016 km² dont 80 000 ha de terre cultivables. La zone

¹ Département d'économie et de Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

d'étude est le périmètre rizicole de Malanville situé dans la vallée du Niger allant de Guéné jusqu'au lit mineur du fleuve. D'une superficie de 516 ha, subdivisée en dix quartiers hydrauliques de tailles variables, il est le plus grand des périmètres irrigués du Bénin. D'une importance socio-économique et alimentaire pour les usagers, le périmètre irrigué de Malanville est sous un climat soudano-sahélien avec l'alternance d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche

Collecte de données

Les unités enquêtées sont les producteurs, les chefs d'exploitation du périmètre rizicole irrigué de la zone d'étude. Au total, cent soixante (160) riziculteurs échantillonnés de façons aléatoires ont été interviewés. La constitution de l'échantillon a été raisonnée (le choix guidé des producteurs) et au hasard (le choix aléatoire des riziculteurs). Un questionnaire semi-structuré a été administré aux riziculteurs à l'aide du Kobocollect. Les données quantitatives et qualitatives relatives aux caractéristiques socio-démographiques et économiques ont été collectées.

APPROCHES D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE ÉCONOMIQUE DES EXPLOITANTS DU PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ

Approche d'évaluation de la rentabilité économique

D'après Degla (2012), il existe dans la littérature plusieurs méthodes d'évaluation de la rentabilité d'une activité ou d'un système de production. Il s'agit par exemple de la Matrice d'Analyse des Politiques (MAP) (Houndékon, 1996; Ibro *et al.*, 2001; Fanou, 2008), de la méthode basée sur le bilan ou celle utilisant le compte de résultat ou compte d'exploitation (Mensah, 2006; Yegbemey, 2009; Biaou, 2010).

Ainsi, en nous appuyant sur Degla (2012), c'est le compte d'exploitation qui a été retenu pour la présente étude à cause de sa simplicité. Le compte de résultat est un document comptable synthétisant l'ensemble des charges et des produits d'une entreprise pour une période donnée appelée

exercice comptable. Sous sa forme classique, le compte de résultat est présenté sous forme de tableau dans lequel les soldes intermédiaires de gestion sont définis. Ces soldes intermédiaires de gestion sont les suivants: la Marge Commerciale; la Valeur Ajoutée; l'Excédent Brut d'Exploitation; le Résultat d'Exploitation; le Résultat Net d'Exploitation. Ces différents soldes permettent de mieux expliquer le résultat qui est l'indicateur de rentabilité (Degla, 2012).

Pour apprécier la contribution des systèmes d'irrigation au revenu agricole net des producteurs adoptants, nous avons calculé le revenu agricole net obtenu par les adoptants de chaque système d'irrigation. Par la suite, le test t de student de comparaison des moyennes a été effectué pour évaluer la différence entre le revenu des adoptants de chaque système.

Produit Brut en Valeur

Le produit brut correspond à la valeur totale des produits issus d'un processus de production (Sodjinou, 2016). Dans son calcul, on peut comptabiliser les flux internes (par exemple la production autoconsommée) ainsi que les productions non encore vendues au prix du marché, c'est-à-dire au prix auquel l'exploitant pourrait vendre sa production sur le marché. En désignant par Q la quantité totale produite d'un bien, Qv la production vendue, Qa la production autoconsommée, Qnv la production non encore vendue et P le prix unitaire de vente du bien, le produit brut en valeur (PBV) est donné par (Sodjinou, 2016):

$$PBV = Q \times P = (Qv + Qa + Qnv) \times P = S \times R_{ji} \times P \quad (1)$$

Avec S la superficie totale produite en hectare, R_{ji} le rendement en kg/ha, P le prix unitaire de vente du produit fini en FCFA/kg (Sodjinou, 2016).

Consommations Intermédiaires

Les consommations intermédiaires (CI) sont les biens et services entièrement consommés au cours du processus de production ou au cours de la période de référence (Sodjinou, 2016). Les éléments qui le constituent sont notamment

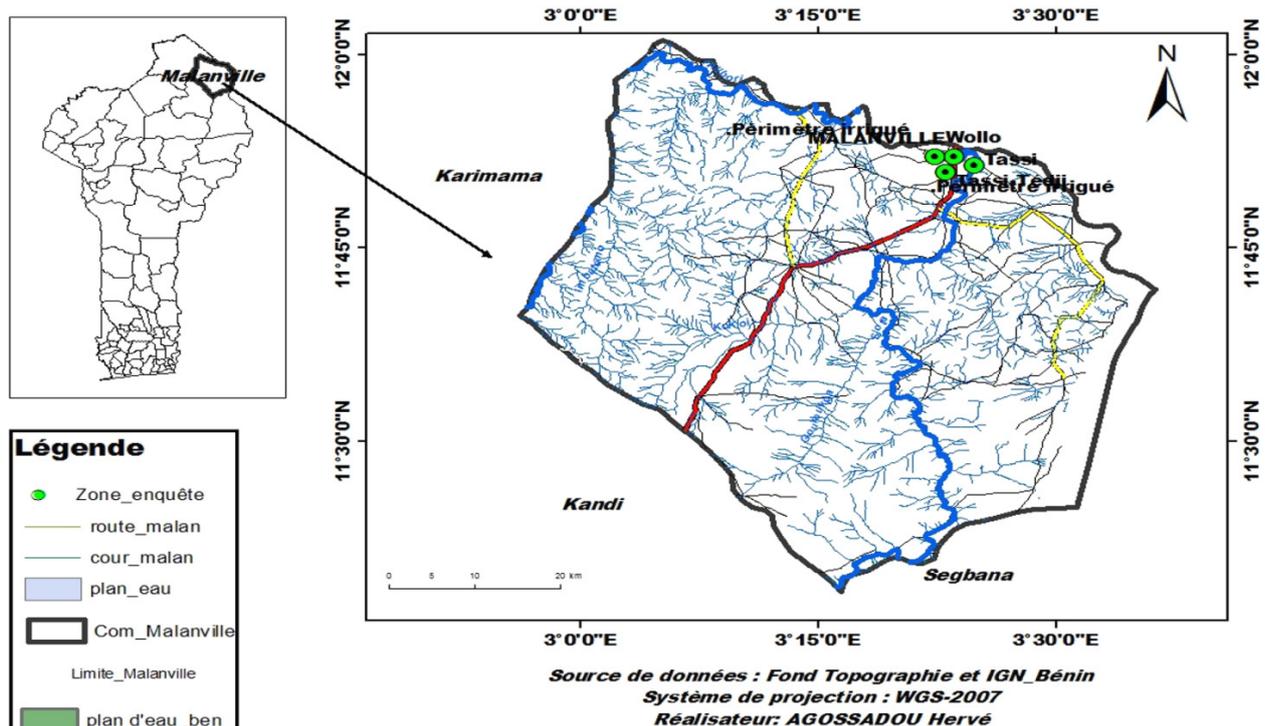


Figure 1: Carte de la zone d'étude

les achats de matière et marchandises, les travaux, fournitures et services, les transports et déplacements, les frais divers de gestion (Sodjinou, 2016).

Valeur Ajoutée (VA)

La valeur ajoutée (VA) correspond à la différence entre le produit brut et la valeur des consommations intermédiaires (CI). La VA s'écrit (Sodjinou, 2016):

$$VA = PBV - CI \quad (2)$$

Résultat brut d'exploitation

Le résultat brut d'exploitation (RBE) est donné par la différence entre la valeur ajoutée (VA) et les frais tels que la rémunération du travail (MO), les frais financiers (FF) et les taxes (T). Il peut s'écrire (Sodjinou, 2016):

$$RBE = VA - (MO + FF + T) \quad (3)$$

Le résultat brut d'exploitation indique le gain ou la perte économique de l'agent une fois acquittées toutes les charges d'exploitation courantes ou les coûts d'exploitation de la période de référence que sont les consommations intermédiaires, le travail, les frais financiers et les taxes.

Résultat net d'exploitation

Le résultat net d'exploitation (RNE) ou Revenu Agricole Net (RAN) correspond au solde du RBE diminué de la valeur de l'amortissement des équipements de production (Am). Il a pour formule (Sodjinou, 2016):

$$RNE = RBE - Am \quad (4)$$

Le résultat net d'exploitation indique le gain ou la perte économique compte tenu des investissements ou des ressources que l'agent a dû immobiliser antérieurement (Sodjinou, 2016).

Approche d'évaluation des efficacités

L'approche de la fonction stochastique proposée par Aigner *et al.* (1977) et utilisée par Amoussouhoui *et al.* (2012) pour analyser l'efficacité économique des producteurs de semence du riz, est aussi utilisée dans cette étude. De cette approche, nous pouvons comprendre que l'erreur liée à l'allocation des ressources est composée des risques dus aux facteurs aléatoires et aussi à l'inefficacité du producteur. Cette approche est utilisée dans cette étude car la performance des producteurs face aux réalités africaines est influencée par de nombreux facteurs aléatoires (inondations, variation du climat, etc...). Le modèle peut se présenter comme suit:

$$Y_i = f(X_i, \beta) + V_i \quad \text{avec } V_i = \epsilon_i - t_i \quad (5)$$

Notons dans ce modèle que $f(X_i, \beta)$ représente une fonction de production du riziculteur qui prend la forme Translog ou Cobb Douglas et V_i , le terme d'erreur ayant les deux composantes. D'une manière détaillée, ϵ_i représente le premier terme d'erreur du uniquement aux variations d'output du riziculteur dont il n'a pas contrôle causés par les facteurs comme le climat, la chance, la topographie, etc. Ces erreurs expliquent que la performance du riziculteur chute par ce que sa production peut ne pas se trouver sur la frontière efficace. Hormis ces erreurs, d'autres peuvent être aussi

provenus de la collecte des données du terrain (données aberrantes, données manquantes, erreurs d'observation). Le t_i quant à lui représente les erreurs liées aux producteurs eux-mêmes, pouvant influencer négativement sa performance technique et allocative.

Modèle empirique d'estimation des efficacités de la performance technique, allocative et Économique des riziculteurs

Estimation de l'efficacité technique

Pour différencier l'inefficacité dues aux riziculteurs du périmètre et celles liées aux facteurs non contrôlables par ceux-ci, il a été utilisé dans cette étude la fonction frontière stochastique. Dans le but d'éviter les problèmes d'itération et de corrélation entre variables indépendantes.

La forme globale du modèle est présentée comme suit:

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln(X_i) + V_i \quad \text{avec } V_i = \epsilon_i - t_i \quad (6)$$

Avec Y la production du producteur i , β_0 la constante qui exprime la valeur de productivité n'ont influencées par les facteurs. B_i l'élasticité de la production par rapport à chaque facteur, ϵ_i , l'erreur purement aléatoire non contrôlable, t_i , l'inefficacité du riziculteur i , on désigne par i , un riziculteur du périmètre. X_i représente les variables explicatives entrant dans le modèle.

Tableau 1: Variables entrant dans le modèle d'estimation de la fonction de production et signes attendus

Variables	Signification des variables	Signes attendus (\pm)
BETA1	La quantité d'eau utilisée (m^3)	+
BETA2	La quantité de semence du riz utilisée(kg)	+
BETA3	La quantité d'NPK et d'Urée (kg)	+
BETA4	La quantité d'herbicides totaux et sélectifs (litre)	+
BETA5	La quantité de la main d'œuvre salariée (hj)	+

Estimation de l'efficacité allocative

La fonction frontière de coût qui peut être obtenu à partir de la dérivation par dualité de la fonction frontière de production de type Cobb-Douglas, a permis d'avoir les indices d'efficacité de coût. Dans le cas où cette fonction prend la forme de la fonction frontière de production, la performance d'allocation du riziculteur, dépend de sa meilleure combinaison productive d'inputs en tenant compte de leur prix en vue d'optimiser le profit ou de minimiser les coûts à un niveau de production donnée. La fonction frontière suivante a été inspiré du modèle présenté par Ogundari et Odjo (2006), et citer par Tovignan *et al.* (2018).

$$+ \ln(C_i) = \ln(A) + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln(X_i) + V_i - U_i$$

Avec C_i le coût total de la production du producteur i , B_i l'élasticité du prix par rapport à chaque facteur introduit dans le modèle; V_i terme d'erreur (variables aléatoires hors du contrôle des riziculteurs) et U_i erreur liées aux riziculteurs.

Tableau 2: Variables entrants dans le modèle d'estimation de la fonction du coût avec signes attendus

Variables	Signification des variables	Signes attendus (±)
BETA01	Le prix moyen de l'eau d'irrigation utilisée (FCFA)	-
BETA02	Le prix moyen de semence du riz utilisée (FCFA)	-
BETA03	Le prix moyen des engrais NPK et d'Urée (FCFA)	-
BETA04	Le prix d'herbicides totaux et sélectifs	-
BETA05	Le prix total de la main d'œuvre salariée	-
BETA06	Le taux d'intérêt des prêts du producteur	-

Estimation de l'efficacité économique

L'efficacité économique du producteur (EE_i) étant le produit entre l'Efficacité Technique du riziculteur (ET_i) et l'Efficacité Allocative (EA_i), on peut donc déduire que:

$$\text{Si } EE_i = ET_i * EA_i \text{ alors } EA_i = \frac{EE_i}{ET_i}$$

RÉSULTATS

Caractéristiques socio-démographique des enquêtés

Du tableau 3, il ressort que l'âge moyen des chefs d'exploitations enquêtés est en moyenne $42,6 \pm 12,2$. La taille moyenne des ménages est de 8 personnes avec un actif agricole moyen de 6 personnes. La superficie moyenne totale du riz emblavé par les exploitants du périmètre est de 1,86 ha avec un rendement moyen total de 3593 kg/ha. La majorité des exploitants du périmètre sont des hommes (60,8 %). 23,0 % seulement ont un niveau d'éducation formelle et 74,9 % ont noué contact avec les services de vulgarisation.

Rentabilité économique de la production du riz au périmètre irrigué sous divers systèmes de distribution d'eau

Pour obtenir la performance économique des exploitants du périmètre irrigué sous la production du riz, nous avons considéré deux systèmes de distribution de l'eau dont le système de la station de pompage (système d'irrigation gravitaire) et système de motopompe (système d'irrigation par motopompe). De l'analyse du tableau 4, il ressort que le coût moyen total de la production du riz est 203 078 FCFA/ha avec un paddy moyen total de 3 593 kg/ha dans

la zone d'étude. Le Revenu Brute d'Exploitation (RBE) est en moyen de 276 607 FCFA/ha, chez les adoptants potentiels du système gravitaire contre 218 634 FCFA/ha chez les utilisateurs de motopompe. Aussi, le Revenu Net d'Exploitation (RNE) est en moyenne de 275 216 FCFA/ha pour le système gravitaire contre 200 093 FCFA/ha chez les utilisateurs de motopompe. Donc, économiquement la production du riz sur le périmètre irrigué est rentable, quelques soit le système de distribution de l'eau.

Il faut noter une différence significative de 10% du point de vue statistique de comparaison fisher entre les indicateurs économiques (RBE et RNE) des deux systèmes de distribution de l'eau. Par conséquent, le système de distribution de l'eau affecte la performance économique des exploitants du périmètre rizicole.

Efficacité Technique, Allocative et Économique des exploitants du périmètre irrigué sous divers systèmes de distribution de l'eau

Efficacité Technique

L'estimation de la fonction de production a été faite par la fonction frontière de type Cobb-Douglas. L'analyse du tableau 5, ressort que les résultats de régression montrent que le modèle est globalement significatif de 1%. Le paramètre γ est significatif de 1% et différent de zéro chez les deux groupes de producteurs. Ainsi, seulement 4% des inefficacités chez les riziculteurs dont la source d'eau d'irrigation est la station de pompage, sont dues aux facteurs environnementaux sur lesquels ceux-ci n'ont pas de contrôle (l'inondation, les fortes pluies répétitives, les fortes températures, la poche de sécheresse) contre 22% chez les utilisateurs de la motopompe.

La quantité d'eau utilisée, la quantité des intrants (NPK et Urée) et la quantité de la main d'œuvre possèdent un coefficient positif au niveau des deux groupes de producteurs. Il en résulte que la quantité du riz produit est positivement corrélée par la quantité d'intrant, la quantité de la main d'œuvre, la quantité d'eau utilisée. Autrement, une augmentation de ces facteurs de production, augmenterait la quantité du riz. De plus, on constate que le score d'efficacité technique moyenne est de 0,96 pour le système gravitaire contre 0,86 pour la motopompe. Ces résultats montrent que le niveau de performance technique des deux types de riziculteurs est respectivement 96% et 86%.

Tableau 3: Caractéristiques socio-démographiques et économiques des producteurs

Variables	Mode de gestion collective	Mode de gestion individuel	Ensemble	Chi-deux / Fisher
Variables quantitatives				Fisher
Age (ans)	43,2 ± 12,0	42,6 ± 12,1	42,6 ± 12,2	0,04
Taille du ménage	6,67 (4,02)	8,81 (5,30)	7,66 (4,88)	3,19*
Superficie production (ha)	1,76 (0,61)	1,97 (0,99)	1,86	1,84
Actifs agricoles	6,80 ± 3,78	5,74 ± 3,75	6,09 ± 3,54	6,93
Expérience en riziculture	7,19 ± 7,18	11,2 ± 11,7	7,87 ± 8,86	17,9*
Variables qualitatives				Chi-deux
Activité principale du producteur (Oui/Non) (%)	87,3	97,4	94,8	5,40
Sexe (Homme/Femme) (%)	64,1	70,1	60,8	5,61***
Niveau d'éducation formelle	13,6	21,8	23,0	11,8***
Appartenance à une organisation (Oui/Non) (%)	94,7	24,1	40,3	33,3***
Accès aux services de vulgarisation (Oui/Non) (%)	87,6	56,1	74,89	7,23***

Tableau 4: Compte d'exploitation de la production du riz sur le périmètre rizicole sous deux systèmes de distribution de l'eau

Indicateurs de Rentabilité	Modalités	Modes de distribution de l'eau	
		Station de pompage	Motopompe
Produits			
Paddy en Kg/ha	Moyenne	3 754	1 628
	Écart-type	3 433	2 492
	T-Student	$t=-0,918; ddl=139; P=0,410$	
Prix du paddy en FCFA/kg	Moyenne	125	125
Produit Brut en Valeur en FCFA/ha	Moyenne	470 853	331 840
	Écart-type	430 545	325 839
	T-Student	$t= 0,702; ddl= 158; P=0,686$	
Charges variables			
Semence	Moyenne	5 722	3 204
	Écart-type	6 255	3 730
	T-Student	$t=0,937; ddl=158; P=0,198$	
Engrais NPK UREE	Moyenne	72 138	35 393
	Écart-type	80 038	37 394
	T-Student	$t=1,304; ddl=158; P=0,362$	
Herbicides Totaux Sélectifs	Moyenne	4 453	2 794
	Écart-type	4 651	2 549
	T-Student	$t=0,422; ddl=158; P=0,851$	
Insecticides	Moyenne	4 539	6 269
	Écart-type	5 457	5 937
	T-Student	$t=0,887; ddl=158; P=0,849$	
Coût intermédiaire (CI) en FCFA/ha	Moyenne	90 973	38 046
	Écart-type	100 383	38 679
	T-Student	$t= 1,464; ddl=158; P= 0,543$	
Autres dépenses en FCFA/ha	Moyenne	9 843	3 303
	Écart-type	10 238	3 205
	T-Student	$t=0,718; ddl=158; P=0,623$	
Valeur Ajoutée (VA) en FCFA/ha	Moyenne	379 880	330 162
	Écart-type	106 127	99 987
	T-Student	$t=0,665; ddl=158; P=0,714$	
Main-d'œuvre (CMOS) en FCFA/ha	Moyenne	93 430	49 558
	Écart-type	101 291	53 421
	T-Student	$t= 0,820; ddl=158; P= 0,929$	
RBE en FCFA/ha	Moyenne	276 607	104 206
	Écart-type	218 634	91 094
	T-Student	$t=0,630; ddl=140; P=0,0764$	
Amortissement en FCFA/ha	Moyenne	13 904	18 542
	Écart-type	1 434	1 511
	T-Student	$t=-0,552; ddl=140; P=0,382$	
RNE (FCFA/ha)	Moyenne	275 216	108 057
	Écart-type	200 093	101 638
	T-Student	$t=0,237; ddl=142; P= 0,065$	

Tableau 5: Fonction de production de type Cobb-Douglas

Variables	Station de pompage		Motopompe	
	Coefficients	Écart-type	Coefficients	Écart-type
Constante	3,74***	0,54	2,47**	0,64
LnBETA1	0,27***	0,30	0,43***	0,09
LnBETA2	0,055	0,27	0,04	0,98
LnBETA3	0,47***	0,02	0,36**	0,02
LnBETA4	0,56	0,06	0,85	0,13
LnBETA5	0,01***	0,50	0,02*	0,58
Y	0,96***		0,86***	
Log likelihood	-38,0		-56,3	
Wald chi2	234,0 **		322,0 ***	
Nombre d'observation	112		48	

*** =1%, ** =5%, * =10%. Source: enquête terrain 2021

Efficacité Allocative

L'estimation de la fonction de coût a été faite par la fonction frontière de coût stochastique de type Cobb-Douglas. De l'analyse du tableau 6, il en résulte que les modèles estimés sont globalement significatifs au seuil de 5% et 1%. En effet, la présence ou non d'inefficacité a été testé à travers le paramètre Υ . De ce tableau, la valeur de Υ est 0,65 et 0,75 respectivement chez les riziculteurs adoptants le système gravitaire et ceux utilisant la motopompe, tous significatifs de 1% et différent de zéro. Ceci indique que 35% et 25% des variations des coûts des intrants sont dues aux facteurs aléatoires. Il faut noter par contre que les ressources ne sont pas très bien allouées en tenant compte de leur prix dans les deux systèmes de production du riz car les indices d'inefficacité sont largement élevés.

Parmi les variables introduites dans les modèles, quelques-unes sont significatives au seuil de 1%, 5% et 10%. Il s'agit des variables: prix de l'eau au seuil de 5% et négatif, prix de l'engrais de 1% et positif et le prix de la main d'œuvre de 1% (système gravitaire). Ces mêmes variables sont respectivement significatives et positives de 1% de 10% et 1% et le prix de l'herbicide au seuil de 1%(Motopompe). Le signe négatif observé au niveau des prix de l'engrais et de la quantité de mains d'œuvre chez les deux groupes de producteur confirme nos attentes. Ce résultat montre que la rareté des intrants agricoles (NPK et Urée) due à leur manque, à leur cherté et leur indisponibilité dans la zone d'étude influence négativement la production du riz totale à l'hectare. Concernant la main d'œuvre salariée, il est important de noter leur rareté accrue dans la zone d'étude. Les riziculteurs font face aux problèmes sérieux de manque de la main d'œuvre salariée au point où ils sont obligés d'associer celle familiale devant des tailles de ménages aussi petites. Par ailleurs, on constate que le coefficient du prix de l'eau est négatif chez les adoptants du gravitaire et positif chez ceux de la motopompe. Ceci indique que la montée du prix de l'électricité qui permet de pomper l'eau au niveau de la station, réduit la quantité d'eau allouée au niveau des casiers et par extrapolation une chute de la production totale à l'hectare. Toutes ces contraintes réduiraient la performance allocative du riziculteur.

Efficacité Économique

Après la vérification de la performance technique et allocative des riziculteurs à travers l'estimation des efficacités technique et allocative, les indices d'efficacité économique qui n'est rien d'autre que le produit des indices d'efficacité technique et allocative ont été déterminés. La moyenne d'indice d'efficacité la plus élevée se trouve chez les producteurs de Motopompe (0,57%). Ceci traduit le niveau d'organisation de ces catégories de producteurs dans la mobilisation de l'eau pour la production du riz sur le périmètre.

DISCUSSION

L'activité agricole est exclusivement réservée aux hommes surtout en Afrique (Dossouhoui *et al.*, 2017). Les résultats issus de nos recherches confirment cette affirmation, puisque les riziculteurs interviewés dans le périmètre rizicole sont majoritairement des hommes (60,8%). La faible superficie du riz enregistré (1,86 ha), s'explique par la rareté des terres dans la zone d'étude due à l'augmentation de la population surtout agricole. Aussi, pour profiter du fleuve Niger et être à l'abri de la pénurie d'eau surtout dans la saison hivernale, la majorité des riziculteurs préfère installer leur culture dans le périmètre rizicole. Ces résultats répondent à ceux rapportés par Assouma *et al* (2019) et Yabi *et al.*, (2017) qui ont prouvé respectivement que la superficie du riz à Malanville est en moyenne 2,30 ha et 0,81 ha. Le rendement moyen du riz sur le périmètre rizicole de Malanville est de 3 593 kg/ha et ceci répond au rendement rapporté par Assouma *et al* (2019), et Dossouhoui *et al.*, (2017) qui sont respectivement de 3100 et 3133 kg/ha. Mais notre résultat est supérieur au rendement rapporté par Arouna et Diagne (2013).

Par ailleurs, au Bénin, la production du riz sous divers systèmes de culture est rentable (Assouma *et al.*, 2019), (et Sossou *et al.*, 2017); Yabi *et al.*, (2012). Pour permettre aux riziculteurs d'avoir une maîtrise d'eau pour la production du riz, il a été introduit au sein des Coopératives Villageoises des Riziculteurs de Malanville un système de distribution de l'eau (système gravitaire). A cause de

Tableau 6: Fonction du coût de production de type Cobb-Douglas

Variables	Station de pompage		Motopompe	
	Coefficients	Écart-type	Coefficients	Écart-type
Constante	3,74***	0,94	3,41**	0,90
LnBETA01	-0,87**	0,13	0,36***	0,47
LnBETA02	0,50	0,37	10,1	0,80
LnBETA03	-0,27***	0,62	-1,36*	0,62
LnBETA04	0,76***	0,16	0,95***	0,73
LnBETA05	-0,51***	0,50	-12,0***	0,68
LnBETA06	2,10**	0,13	1,08*-	0,65
Υ	0,65***		0,74***	
Log likelihood	-68,0		-96,3	
Wald chi2	334,5**		321,7***	
Nombre d'observation	112		48	

*** =1%, ** =5%, * =10%. Source: enquête terrain 2021

Tableau 7: Statistiques descriptives de l'efficacité économiques

	Système gravitaire	Motopompe
Moyenne	0,52	0,57
Écart-type	0,16	0,14
Minimum	0,33	0,31
Maximum	0,85	0,87

certaines difficultés liées à la gestion de ce système, certains producteurs du riz ont décidé de faire usage de la motopompe sur le périmètre rizicole afin de résoudre les problèmes de maîtrise de l'eau sous culture du riz. Ainsi, le revenu net d'exploitation de la distribution de l'eau par la station de pompage (système gravitaire) est de 2752166,34 FCFA/ha contre 200 093 FCFA/ha chez les utilisateurs de motopompe. Il convient de noter une différence significative au seuil de 10%. Ce qui indique que le mode de distribution de l'eau est corrélé avec la performance des riziculteurs du périmètre. Ces résultats sont contraires à ceux rapportés par Assouma *et al.*, (2019) pour qui le mode de distribution de l'eau n'affecte pas la performance économique des riziculteurs sur le même périmètre. Il faut noter que, ces revenus corroborent à ceux rapportés par Yabi *et al.*, (2017) qui est de 258 100 FCFA/ha et Sossou *et al.*, (2017) qui est de 240 878 FCFA/ha. Alors, on en déduit que les riziculteurs rentabilisent leur production quel que soit le type de système de distribution de l'eau exploité. Cette affirmation est contraire à la conclusion de Assouma *et al.*, (2019) qui ont mené une étude similaire dans le même périmètre rizicole.

La performance économique de chaque groupe de producteur du riz a été par ailleurs analysée à travers la détermination de trois types d'efficacités. Il s'agit de l'efficacité technique qui a permis de vérifier la performance du riziculteur dans la combinaison de ses facteurs de production; l'efficacité allocative qui a permis de vérifier la performance du producteur dans l'allocation de ses facteurs de production en tenant compte de leur prix du marché et enfin l'efficacité économique. Des résultats obtenus, le niveau de performance technique des deux types de riziculteurs est respectivement 96% et 86%. Ces résultats sont dans le même sillage que ceux rapportés par Tovignan *et al.*, (2018). Ceux-ci ont prouvé que le niveau d'efficacité technique des producteurs du coton biologique est de 85%. S'agissant par contre de la performance allocative, les riziculteurs enquêtés n'allouent pas bien les ressources productives en tenant compte de leur prix dans les deux systèmes de production du riz car les indices d'inefficacité sont largement élevés. Plusieurs contraintes sur lesquelles les riziculteurs n'ont pas contrôlé sont plus à la base de cette faible performance dans le milieu d'étude. Ces résultats confirment ceux trouvés par Amoussouhoui *et al.*, (2012), qui prouvent que l'indisponibilité des intrants (NPK et Urée), la rareté de la main d'œuvre salariale, constituent des contraintes majeures influençant la performance du producteur.

CONCLUSION

Cette étude a analysé la performance économique des riziculteurs sous deux systèmes de la distribution de l'eau à travers la détermination de la rentabilité économique et des indices des efficacités technique, allocative et économique. Les résultats montrent la performance des riziculteurs du point de vue revenu net d'exploitation dans les deux systèmes de production. Les indices d'efficacité technique ont aussi prouvé la performance de ceux-ci dans la combinaison de leurs ressources productives. Par contre, nous sommes parvenus à des résultats qui montrent que le niveau performance des riziculteurs dans l'allocation de ces ressources en tenant compte de leur prix du marché est critique à cause de plusieurs contraintes auxquelles

ils sont confrontés. Sur la base des résultats issus de cette recherche, des suggestions suivantes sont formulées pour une amélioration de leur niveau de performance en terme de rentabilité et d'efficacité des producteurs du riz: mettre à la disposition des producteurs des intrants de qualité, à des prix abordables (NPK, Urée) et à bonne date c'est-à-dire avant le début de la campagne agricole ; mettre à la disposition des producteurs des herbicides totaux et sélectifs de qualité et homologué afin de leur permettre de réduire les problèmes de manque de la main d'œuvre; organiser des formations périodiques pour permettre aux producteurs de bénéficier davantage les techniques de production du riz et de bonne utilisation des équipements agricoles. Ces mesures contribueraient à garantir une production croissante du riz et de ce fait à améliorer la sécurité alimentaire.

RÉFÉRENCES

- Assouma, D.S., Ollabode, N., Yabi, J.A. (2019). Les Déterminants des Changements Sociaux Lies a la Gouvernance de l'eau Autour du Périmètre Rizicole de Malanville au Nord-est du Benin. *Eur. Sci. J.*, 15: 1857-7431.
- Amoussouhoui R., Arouna A., Diagne A. (2012). Analyse de l'efficacité économique des producteurs des semences du riz face à la problématique de la sécurité alimentaire: Cas du Bénin. *Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice)*, Cotonou 17 p.
- Danhounsi, S.C. (2007). Efficacité économique des exploitants dans la gestion du périmètre rizicole irrigué de Malanville. Thèse d'ingénieur Agronome, FA/UP, 104 p.
- Degla, P.K. (2020). Analyse comparative des performances économiques des systèmes de production du maïs dans la commune de Banikoara au Nord-Bénin. *Sci. Vie Terre Agron.*, 8 (1).
- Dine S.A., Nouroudine O., Kassimou I., Yabi J.A.(). Performance économique des producteurs sous divers systèmes de gestion et distribution de l'eau dans le périmètre rizicole de Malanville. In Communication à la 1^{ère} conférence internationale sur enjeux et perspectives économiques en Afrique Francophone à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, (4 au 6 février 2019), 857p.
- Ayedegue, L.U., Adegbola, P.Y., Adekambi, S.A., Yabi, A.J. (2018). Déterminants socio-économiques du rendement sur les périmètres riziocoles irrigués du Bénin. *Afrique Science*, 14: 28-37.
- Martin, Y. (2006). Rapport sur la gestion durable des eaux souterraines, Paris, 74 p.
- Regassa E. Namara, Hilmy Sally (2010). Irrigation in West Africa: Current Status and a View to the Future. Proceedings of the Workshop held in Ouagadougou, Burkina Faso, December 1-2, 2010, 361 p.
- Sagbo Paul H., Silvère D.T., Epiphane S. (2018). Analyse de l'efficacité économique de la production du coton biologique équitable au Bénin. *Annales de l'Université de Parakou Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 8: 27-38.
- Sossou H. C., Quenum Y. B., Maboudou Alidou G. Yarou Koto J., Arodokoun U. (2017). Analyse de la rentabilité de la production du riz basée sur les différents types d'aménagements contractuel au centre du Bénin. *Bulletin de la recherche agronomique du Bénin*, 81: 1025-2355.
- Théorie néo-classique du producteur (2019). Wikipédia.
- Yabi J. A., Yegbemey R. N., Tovignan S. D. (2017). La gestion des facteurs de production comme une adaptation aux variations climatiques inter-saisonnières : cas de la riziculture au Bénin. 23p.
- Yabi J., Yegbemey R. N. Paraiso A., Chanou P. (2012). Rentabilité économique des systèmes riziocoles de la commune de Malanville au Nord-est du Bénin. 12p.

Relations sociales et influence économique dans la chaîne de valeur du lait local au Sénégal

W. OSSEBI¹, A. D. MBALLO², D. DAO³, M. OROU SEKO¹, D. DIA¹, B. BONFOH³

(Reçu le 17/02/2023; Accepté le 27/04/2023)

Résumé

Malgré son importance socio-économique, la filière lait local au Sénégal peine à maîtriser les déterminants de son développement. Une étude de cette chaîne de valeur s'est déroulée dans la région de Kaolack auprès de 349 acteurs et a permis d'évaluer les facteurs de risque du marché et le niveau d'influence socio-économique des acteurs. Les résultats montrent que la valeur ajoutée globale est forte selon la structure du revenu, inégalitaire et captée en majorité par les transformatrices artisanales du lait local. Le réseau d'échange économique régional est quasi-absent et comblé par un réseau social peu dense. Ainsi, le développement de la chaîne de valeur du lait local doit passer par une mobilisation à la fois des relations économiques et sociales et une meilleure redistribution de la valeur ajoutée aux différents acteurs.

Mots-clés: Chaîne de valeur, Valeur ajoutée, lait, réseau social, intégration économique

Social relations and economic influence analysis in the local milk value chain in the groundnut basin, Senegal

Abstract

Despite its socio-economic importance, the local milk sector in Senegal is struggling to overcome the factors that determine its development. The milk value chain study took place in the Kaolack region with 349 stakeholders and assessed the market risk factors and the level of socio-economic influence of the stakeholders. Results show that the overall added value is significant according to the income structure, relatively unequal and captured mostly by women with traditional processing of local milk. The regional economic exchange network is almost absent and the gap is filled by a sparse social network. Thus, the development of the local milk value chain requires a mobilization of both economic and social networks and a better redistribution of the added value to the different stakeholders.

Keywords: Value chain, Added value, milk, social network, economic integration

INTRODUCTION

Au Sahel, les éleveurs vivent dans un environnement soumis à de nombreux aléas: changement climatique, crises économiques, sociales et politiques (Alary *et al.*, 2011). Dans ces conditions, ils utilisent la mobilité comme une stratégie durable de gestion du troupeau et la diversification des activités comme une stratégie d'adaptation pour améliorer leurs productions et moyens de subsistance. Ils tentent principalement de sécuriser leur système de production animale, ainsi que leur patrimoine socio-économique et culturel (Corniaux *et al.*, 2009). Ils ont recours de manière opportuniste aux marchés à bétail pour y réaliser des revenus prévisibles permettant de couvrir leurs dépenses de consommation courante (Wane *et al.*, 2010; Fadiga, 2013; Habanabakize *et al.*, 2022).

Les pratiques et comportements des éleveurs se fondent sur le commerce de produits laitiers qui est effectué pour satisfaire les besoins de base. Ould Taleb *et al.* (2011) considèrent le lait comme un moteur de changement socio-économique de grande envergure, lequel contribue jusqu'à 80% dans les revenus annuels des éleveurs (Ndiaye, 2018). Au Sénégal, le lait provient majoritairement du système extensif (84%) et son offre a crû de 49,2% sur 10 ans sous l'effet des différentes politiques laitières (MEPA, 2015). Cependant, cette production couvre à peine 50% des besoins de consommation nationale. Le reste provient des importations de poudre de lait évaluées à près de 70 milliards de FCFA¹ par an. Le lait produit localement, est peu inséré dans le marché de l'industrie locale et cette importance diminue (9% en 2006 et 5% en 2012 de la production laitière nationale) (Duteurtre

et al., 2010; Corniaux *et al.*, 2015; Tournaire, 2019). Des mesures d'incitations visant quasi exclusivement l'amélioration de l'offre sont formulées. Il s'agit de l'insémination artificielle, des cultures fourragères, de la sédentarisation, promues par l'autorité publique pour réduire la vulnérabilité des éleveurs et renforcer leur capacité à améliorer leur système d'activité (Corniaux *et al.*, 2009; Alary *et al.*, 2011). Par ailleurs, ces mesures visent aussi le renforcement des liens au sein de la chaîne de valeur qui peine à maîtriser les déterminants de son développement entre l'éleveur et l'industriel. L'hypothèse est qu'une telle approche devrait tenir compte des relations complexes entre les parties prenantes de la chaîne de valeur, comme le soulignent Polge *et al.* (2018), de l'encastrement de la production et du commerce dans le social et le culturel. Mais, l'analyse de l'efficacité des écarts le long des chaînes de valeur des produits de base reste très faible. Les chaînes de valeur des produits agropastoraux au Sahel correspondent à la notion de système A de Ruben *et al.* (2007). Ce système A se caractérise par des systèmes traditionnels de production avec plusieurs petits producteurs et intermédiaires, des chaînes de valeur locales, des faibles systèmes d'information sur les marchés, une distance et un temps de transport plus longs et des réseaux de distribution complexes. Dans ce contexte, les éleveurs ont recours à une commercialisation «mesurée» en nombre d'unités vendues comme en décisions temporelles de mises sur le marché pour arbitrer leurs nécessités immédiates et leurs besoins anticipés de moyen terme (Wane *et al.*, 2010). La productivité mesurée est vue par ces auteurs comme étant la production économique d'une combinaison de facteurs de production, y compris le travail, le capital et

¹ 1 euro = 655,957 FCFA

¹ École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, Sénégal

² International Fund for Agricultural Development, Nairobi, Kenya

³ Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire

d'autres facteurs. Ainsi, sur la base de ce concept, le présent article a pour but de souligner l'intérêt des autres facteurs de production dans les contextes sahéliens en analysant leurs relations complexes et les incitations induites qui existent dans les chaînes de valeur agropastorales. L'objectif de cette étude est d'analyser la chaîne de valeur du lait local dans la région de Kaolack, au Sénégal. Il s'agit de façon spécifique de déterminer la valeur ajoutée globale de la chaîne de valeur et de caractériser la structure des relations que les différents acteurs entretiennent entre eux à l'aide des données empiriques et à travers l'analyse des réseaux sociaux et des approches d'analyse de correspondance multiple.

Cet article aborde dans la section 2 l'approche globale de l'étude qui présente le cadre et la zone cible, la structure de la chaîne de valeur et la méthode d'échantillonnage, l'enquête et le traitement inédit des données de la chaîne de valeur du lait local. La section 3 décrit les principaux résultats qui sont discutés dans la section 4 suivie d'une conclusion qui dégage les perspectives d'amélioration du fonctionnement de la chaîne.

APPROCHE GLOBALE DE L'ÉTUDE

Cadre théorique

Le marché est l'une des formes de gouvernance de l'activité économique qui génère de la valeur ajoutée (Williamson, 1991). Il est aussi une structure sociale (Steiner, 2005) où naissent des relations personnalisées, comme dans les sociétés pastorales où la seule fonction marchande du capital animal est dépassée par ses multiples usages (Wane *et al.*, 2010). Ainsi, les activités économiques des éleveurs sont encadrées dans des relations sociales. Granovetter (1985) et Gereffi *et al.* (2001) révèlent l'importance des relations dans la gouvernance des chaînes de valeur (Bair, 2010) à partir de l'analyse des réseaux sociaux. Dans cette analyse, la relation entre alter ego devient primordiale (Scott et Carrington, 2011) et détermine leur position et leur influence

(Wane *et al.*, 2017). C'est là tout l'intérêt de la chaîne de valeur qui relie les acteurs dans l'espace entre eux et avec les marchés. Une chaîne de valeur est entendue comme l'ensemble des activités requises dans le cycle de vie d'un produit, de la conception au traitement final après usage, en passant par la production, la transformation et la livraison au consommateur (Kaplinsky et Morris, 2002; Medicamento et De Gennaro, 2006; Arnoldus et Van Der Pol, 2011). Les conceptions les plus avancées de cette notion intègrent désormais la question du recyclage et des déchets. Cette question n'est pas au cœur du propos de l'article.

Pour comprendre le mode de fonctionnement du marché laitier à Kaolack, le concept d'intégration régionale a été utilisé à travers les approches de chaîne de valeur et de réseaux sociaux (Temple *et al.*, 2011; Hugon, 2015) qui tiennent compte des relations de pouvoir. Suivant leur structure, les réseaux facilitent d'une part la coordination et la distribution des ressources et d'autre part, ils peuvent réduire l'incertitude et la vulnérabilité des acteurs, et ainsi contribuer à passer à un système plus résilient (Alary *et al.*, 2016).

Zone d'étude

Le travail a été réalisé de septembre à octobre 2014 dans la région de Kaolack qui est subdivisée en trois départements: Kaolack, Nioro, Guinguineo. Il s'agit d'une zone de transition entre les milieux sahélien et soudanien couvrant 2,5% du territoire national. Cette zone agro-pastorale du bassin arachidier est réputée pour ses productions agricoles avec près de 50% de la production nationale d'arachide et du mil-sorgho et 11% de la production laitière nationale (Ba Diao *et al.*, 2004; MEPA, 2015; Sall, 2015). L'élevage pratiqué est de type extensif avec une complémentation animale à base de sous-produits agricoles. En 2014, les observations avaient montré que l'élevage à Kaolack était pratiqué par des agropasteurs (64%), des éleveurs (28%) et d'autres acteurs (8%).

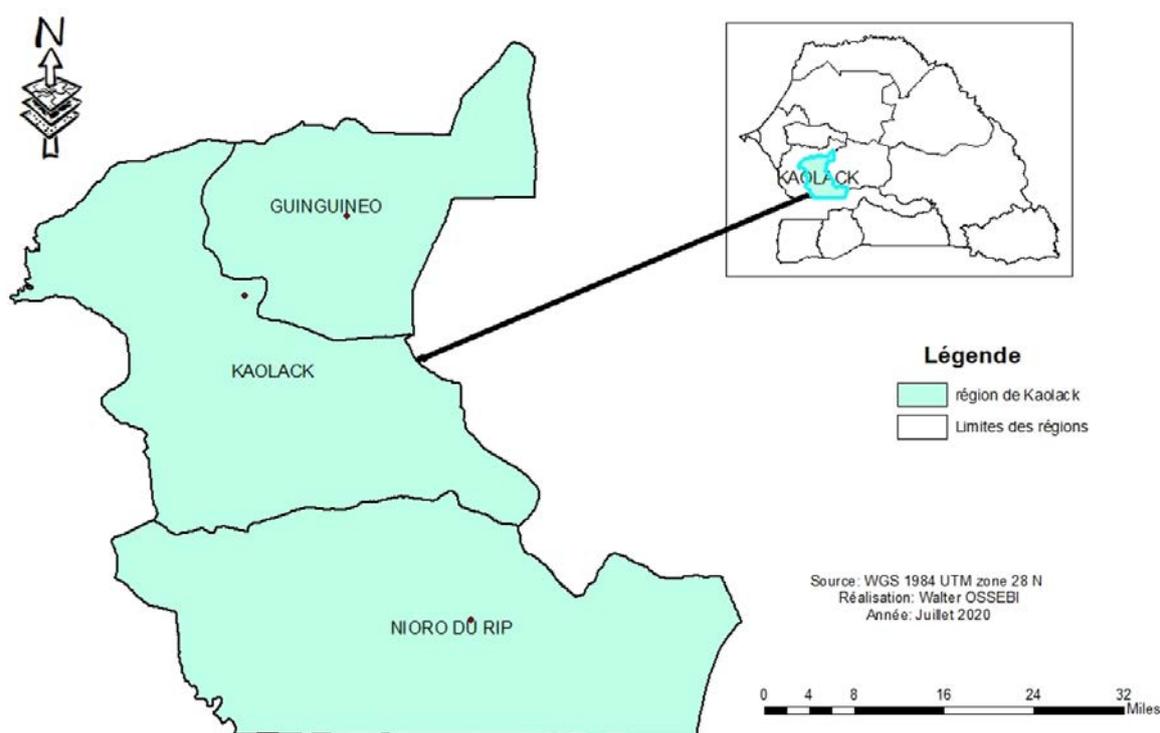


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

Structure de la chaîne de valeur du lait local dans la région de Kaolack

La chaîne de valeur du lait local dans la région de Kaolack est organisée, autour de 14 organisations professionnelles (OP) et de trois mini-laiteries. Le premier maillon de la chaîne de valeur est constitué des agropasteurs et des éleveurs. La conduite de l'élevage de type sédentaire assure une production laitière moyenne de 9 litres par exploitation par jour dont 30% sont autoconsommés. Les proportions de volume laitier sont plus importantes dans le département de Kaolack (40%) que ceux de Nioro (33,5%) et de Guinguinéo (26,5%). Le deuxième maillon, constitué de collecteurs, relie la production à la transformation. Il est plus développé dans le département de Kaolack et ventile 32% de la production de lait de la zone. Le troisième maillon est celui des transformatrices artisanales du lait frais en lait spontanément fermenté. Le processus de production adopté par ces femmes d'éleveurs est caractérisé par une quasi-inexistence de technologie appliquée. Le lait chauffé ou non est hermétiquement fermé dans un pot pour une fermentation spontanée. Les transformatrices captent 65% du volume de lait de la zone et se partagent des informations socio-techniques et économiques. Elles utilisent les mêmes techniques de transformation, vendent ensemble et se confient les clients en cas de rupture de stock. Elles ne s'approvisionnent pas sur le marché puisque la traite, la transformation et la vente du lait font partie des tâches assignées aux femmes dans les ménages des sociétés pastorales (Corniaux *et al.*, 2005). En cas d'excédents de production et à défaut de transformer le lait dans la concession, certaines femmes les cèdent aux mini-laiteries qui représentent le quatrième maillon de la chaîne. Sur trois mini-laiteries de la région, deux situées dans les départements de Kaolack et Nioro avaient cessé de fonctionner. La troisième mini-laiterie localisée dans le département de Kaolack appartient au Directoire Régional des Femmes en Elevage (Dirfel). Elle ne collecte que 3% du volume de lait de la zone qui représente un dixième de sa capacité de production. Elle est instable sur les plans financier et managérial, mène une activité partielle et fait face au retrait de plus de la moitié des membres fournisseurs.

Échantillon, critères d'inclusion et enquêtes

Un travail préliminaire réalisé sous forme de discussion de groupes avec les Organisations Professionnelles (OP) et la mini-laiterie a permis d'identifier une liste d'adhérents estimé à 2500 dont la répartition spatiale est fortement concentrée sur un rayon de 30 km autour de chaque département de la région. En accord avec les acteurs précités, les trois départements de la région sont retenus comme sites d'étude aux fins de cerner la problématique globale de la

chaîne de valeur du lait local. C'est ainsi que l'échantillonnage aléatoire par site ou aréolaire a été adopté autour de ces trois départements ou sites. Au sein de chaque site, tous les acteurs ont été sélectionnés suivant la méthode boule de neige que Combessie (2007) estime pertinente pour des études des formes de pouvoir et de réseaux. Les premiers acteurs identifiés grâce aux responsables des OP ont servi de relais pour contacter d'autres acteurs de la même zone. Ils ont été sélectionnés sur la base des critères décrits au tableau 1. L'étude a couvert 348 acteurs individuels de la chaîne de valeur lait qui, d'un point de vue statistique, devraient représenter une marge d'erreur de 5% et un niveau de confiance de 95%. La définition de la sous population l'a d'abord été par site, partant du site le moins peuplé vers le plus peuplé (29%, 33% et 38% pour les sites C, B, A). Pour chaque site, au moins 45% des acteurs devraient provenir des transformatrices, le reste étant réparti entre producteurs et intermédiaires. Ces derniers ne sont rencontrés qu'au niveau du segment de Kaolack et un taux maximal de 10% a été retenu. Il a été joint à cet effectif un acteur organisationnel (la mini-laiterie) pour un échantillon total de 349 acteurs.

L'enquête transversale a été réalisée auprès des acteurs sous forme d'entretiens semi-structurés. Le support d'enquête pour chaque acteur était subdivisé en deux parties. La première partie a permis de collecter les paramètres tels que la quantité de lait frais/fermenté produite, les prix d'achat et de vente du litre du lait frais/fermenté, le coût de production (coûts de transactions et consommations intermédiaires) suivant les saisons sèche et humide pour déterminer la valeur ajoutée. Au niveau de la mini-laiterie, les données provenaient d'un registre de 6 mois d'activité. La valeur ajoutée a été calculée par jour y compris sa répartition. La deuxième partie a porté sur les rapports qu'entretiennent les acteurs entre eux et avec le marché grâce à des questions sociométriques. Il s'agissait de collecter d'après certains auteurs (Granovetter, 1985; Wane *et al.*, 2017) des données sur «qui interagit avec qui», et sur leur «contenu en termes de liens économiques» [partage de connaissances ou informations et de savoir-faire: conseil (technique de production, opportunités de marché) et/ou coopération/participation (berger commun, implication dans le travail de l'autre), avec réciprocité des services rendus] et de liens sociaux (le réseau social² est l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur du lait local: famille, voisin, membre d'une même organisation, etc.) permettant d'établir les règles de sociabilité (Cusset, 2006). Les acteurs ont été interrogés en langues locales (*wolof* ou *pulaar*) sur les places de marché ou dans leur lieu de résidence (éleveurs, transformatrices, collecteurs).

² Il est caractérisé par des relations sociales, de la coopération technique et du partage de connaissances.

Tableau 1: Critères d'inclusion et effectif des acteurs de la chaîne de valeur du lait local (A=Kaolack; B=Nioro; C=Guinguinéo)

Acteurs	Critères d'inclusion	Sites			Total
		A	B	C	
<i>Individuels</i>					
Producteurs	Posséder un cheptel pour produire et commercialiser du lait et/ou des produits laitiers	59	59	54	172
Collecteurs	Collecter le lait frais et l'acheminer vers les transformatrices ou la mini-laiterie.	13	-	-	13
Transformatrices	Transformer localement du lait frais en lait fermenté destiné à la vente	61	56	46	163
<i>Organisationnels</i>					
Mini-laiteries	Disposer des informations sur le passé de l'entreprise et être accessoirement fonctionnel	1	-	-	1
	Total	134	115	100	349

Modèle d'analyse des données

Les données collectées ont été analysées à l'aide des logiciels Excel 2007 et SPAD version 5 et R version i386 3.1.2. Microsoft Excel 2007 a été utile pour le dépouillement et la construction des graphiques puis le calcul de la valeur ajoutée (chiffre d'affaires moins les consommations intermédiaires), laquelle a permis ensuite de déterminer l'indice Gini. Cet indice a été décomposé pour déterminer si le niveau global de la valeur ajoutée s'explique par la situation à l'intérieur des sites (intra) ou par la différence entre eux (inter).

Pour analyser les relations entre les acteurs au niveau régional, l'approche réseau social a été utilisée (Butts, 2008). Les deux principaux paramètres dans l'analyse d'un réseau social sont les individus et les relations. Pour désigner les individus, on utilise le terme de nœud ou encore sommet et pour les relations, le terme d'arcs ou arêtes. Ainsi un réseau social $R(N, g)$ peut être défini comme la donnée d'un ensemble de nœuds $N = 1, 2, \dots, n$ et d'une matrice g carré de taille n . Dans cette matrice, chaque ligne i et chaque colonne j représente un nœud (individu) et leur intersection g_{ij} indique s'il y a une relation entre elles. g_{ij} prend des valeurs binaires en fonction de l'existence d'un lien (1) ou pas (0). La position d'un nœud par rapport à un autre est caractérisée par la distance. Dans un réseau social, la géodésique (distance entre deux sommets) permet aussi de déterminer les indicateurs pertinents de densité et de centralité (degré, intermédialité, proximité). Les modèles de calcul de ces indicateurs, issus des méthodes traditionnelles, se sont appuyés sur les travaux de plusieurs auteurs (Gomez *et al.*, 2013; Handcock et Gile, 2010; Brailly et Lazega, 2012; Lazega, 2014). La densité mesure le niveau de connexion du réseau en comparant le nombre de liens présents et ceux possibles si tous les nœuds étaient liés. Les mesures de centralité déterminent ce qui rend un nœud plus proéminent qu'un autre. La centralité renvoie donc à l'importance et à l'influence d'un nœud. Compte tenu du caractère multidimensionnel de cette notion, des indicateurs de centralité ont été construits (Jackson, 2008). La centralité de degré mesure le nombre d'interactions (entrantes et sortantes) qu'entretient un nœud avec les autres parties prenantes du réseau (Otte et Rousseau, 2002). La centralité d'intermédialité appréhende le pouvoir d'un nœud par sa fréquence à servir d'intermédiaire entre deux nœuds. Ce pouvoir diminue si le chemin géodésique entre ces deux sommets n'est pas unique, c'est-à-dire qu'il existe un autre canal par où le sommet ne passe pas. La centralité de proximité permet d'apprécier la distance qui sépare un nœud des autres nœuds du réseau. Plus un sommet est proche des autres sommets, plus la distance moyenne entre lui et les autres est petite et donc plus l'inverse est grand. L'interdépendance des attributs et comportements des agents a été aussi captée par le concept d'homophilie.

Ce dernier permet de ressortir les relations sociales privilégiées ou le partage d'information avec des individus partageant des attributs semblables (Sewell, 2017).

Les mesures de centralité de degré et d'intermédialité ont été ensuite introduites comme variables qualitatives parmi les facteurs de risque associés au marché que Wane *et al.* (2017) ont mis en évidence pour étudier l'influence des acteurs d'un secteur. Ces facteurs sont le pouvoir de fixation de prix, la dépendance au marché et l'asymétrie de l'information. Pour analyser la vulnérabilité des acteurs de la chaîne de valeur du lait local, l'analyse des correspondances multiples qui sert à étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives a été réalisée. Dans la présente étude, cette analyse cherche à déceler les acteurs de la chaîne de valeur du lait local qui partagent les mêmes caractéristiques suivant les modalités des variables. Cela a permis de déterminer les facteurs caractéristiques ainsi que les acteurs influents. Pour identifier les acteurs influents avec précision, l'indicateur d'influence a été construit à la lumière des travaux de Wane *et al.* (2017).

Le logiciel R i386 3.1.2 avec sa série d'extensions Statnet a servi à l'analyse du réseau social, la réalisation du test d'homophilie et la construction des graphiques de liens entre différents acteurs ainsi qu'à la détermination des facteurs caractéristiques d'un acteur influent ou non. L'usage du logiciel SPAD a permis l'analyse des correspondances multiples (ACM) pour identifier les groupes d'acteurs de la chaîne de valeur qui partagent les mêmes caractéristiques avec des graphiques de répartition des modalités et de la valeur ajoutée.

RÉSULTATS

Valeur ajoutée par segment

Tous les acteurs contribuent à la formation de la valeur ajoutée (Tableau 2). Les transformatrices qui s'approvisionnent majoritairement (95 %) sans frais en lait issu du troupeau de leurs concessions, sont les acteurs qui génèrent plus de la valeur ajoutée avec 399 ± 150 FCFA/litre. En supputant que ce lait soit acquis au prix du marché (400 FCFA) ou au coût de production (260 FCFA), la valeur ajoutée générée par les transformatrices s'établit à 33 ± 114 FCFA dans le premier cas et à 160 ± 82 FCFA dans le second cas. Ceci correspond à une baisse de 60 à 92% par rapport à la valeur initiale qui est de 399 FCFA. La mini-laiterie, les collecteurs et les éleveurs créent respectivement 211 ± 38 et 186 ± 303 FCFA par litre en moyenne. Les écart-types obtenus indiquent que 68% des transformatrices (prix du marché) et éleveurs ont, respectivement, une valeur ajoutée comprise entre -90 et 147 FCFA et -118 et 489 FCFA par litre de lait.

Tableau 2: Prix, production journalière et coût moyen de production d'un litre de lait à Kaolack

Rubrique	Producteurs	Collecteurs	Transformatrices	Mini-laiterie
Production moyenne (litre)	9 [11,5–6,5]	33 [38–28]	9	90
Coût moyen (FCFA/litre)	260 [53–468]	404	43 ^a - 445 ^b	556
Prix d'achat (FCFA/litre)		325 [300–350]	350 [300–400]	400
Prix de vente (FCFA/litre)	450 [300–600]	525 [450–600]	400 [300–500]	500 ^c – 900 ^d
Valeur ajoutée (FCFA/litre)	185 ± 303	152 ± 38	399 ± 150	211 ± 00

[J]: Représentent les valeurs moyennes relatives à la saison des pluies (borne inférieure) et la saison sèche (borne supérieure). Le coût de production des éleveurs intègre les coûts de consommations intermédiaires (alimentation, eau, santé) et de transactions (transport). Ces derniers sont présents chez les collecteurs et transformatrices dont les facteurs de production (marmites, récipients en inox) sont déjà amortis. La mini-laiterie disposait du matériel et des équipements de conservation et de transformation du lait et avait la capacité d'embaucher du personnel. a: le lait frais provient de l'exploitation sans frais; b: le lait frais provient du marché; c: prix du lait frais pasteurisé; d: prix du lait fermenté vendu en pot. Le pot revient à 240 FCFA.

La valeur ajoutée globale de la chaîne de valeur varie de 581 à 948 FCFA par litre de lait suivant les modalités d'acquisition du lait par les transformatrices. Sa répartition est peu inégalitaire car l'indice de Gini se situe à 0,459. Ainsi, 80% des acteurs de la chaîne de valeur partagent 50% de la valeur ajoutée créée au sein de celle-ci. La décomposition de cet indicateur montre que l'inégalité vient davantage de la différence inter-sites (Gini=0,325, soit 70% des inégalités) qu'intra-sites (Gini=0,134, soit 30% des inégalités). Aussi, la répartition de la valeur ajoutée est plus inégalitaire dans les sites de Nioro (Gini=0,439) et Guinguinéo (Gini=0,307) qu'à celui de Kaolack (Gini=0,184). Ce dernier héberge la principale ville de la région et concentre une grande partie de l'activité économique et des infrastructures routières par rapport aux deux autres qui sont situés en milieu rural et démunis.

Relations entre les acteurs de la chaîne

Liens économiques

Le tableau 3 indique que la centralité de proximité était de 0, ainsi il n'y a pas de différence entre les indegree et les outdegree. Les acteurs étaient à la fois demandés et

sociabilisaient. D'où l'emploi de la centralité de degré pour mesurer les relations économiques entre les acteurs au niveau de la chaîne de valeur lait local.

La figure 2 qui présente les positions des différents acteurs de la chaîne de valeur, montre que la nature et l'intensité des liens entre paires d'acteurs sont assez importantes comparées à celles des composantes de la chaîne. Le niveau de centralité de degré semble fort pour les transformatrices (en gris, rouge et magenta), et moins pour les éleveurs (en vert et bleu). L'intensité des liens entre paires de transformatrices est en général plus dense que celle des éleveurs. Les résultats du test d'homophilie ci-dessous confirment ce postulat (Tableau 4). L'homophilie étant la tendance des acteurs dans un réseau à chercher ou être attirés par ceux qui leur ressemblent en termes de valeurs, d'attitudes et d'attributs socio-démographiques. Elle est donc déterminant pour l'attractivité et l'interaction interpersonnelle.

Les transformatrices et collecteurs sont des acteurs prééminents du fait qu'ils (i) concentrent 97% du lait de la région, (ii) occupent parfois une position intermédiaire entre le producteur et la mini-laiterie, (iii) diffusent des techniques

Tableau 3: Indicateurs de densité de la chaîne de valeur du lait local dans le bassin arachidier

Acteurs	Segment de la chaîne	Densité des liens	
		Économiques	Sociaux
Éleveurs	Kaolack	0,253	0,369
	Nioro	0,107	0,203
	Guinguinéo	0,085	0,188
Transformatrices et collecteurs	Kaolack*	0,112	0,318
	Nioro	0,169	0,338
	Guinguinéo	0,138	0,207
Densité du réseau socio-économique		0,024	0,050
Indicateurs		Centralité des liens	
Outdegree / moyen (médiane)		8,64 (7)	17,2 (12)
Indegree / moyen (médiane)		8,64 (6)	17,2 (12,5)
Degree / moyen (médiane)		17,3 (15)	34,4 (24)
Betweenness / moyen (médiane)		327,8 (7,7)	412,1 (9,5)
Closeness / moyen (médiane)		0 (0)	0 (0)

* : L'indicateur concerne à la fois les transformatrices et les collecteurs

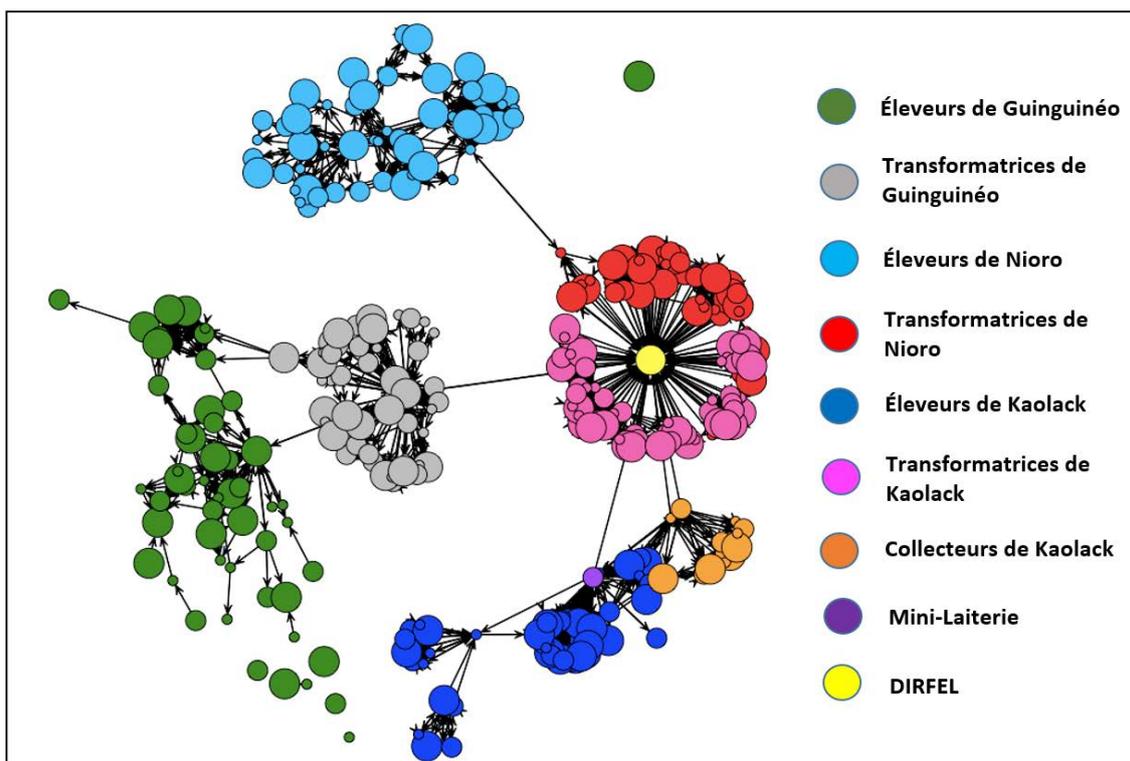


Figure 2: Liens économiques forts entre les acteurs de la chaîne de valeur à Kaolack, Sénégal

de production du lait de meilleure qualité et coopèrent sur le marché. Les éleveurs de Kaolack (en bleu) ont une densité élevée qui se justifie par une gestion centralisée de la conduite du troupeau de plusieurs ménages agropastoraux par un même berger, ce qui réduit les coûts de production et assure un bon suivi sanitaire.

Les acteurs possédant une centralité d'intermédiarité élevée sont très peu nombreux du fait de la faible connexion entre les segments de la chaîne.

La densité du réseau régional ne représentait que 2,4% des relations potentielles globales (Tableau 3). La mini-laiterie (en violet) et le Dirfel (en jaune) ont un rôle important dans la production et la vente du lait local par leur forte implication économique et technique, dans la formation et le conseil des autres acteurs. Seul un nombre faible de fournisseurs ravitaillent la mini-laiterie, qui est en situation de monopsonne contrarié. Les individus en rouge et en magenta se conseillent mutuellement et partagent de connaissances sur leurs activités économiques par le biais du Dirfel. Au-delà de l'entraide présente sur toute la chaîne, ces acteurs ont forgé leurs relations par l'entente sur les processus d'élaboration des produits de qualité, la fixation des prix et les destinataires (collecteurs, un peu moins la mini-laiterie).

Liens sociaux

Les liens sociaux traduisent des relations d'ordre social établies entre les acteurs de la chaîne. La nature et l'intensité de ces liens entre paires d'acteurs sont aussi importantes que celles des composantes de la chaîne. Le niveau de la centralité de degré demeure fort pour les transformatrices (en rouge et magenta) que pour les éleveurs (en cyan à l'exception des bleus). Le partage des connaissances sur les pratiques de production ou culturelles (par exemple la place de l'animal, l'usage des produits laitiers et du bétail, la religion, etc.) explique la nature et l'intensité des liens entre acteurs du même maillon. Ces pratiques culturelles influencent les systèmes de production et de ce fait renforcent par conséquent les liens économiques.

L'on note que 5% des potentielles relations sont présentes dans la région de Kaolack. Une bipolarisation du réseau social est observée entre les agents de Guinguinéo (en gris et vert) et les autres composantes de la chaîne (Figure 3). Au niveau de chaque pôle, les relations interpersonnelles sont soutenues tant entre les paires d'acteurs que les composantes de la chaîne de valeur. Ainsi, les transformatrices détiennent le pouvoir du réseau social car jouissant d'une centralité d'intermédiarité plus élevée que celle d'autres agents.

Tableau 4: Test d'homophilie du réseau laitier dans le bassin arachidier

	Coefficient	Écart-type	z value
Edges	-7,047	0,245	-28,709
nodefactor.Dirfel	6,103	0,232	26,316
nodefactor.EG	-1,039	0,086	-12,043
nodefactor.EK	-0,296	0,082	-3,623
nodefactor.EN	-0,908	0,084	-10,759
nodefactor.ML	5,359	0,247	21,658
nodefactor.TG	-0,750	0,085	-8,817
nodefactor.TK	-0,601	0,082	-7,300
nodefactor.TN	-0,553	0,083	-6,684

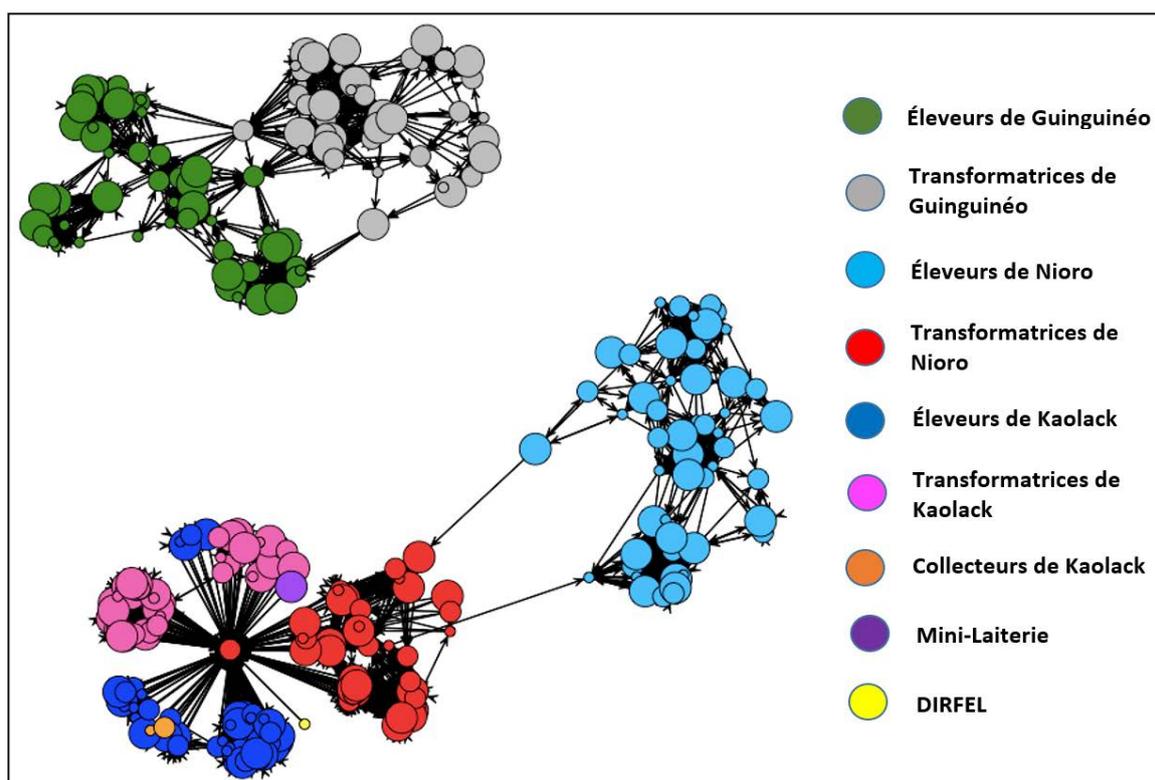


Figure 3: Liens sociaux entre les acteurs de la chaîne de valeur à Kaolack, Sénégal

Place et influence des acteurs dans la chaîne de valeur du lait

L'analyse des correspondances multiples révèle que les deux premiers axes factoriels restituent plus de 22% de l'information contenue dans le tableau initial. Toutes les variables sur les facteurs de risque du marché contribuent à la formation du premier axe. Au vu de l'étalement des modalités des variables sur cet axe (Figure 4), l'on constate qu'il y a une hiérarchisation des modalités suivant l'influence des acteurs. De ce fait, d'après le critère Consistance Ordinale sur le Premier Axe (COPA), l'on observe que cet axe met en exergue deux types d'acteurs: ceux caractérisés par une influence forte dans la chaîne de valeur du lait local (situés du côté des abscisses positives) et ceux dont l'influence est faible, donc vulnérables (situés du côté des abscisses négatives). Le second axe se focalise sur le positionnement des acteurs dans les relations sociales et économiques, donc du pouvoir qu'ils détiennent.

Il semble que les acteurs influents fixent eux-mêmes le prix auquel ils vendent leurs produits. Ils ne sont pas obligés de vendre lorsque le prix de vente est faible. Ils dominent le

marché, et connaissent de manière précise la destination finale de leurs produits. De plus à la lecture du second axe, ces acteurs influents ont une centralité de degré élevée et d'intermédierité moyenne par rapport aux liens économiques et sociaux. Ainsi au-delà d'un positionnement stratégique sur le marché, les acteurs influents sont ceux qui mobilisent davantage des relations interpersonnelles tant sur le plan social qu'économique. Le contraire des caractéristiques précédentes décrit les acteurs non influents. Ils sont caractérisés par une intermédierité et un degré social et économique faible. En d'autres termes, ils subissent les règles du marché et s'engagent que faiblement dans les relations sociales et économiques. L'intermédierité est fondamentale pour l'influence. Mais, la présence des modalités de centralité d'intermédierité et de degré socio-économique moyenne à importante du côté des abscisses négatives est le signe d'une position mitigée de certains acteurs qui interviennent dans la tarification des intrants et la vente des produits laitiers si les prix sont favorables. La figure 5 révèle que les acteurs influents sont ceux qui captent plus la valeur ajoutée par litre de lait et pro-

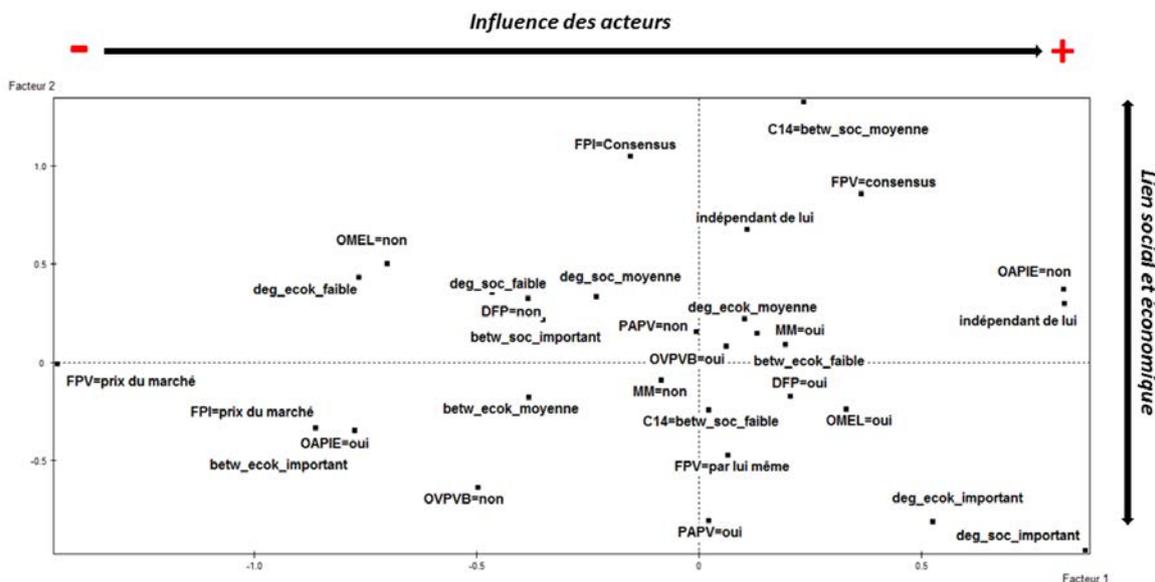


Figure 4: Répartition des modalités d'influence de la chaîne de valeur lait à Kaolack, Sénégal

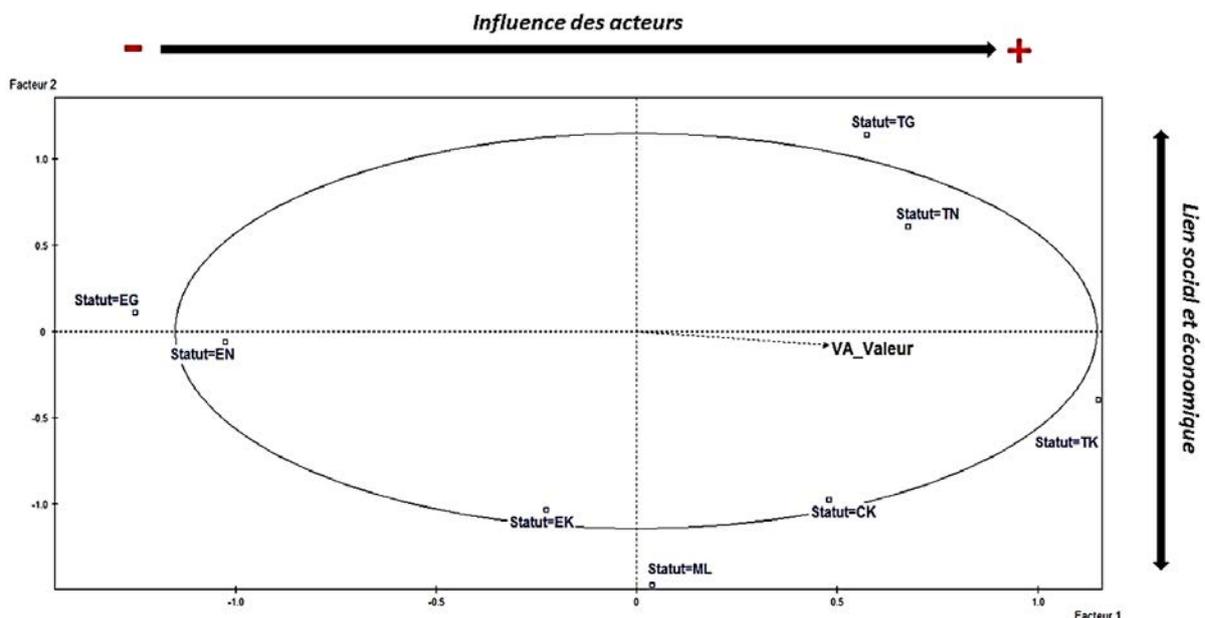


Figure 5: Répartition de la valeur ajoutée par rapport à l'influence des acteurs de la chaîne de valeur du lait à Kaolack, Sénégal
 EG: éleveur de Guinguinéo; EN: éleveur de Nioro; EK: éleveur de Kaolack; TG: transformatrice de Guinguinéo; TN: transformatrice de Nioro; TK: transformatrice de Kaolack; CK: collecteur de Kaolack; ML: mini-laiterie; VA_valeur: valeur ajoutée

duits dérivés, le contraire étant noté chez les acteurs non influents. Par conséquent, les éleveurs apparaissent comme des acteurs non influents de la chaîne de valeur du lait. Les acteurs les plus influents sont constitués des transformatrices de Kaolack (TK), des collecteurs de Kaolack (CK) et de la Mini-laiterie (ML); et dans une moindre mesure les transformatrices de Nioro (TN) et de Guinguinéo (TG).

Faible influence des producteurs dans la chaîne

La construction de l'indicateur d'influence a permis de voir que 46% des acteurs de la chaîne de valeur lait à Kaolack sont non influents. De même, un seuil d'influence à partir duquel l'on peut juger de l'influence ou non d'un quelconque autre acteur de la chaîne de valeur lait local a été calculé. Ce seuil est de -0,00429 montrant que tout acteur dont l'indicateur d'influence est supérieur à cette limite peut être considéré comme influent dans la chaîne de valeur. Ainsi, 94,4% des transformatrices, tous les collecteurs et la mini-laiterie sont influents par rapport aux producteurs (Figure 6). Une telle répartition du pouvoir, qui est en défaveur des producteurs, ne milite pas pour un bon fonctionnement voire le développement de la chaîne de valeur du lait local.

DISCUSSION

Rôle de la valeur ajoutée dans l'organisation de la chaîne de valeur

Les systèmes de production animale sahéliens sont caractérisés par un niveau de risques et d'incertitudes relativement élevé (D'Alessandro *et al.*, 2015). Dans ce contexte, le lait et ses produits dérivés sont utilisés par les femmes comme moyens de subsistances et d'intégration au marché et à la société. Les éleveurs dépendent donc du lait pour leur sécurité alimentaire et participent à une chaîne qui génère une valeur ajoutée avoisinant 1000 FCFA par litre de lait.

Cette valeur ajoutée est très hétérogène chez près de 37% des transformatrices et éleveurs qui affichaient une valeur inférieure ou égale à zéro. Le risque de perte de valeur est très élevé et pour le réduire, les acteurs développent une stratégie de non-collaboration avec les mini-laiteries ou de diversification de leurs activités économiques.

La faiblesse voire la gratuité du processus de transformation et le volume du lait détenu et produit justifient la part importante de la valeur ajoutée captée (6 à 44%) par les transformatrices artisanales. Aussi, la vente directe du lait frais aux unités de transformation modernes, sans valoriser la matière grasse, n'est pas incitative (Corniaux *et al.*, 2005) car elle réduirait leur profit de 70%. Cette situation démontre les échecs d'implantation des mini-laiteries et de l'inorganisation des circuits de collecte lorsque le marché du lait fermenté existe.

Soumis à de profonds changements, les systèmes d'élevage et les chaînes de valeur qui en résultent connaissent de fortes inégalités dans la répartition des revenus. A Kaolack, l'inégalité observée au niveau de la valeur ajoutée n'est pas importante au regard de celle trouvée (0,458-0,650) en milieu pastoral et agropastoral au Sénégal (Wane *et al.*, 2009, 2017). Les inégalités inter-sites étaient fortes et résultent d'une faible coordination des activités économiques due à la distance ou au mauvais état des infrastructures routières rurales, reconnues comme une contrainte à la résilience des acteurs.

Disparité des liens économiques et sociaux

Dans les systèmes pastoraux et agro-pastoraux, les fondamentaux du marché ne sont pas les principaux moteurs de la production laitière, compte tenu de ses multiples usages (Fadiga, 2013) et de l'existence des relations interdépendantes construites autour d'incertitudes économiques, techniques (Lazega, 1994) et même environnementales. Dans la zone de Kaolack, les relations entretenues par les

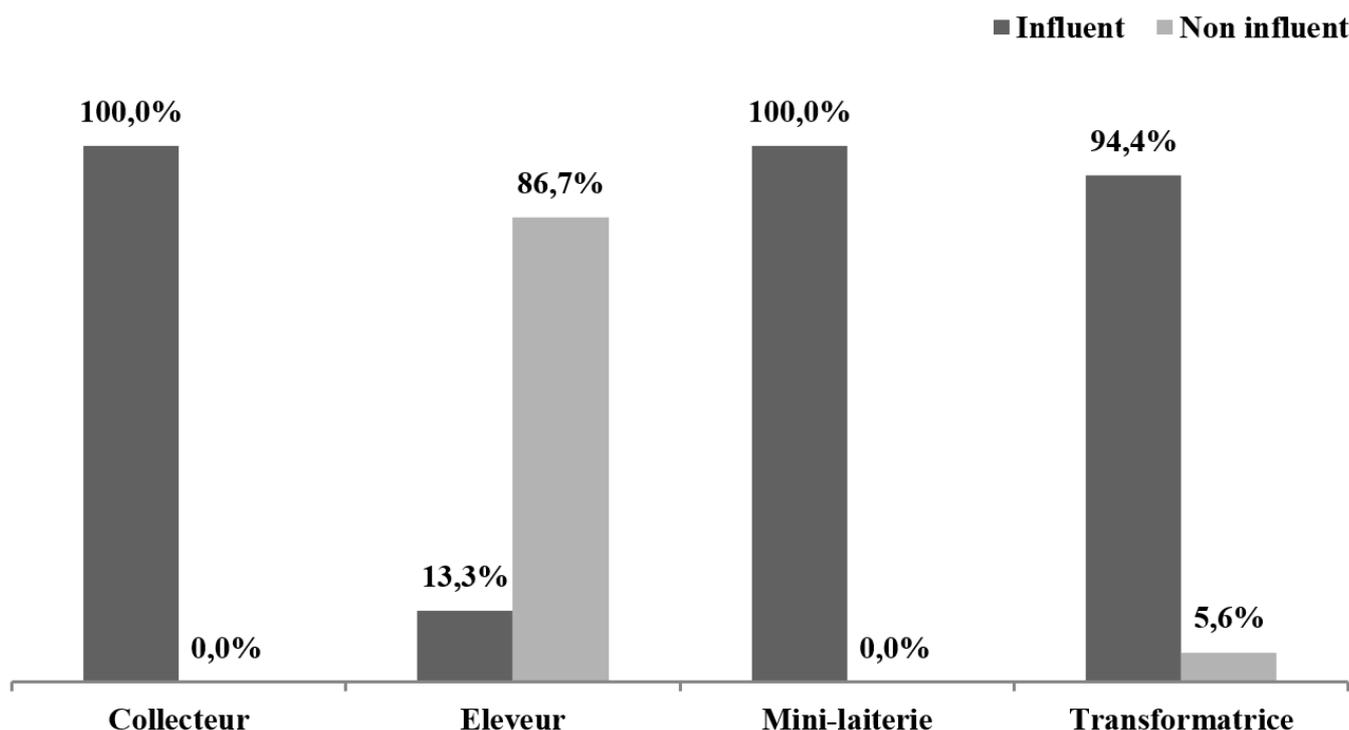


Figure 6: Influence des acteurs de la chaîne de valeur du lait par catégorie à Kaolack, Sénégal

acteurs de la chaîne sont ténues tant sur le plan économique que social. En effet, les interdépendances socio-économiques entre acteurs sont peu visibles du fait de faibles liens inter-segments, lesquels proviennent de l'éloignement géographique des acteurs. Pour réduire l'incertitude et soutenir les échanges commerciaux, de solides médiations sont nécessaires (Fournié, 2018). Lorsque la distance qui sépare les acteurs est grande comme dans la zone agropastorale de Kaolack, les médiations sont à co-construire pour l'efficacité de la chaîne de valeur et pour tirer davantage profit des opportunités du marché au regard de la faible capacité intégratrice des réseaux (Sindzingre, 1998). En plus, des auteurs associent la faible adhésion dans les chaînes de valeur à la rationalité adaptative des acteurs qui recherchent des stratégies de diversification des activités économiques dans un environnement incertain pour se prémunir de l'instabilité de la production et des prix (Dieye, 2003; Moustier, 2012; Ndiaye, 2018). Le postulat émis par ces auteurs selon lequel, dans les pays en développement la gestion des relations interpersonnelles est permanente pour lutter contre l'incertitude n'est pas vérifié entre les composantes de la chaîne. Car il existe 5% des liens sociaux contre 2,4% des liens économiques. Ainsi, la chaîne de valeur est construite sur de faibles interconnexions techniques, économiques et sociales à cause des asymétries de l'information et de pouvoir.

Dans ce contexte, une position centrale est une source de pouvoir; et l'isolement et la marginalité sont synonymes de vulnérabilité (Lazega, 1994). En milieu agropastoral, la position centrale d'un acteur (transformatrice) est la combinaison de sa capacité à changer le fonctionnement du marché en sa faveur et à contrôler les interactions socio-économiques entre d'autres acteurs. Seront influents, les acteurs, qui en plus de la centralité d'intermédiation, auront un degré social et économique important. Ainsi, plus un acteur partage ses connaissances/conseils sur les pratiques de production et entretient des relations sociales avec les autres, plus il devient influent et ainsi réduit les risques liés aux fluctuations du marché à travers les décisions des autres agents économiques dans la chaîne de valeur. Autrement dit, plus un acteur est influent, plus il tire profit que certains maillons de la chaîne de valeur. Son influence se fait également via sa capacité à sécuriser les transactions et le revenu pour les autres acteurs de la chaîne de valeur. Ainsi avec l'instabilité et le fort niveau de dysfonctionnement (mauvaise gestion, mauvaise gouvernance, déséquilibre financier, retrait des membres, faiblesse d'encadrement technique) de la mini-laiterie qui ne favorisent pas le développement de la filière (Polge *et al.*, 2018), les transformatrices et les collecteurs de Kaolack sont les acteurs les plus influents, car entretenant à la fois des relations économiques et sociales. Hugon (2014) estime que le pouvoir de ces acteurs peut influencer négativement sur les prix et les politiques publiques. Mais bien utilisé, ce pouvoir peut devenir un moteur de développement d'une chaîne de valeur, d'un territoire voire d'une région. Donc le développement de la filière lait local ne peut se faire sans l'implication des femmes et des collecteurs. Ces 2 acteurs détiennent par leur relation la sécurité d'approvisionnement auprès des éleveurs par rapport à la mini-laiterie. Dans ce cas, les risques de déviation de la production pénaliseraient la viabilité de la mini-laiterie.

Les producteurs considèrent l'élevage comme une activité culturelle et de reconnaissance sociale et en tire des revenus réguliers. D'après Wane *et al.* (2010, 2017), les producteurs représentent les acteurs les plus vulnérables car étant moins influents dans la chaîne de valeur. Les acteurs non influents sont exposés au risque de fluctuations du marché, et sont vulnérables dans la mesure où ils ne sont pas sûrs de maintenir le même niveau de sécurité alimentaire (FAO, 2013). Dans le but de sécuriser les systèmes de subsistance dans un environnement incertain, les producteurs adoptent des activités économiques de diversification pour réduire leur vulnérabilité. La vulnérabilité des acteurs vis-à-vis des facteurs de risque du marché (dépendance au marché, asymétrie d'information, pouvoir de tarification) constitue un phénomène préoccupant dans les zones rurales. Pour l'atténuer, les relations sociales et économiques que les acteurs nouent dans une chaîne de valeur sont primordiales. Une manière d'améliorer le fonctionnement de la chaîne de valeur est de sensibiliser les acteurs sur l'importance du partage sur des pratiques de production et des informations relatives au marché, ce qui pourrait leur permettre d'anticiper et de gérer les fluctuations dues parfois aux spéculations d'agents influents. La formation, l'érection de l'interprofession, la tenue des réunions et des animations thématiques et l'implication de l'État dans la régulation de ce marché atténueront les inégalités et faciliteront une co-construction d'une chaîne de valeur efficace et viable.

En somme, l'interconnexion au plan régional est faible et constitue une opportunité de marché à saisir pour développer la chaîne de valeur lait local et réduire la vulnérabilité des producteurs. Ainsi une approche pour lutter contre cette vulnérabilité pourrait être le développement des liens sociaux et économiques entre acteurs pour les rendre influents et d'équilibrer les pouvoirs. Car, plus les acteurs occupent une position intermédiaire ou stratégique dans la chaîne, plus ils génèrent de la valeur ajoutée et ainsi profitent du développement de celle-ci.

CONCLUSION

A l'issue de ce travail, l'on note que la chaîne de valeur lait local est un secteur productif de valeur ajoutée, laquelle est inégalement répartie entre les parties prenantes. Le marché informel où sont échangés le lait local et ses produits dérivés est dominé par les intermédiaires. Les producteurs sont vulnérables du fait de la faiblesse de la coopération économique et technique. Le lait issu du système extensif est un facteur de cohésion sociale et cette valeur devrait être prise en compte par toutes les interventions ou options de politiques de développement. Le développement des liens passera par (i) le renforcement des capacités de production, (ii) de l'instauration de la confiance tout au long de la chaîne, (iii) la création d'un environnement commercial (qualité, prix) favorable, (iv) la mise en place de véritables actions interprofessionnelles à travers une plateforme d'innovation technique, organisationnelle et managériale. Les institutions publiques pourraient aider en fournissant une meilleure intégration des connaissances dans les formations (réunions et animations thématiques) et consolider les organisations de producteurs et la mise en réseau dans des cadres permanents de consultation, d'échanges, de collaboration et d'apprentissage.

RÉFÉRENCES

- Alary V., Messad S., Daoud I., Aboul-Naga A., Osman M.A., Bonnet P., Tourrand J.F. (2016). Social network and vulnerability: a clear link in Bedouin society (Egypt). *Human Ecology*, 44: 81-90.
- Alary V., Corniaux C., Gautier D., (2011). Livestock's contribution to poverty alleviation: how to measure it? *World Development*, 39: 1638-1648.
- Arnould M., Van Der Pol F. (2011). Le développement des chaînes de valeurs au Mali: aperçu des différentes approches présentées au sein d'alliance pour l'apprentissage au Mali. Technical report, KIT Development Policy and Practice, 29 p.
- Ba Diao M., Traoré E.H., Dieng A., Sall C., Sow O.S., Tonfio R. (2004). Petites entreprises de transformation et de développement laitier dans la vallée du fleuve Sénégal. *Revue Africaine de Santé et Production Animale*, 2: 25-30.
- Bair J. (2010). Les cadres d'analyse des chaînes globales. *Revue française de gestion*, 2: 103-119.
- Brailly J., Lazega E. (2012). Diversité des approches de modélisation statistique en analyse de réseaux sociaux multiniveaux. *Mathématique et sciences humaines*, 2: 5-28.
- Butts C.T. (2008). Social network analysis: a methodological introduction. *Asian Journal of Social Psychology*, 11: 13-41.
- Combessie J-C. (2007). Sondages, échantillons. In : *la méthode en sociologie*. Paris (France): Ed. La Découverte, p. 45-54.
- Corniaux C., Duteurtre G., Broutin C. (2015). Filières laitières et développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest: l'essor des minilaiteries, Ed. Karthala, Paris, 248 p.
- Corniaux C., Alary V., Cloarec M. (2009). Poids de l'élevage dans l'économie monétaire des ménages et vulnérabilité des agroléveurs en zone Office du Niger (Mali). *Rencontres autour des recherches sur les ruminants*, 16: 341-344.
- Corniaux C., Duteurtre G., Dieye P.N., Pocard-Chapuis R. (2005). Les mini-laiteries comme modèle d'organisation des filières laitières en Afrique de l'Ouest succès et limites. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux*, 58: 237-243.
- Cusset Y. (2006). Les évolutions du lien social, un état des lieux. *Horizons stratégiques*, 2: 21-36.
- D'Alessandro S.P., Fall A.A., Grey G., Simpkin S.P., Wane A. (2015). Senegal - Agricultural Sector Risk Assessment. Agriculture Global Practice Note, n°16, Washington D.C., World Bank Group.
- Dieye P.N. (2003). Comportements des acteurs et performances de la filière lait périurbain de Kolda (Sénégal). Montpellier, Institut agronomique méditerranéen, Mémoire de DEA.
- Duteurtre G., Faya M.D., Dieye P.N. (2010). L'agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché, Ed. Karthala, Paris, 455 p.
- Fadiga M.L. (2013). Valuation of cattle attributes in the malian humid and sub-humid zones and implications for a sustainable management of endemic ruminant livestock. *Environmental Economics*, 4: 39-50.
- FAO (2013). La résilience des moyens d'existence – réduction des risques de catastrophe pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Rome, 124 p.
- Fournié S. (2018). Rôle de l'intermédiation d'une coopérative agricole dans la construction d'un circuit agroalimentaire territorialisé. [2020/03/10] https://www.sfer.asso.fr/source/jrss2018/articles/E53_Fournie.pdf
- Gereffi G., Humphrey J., Kaplinsky R., Sturgeon T.J. (2001). Introduction: globalization, value chains and development. *IDS*, bulletin 32.3, 14 p.
- Gomez D., Figueira J.R., Eusebio A. (2013). Modelling Centrality Measures in Social Network Analysis Using Bi-Criteria Network Flow Optimization Problems. *European Journal of Operational Research*, 226: 354-365.
- Granovetter M.S. (1985). Economic action and social structure: the problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91: 481-510.
- Handcock M.S., Gile K.J. (2010). Modeling social networks from sampled data. *The Annals of applied statistics*, 4: 5-25.
- Habanabakize E., Diasse M.A., Cellier M., Toure K., Wade I., Ba K., Camara A.S. (2022). Caprine milk as a source of income for women instead of a taboo: a comparative analysis of the implication of women in the caprine and bovine value chains in Fatick, Senegal. *Agricultural and Food Economics*, 10: 32.
- Hugon P. (2015). L'intégration régionale et les trappes à vulnérabilité. *Revue tiers monde*, 222: 123-140
- Hugon P., (2014). L'intégration régionale peut-elle réduire la vulnérabilité. In : *10 ans de la Ferdi: un anniversaire pour une nouvelle étape*. Développement durable, développement vulnérable, 17 p.
- Lazega E. (2014). *Réseaux sociaux et structures relationnelles*. Paris, 3^{ème} Ed., Puf-Que sais-je, 128 p.
- Lazega E. (1994). Analyse des réseaux et sociologie des organisations. *Revue française de sociologie*, 35: 239-320.
- Medicamento U., De Gennaro (2006). Social networks and supply chain management in rural areas: a Case study focusing on organic olive oil. In International Association of Agricultural Economists Conference. University of Bari. [Online].
- Ministère de l'élevage des productions animales (MEPA) (2015). Recueil des statistiques de l'élevage. Cellule des études et de la planification (CEP), Dakar, 7 p.
- Moustier P. (2012). Organisation et performance des filières alimentaires dans les pays du Sud: le rôle de la proximité. Synthèse des travaux pour l'habilitation à diriger des recherches. [Online]
- Ndiaye A. (2018). Pastoralisme, résilience et développement : des forages à la grande muraille verte, Ed. L'Harmattan, Dakar, 260 p.
- Otte E., Rousseau R. (2002). Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of information science*, 28: 441-453.
- Ould Taleb M., Bonfoh B., Ould Sidi Abdoullah S., Schelling E., Zinsstag J. (2011). Transformations socio-économiques des producteurs de lait dans le sud de la Mauritanie: cas des fournisseurs de la laiterie «iviski». *The Maghreb Review*, 34: 308-328.
- Polge E., Torre A., Wallet F. (2018). Coexistence et hybridation des modèles agricoles en Amazonie orientale. L'exemple la production laitière dans deux villages de la «commune verte» de Paragominas. *Economie Rurale*, 4: 41-60.
- Ruben R., Van Boekel M., Van Tilburg A., Trienekens J. (eds.) (2007). Governance for quality in tropical food chains, 309. The Netherlands : Wageningen Academic Publishers.
- Sall M. (2015). Les exploitations agricoles familiales face aux risques agricoles et climatiques: stratégies développées et assurances agricoles. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 279 p.
- Scott J., Carrington P.J. (2011). Social network analysis, Ed. The SAGE handbook, London, 640 p.
- Steiner P., (2005). Le marché selon la sociologie économique. *Revue européenne des sciences sociales*, 132: 31-64.
- Sewell D.K. (2017). Network autocorrelation models with egocentric data. *Social Networks*, 49:113-123.
- Sindzingre A. (1998). Réseaux, organisations et marchés: exemples du Bénin. *Autrepart*, 6: 73-90.
- Temple L., Lançon F., Palpacuer F., Paché G. (2011). Actualisation du concept de filière dans l'agriculture et l'agroalimentaire. *Revue Economies et Sociétés, Développement, croissance et progrès*, 33: 1785-1797.
- Tournaire E. (2019). Dynamics of milk collection systems in Senegal. Case of the Laiterie du Berger and Kirène. Doctoral dissertation, Montpellier SupAgro, 111p.
- Wane A., Touré I., Ancy V. (2009). Assets of the market, assets of the rural world -pastoral market income distribution in the senegalese sahel (ferlo). *Journal of Income Distribution*, 18: 232-248.
- Wane A., Ancy V., Touré I. (2010). Pastoralisme et recours aux marchés. Cas du Sahel Sénégalais (Ferlo). *Cahiers Agricultures*, 19:13-20.
- Wane A., Touré I., Mballo A.D., Nokho C.I., Ndiaye A.K. (2017). Non-livestock value chains. Lateral thinking for the securing if the sahelian livestock economies. *Bio-based and Applied economics*, 6: 139-157.
- Williamson O.E. (1991). Strategizing, economizing, and economic organization. *Strategic management journal*, 12: 75-94.

Dynamique paysagère et particularités floristiques de la forêt classée de Pouniakélé (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire)

A. P. SILUE¹, K. E. KOUASSI², D. SORO¹, A. M. KOUAKOU³, D. SORO²

(Reçu le 03/04/2023; Accepté le 04/05/2023)

Résumé

Face à l'emprise humaine sur les surfaces forestières, les forêts classées et autres réserves et parcs nationaux constituent les derniers vestiges de la forêt ivoirienne. Cette étude vise à faire un état des lieux sur la diversité végétale de la forêt classée de Pouniakélé dans le Nord de la Côte d'Ivoire. Une analyse diachronique des images satellitaires Landsat ETM et ETM+ a permis d'apprécier les changements de l'occupation des terres au cours de la période 2002-2016. Les méthodes d'inventaires de surface et itinérants ont permis d'apprécier les paramètres floristiques. Les résultats montrent une tendance à l'augmentation des formations anthropiques au détriment de celles des formations naturelles. Ainsi, l'ensemble des formations boisées ont régressé de 72,4 % en 2002 à 56,3% en 2016. Par contre, les zones de culture ont connu une augmentation de leur superficie (13,6 % en 2002 à 25,1 % en 2016). Concernant l'étude floristique, au total 316 espèces végétales, réparties entre 211 genres et 62 familles, ont été inventoriées dans la forêt classée. Par cette flore, 30 espèces ont présenté un statut particulier, preuve de la valeur de conservation de cette formation végétale. Toutefois, de nombreuses activités anthropiques pratiquées menacent l'intégrité de cette forêt classée.

Mots clés: Occupation des terres, images satellitaires, paramètres floristiques, valeur de conservation, Côte d'Ivoire

Landscape dynamics and floristic characteristics of the classified forest of Pouniakélé (Côte d'Ivoire)

Abstract

In the face of human encroachment on forest areas, classified forests and other reserves and national parks are the last vestiges of the Ivorian forest. This study aims to make an inventory of plant diversity in the classified forest of Pouniakélé in northern Côte d'Ivoire. A diachronic analysis of Landsat ETM and ETM+ satellite images was used to assess changes in land use over the period 2002-2016. Surface and roving inventory methods were used to assess floristic parameters. The results show a tendency for anthropogenic formations to increase at the expense of natural formations. Thus, all the wooded formations have regressed from 72.4% in 2002 to 56.3% in 2016. On the other hand, the cultivated areas have experienced an increase in their surface (13.6% in 2002 to 25.1% in 2016). Concerning the floristic study, a total of 316 plant species, divided into 211 genera and 62 families, were inventoried in the classified forest. Among these flora, 30 species presented a particular status, proof of the conservation value of this plant formation. However, many anthropic activities threaten the integrity of this classified forest.

Keywords: Land use, Satellite images, Floristic parameters, Conservation value, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la biodiversité végétale est menacée par des activités qui accentuent les pressions subies par les forêts, au point où celles-ci connaissent des taux de déforestation annuels de 1,86 % par an pendant la décennie 2000-2010 (Adingra, 2017). Selon BNTED (2015) les causes de la diminution drastique du couvert forestier sont entre autres l'agriculture, l'exploitation forestière incontrôlée des ressources vivantes, les exploitations minières ainsi que la croissance démographique.

Dans l'objectif de préserver son couvert forestier, l'État ivoirien a adopté, entre 1968 et 1974, une série de lois visant à instaurer des Parcs Nationaux, des Réserves Naturelles et des Forêts Classées (Monza, 1996). Ces aires protégées sont censées représenter des zones de conservation privilégiées de la flore et de la faune (Tankoano, 2012). Malheureusement, force est de constater que ces différentes dispositions gouvernementales n'ont pas pu empêcher la destruction massive des surfaces forestières qui menacent dangereusement les ressources phytogénétiques du pays (Silué, 2018).

Cette situation est plus accentuée en zone soudanienne, surtout avec la crise socio-politique de 2002 à 2011, qui a soustrait du contrôle de l'autorité gouvernementale plusieurs forêts classées. La forêt classée de Pouniakélé, situé

dans la région de la Bagoué, plus particulièrement dans le département de Kouto, n'échappe pas à cette situation. Elle pourrait avoir été fortement dégradée du fait de l'infiltration massive de populations en quête de terres propices à l'agriculture, d'espace pastoral, des feux de brousse et sous les effets des variabilités climatiques (sécheresses récurrentes, déficits pluviométriques, réchauffement).

Malheureusement, depuis l'érection de cette zone en forêt classée, aucune étude sur la végétation n'y a été conduite et les données relatives à sa diversité biologique et à sa phyto-sociologie manquent ou sont insuffisantes. Pour pallier cette insuffisance, une étude sur la caractérisation de la végétation et la flore a été conduite dans cette forêt. L'hypothèse de cette étude est que les infiltrations humaines liées à l'absence de l'autorité de l'État, combinées aux variabilités climatiques, ont produits des changements sur le couvert végétal et menace la flore dans la forêt classée de Pouniakélé.

L'objectif de cette étude est de faire un état des lieux de la végétation de la forêt classée de Pouniakélé et de déterminer sa contribution pour la conservation de la biodiversité en Côte d'Ivoire. De façon spécifique, il s'agit de (i) cartographier et d'analyser la dynamique d'occupation de sol de la forêt classée de Pouniakélé, (ii) d'inventorier la flore actuelle et (iii) d'évaluer la valeur de la conservation de la biodiversité de cette forêt.

¹ Université Peleforo Gon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

² Université Félix-Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

³ Université des Sciences et Technologies Kwame Nkrumah, Kumasi, Ghana

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Description de la zone d'étude

La zone d'étude est située à l'extrême Nord de la Côte d'Ivoire, dans la région de la Bagoué, entre 6° 35' et 6° 25' de latitude Nord et entre 10° 5' et 10° 20' de longitude Ouest (Figure 1). Elle couvre une superficie de 9 233 hectares et est située dans le secteur soudanais à deux saisons contrastées. La pluviométrie annuelle oscille entre 1000 et 1400 mm en moyenne. La température moyenne annuelle est de 27°C. Le relief est caractérisé par son plan horizontal fait de plaines et de plateaux dont la monotonie est rompue, par endroits, par l'apparition de chaînes de collines ou de dômes rocheux qui varient entre 400 et 600 m d'altitude. Au niveau pédologique, les sols comprennent, les lithosols (4 p.c.), les vertisols (39 p.c.) et les sols ferrugineux (57 p.c.), selon Beaudou et Sayol (1980). Sur le plan hydrographique, la forêt classée de Pouniakélé appartient au bassin versant du fleuve Bagoué, un affluent du fleuve Niger. La végétation est composée de galeries forestières, de forêts claires et de savanes arborées, arbustives et herbeuses (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). L'agriculture itinérante sur brûlis est l'activité prépondérante pratiquée dans ce milieu.

Matériel

Le matériel d'étude est composé du matériel biologique et du matériel technique. Le matériel biologique est constitué des espèces végétales de la réserve forestière. Le matériel technique est constitué du matériel utilisé usuellement par le botaniste (GPS, décimètre de 50 m, fiches de collectes de données, sécateur, papier journal, etc.) et d'images satellitaires Landsat ETM et ETM+.

Collecte des données cartographiques

Les images satellitaires optiques utilisées proviennent des capteurs ETM (Enhanced Thematic Mapper) et ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de Landsat. Elles se répartissent en deux scènes (198-53 et 198-53) centrées sur la ville de Boundiali. Elles ont été acquises le 27 janvier

2002 pour le capteur ETM et le 30 mars 2016 pour le capteur ETM+. Ces dates ont été choisies afin de déterminer la situation de l'occupation du sol peu avant le déclenchement de la crise politico-militaire en 2002 et la reprise en main de la forêt classée de la Palé par l'administration forestière en 2016. Un GPS (Global Positioning System) a été utilisé pour localiser les points d'échantillonnage pour la reconnaissance et le contrôle de terrain.

Collecte des données floristiques

Les données floristiques ont été recueillies à travers des relevés de surface et itinérants dans la forêt classée afin d'apprécier ses diversités qualitative et quantitative. La méthode de surface consiste à délimiter 10 parcelles de surface fixe de 1 ha (100 m x 100 m). Chaque parcelle a été subdivisée en 100 placettes de 100 m² (10 m x 10 m) et 10 placettes ont été choisies au hasard pour la collecte des données floristiques. Dans chacune des placettes, les espèces végétales vasculaires ont été recensées, sans tenir compte de leur abondance, ni de leur taille. Le positionnement des parcelles d'inventaires s'est fait à partir des points choisis, arbitrairement, sur la carte de la forêt classée et réparties de façon homogène sur la superficie de ladite forêt. Pour les espèces non encore identifiées et hors des placettes, elles ont été prises en compte par la méthode itinérante qui consiste à recenser les espèces en parcourant le site le long des pistes et des cours d'eaux. Des échantillons des espèces non identifiées sur le terrain ont été récoltés et comparés à ceux de l'Herbier du Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët-Boigny, en vue de leur identification.

Analyse des données cartographiques

La méthode de comparaison diachronique de classification a été utilisée comme dans les travaux de Hoang *et al.* (2008) pour détecter les changements d'occupation des sols. Cette méthode, qui est basé sur la classification de deux scènes acquises à des dates différentes s'est effectuée en trois principales étapes: le prétraitement des images après leur acquisition, l'amélioration de leur qualité et la classification proprement dite.

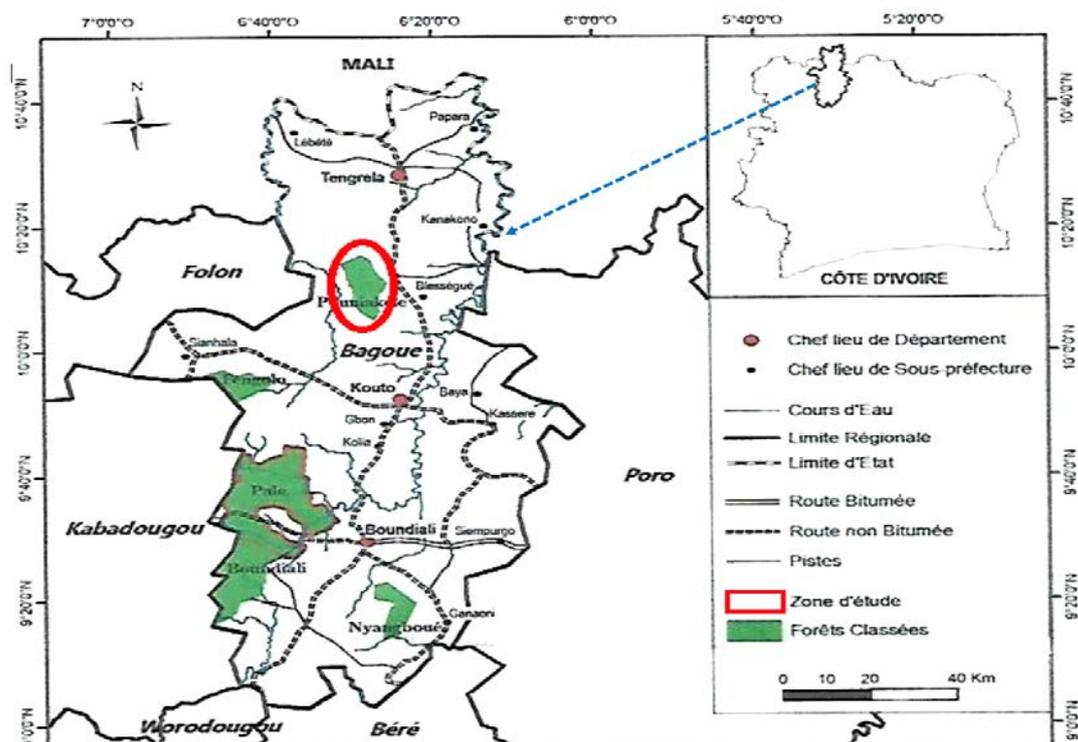


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

En ce qui concerne la première étape, elle a débuté par la correction radiométrique puisque la correction géométrique n'a pas été nécessaire, les images étant déjà géoréférencées. La correction radiométrique a consisté à normaliser l'image selon les propriétés du capteur Landsat 7 ETM+, de convertir les valeurs numériques des images en valeurs de réflectance selon les paramètres du capteur Landsat 7 ETM+ et de minimiser l'impact de conditions no-surfaciques sur les valeurs de l'image de 2002.

Pour la deuxième étape, plusieurs compositions colorées ont été réalisées dans le but d'associer les canaux qui véhiculent le maximum d'informations. Les images obtenues étant en niveau gris, il a fallu utiliser la composition colorée pour produire des images couleur à partir de la combinaison de trois bandes spectrales, relatives aux trois couleurs primaires, rouge, vert et bleu (Enonzan, 2010). Des unités homogènes d'occupation du sol ont ensuite été délimitées sur la base des signatures spectrales observées sur l'image la plus récente (2016). Les coordonnées géographiques des différentes unités de végétation délimitées ont été générées et transférées dans un GPS.

La classification proprement dite comprend le choix des parcelles d'entraînement et la classification supervisée *a priori*. Les parcelles d'entraînement constituent la base des traitements pour la classification. Le choix de ces parcelles se fait grâce au travail de terrain, aux documents cartographiques et à l'interprétation visuelle des images en composition colorée. Ces parcelles sont issues des unités homogènes d'occupation du sol ont ensuite été délimitées sur la base des signatures spectrales observées sur l'image de 2016. Les coordonnées géographiques ont été générées et transférées dans un GPS.

La classification supervisée a été effectuée par la méthode des K-Means (classification par les Nuées Dynamiques) pour regrouper les classes d'occupation du sol présentant les mêmes valeurs radiométriques (Bonn et Rochon, 1993). Elle aboutit à la discrimination d'un nombre de classes élevées qui offre la possibilité de fusionner ultérieurement suivant différents thèmes (forêts, savanes, cultures etc.). La validation

des classifications a été réalisée à l'aide d'outils statistiques que sont la matrice de confusion et l'indice Kappa.

Analyses des données floristiques

Pour l'analyse floristique, la richesse et la composition floristiques ont été déterminées. La richesse floristique a été évaluée au niveau spécifique, générique et de la famille. L'analyse de la composition floristique a consisté à relever pour chaque espèce identifiée, le type biologique (Aké-Assi, 2001; 2002) et l'affinité chorologique (Chatelain *et al.*, 2011). Ces paramètres donnent des renseignements sur la stabilité et la dynamique de la forêt et peuvent servir d'indicateurs de l'intensité des perturbations passées de l'écosystème (Bakayoko, 2005). La valeur pour la conservation de la biodiversité de la forêt a été évaluée à travers la détermination des espèces à statut particulier. Ce sont les espèces rares, menacées de disparition (ou d'extinction) ou encore endémiques. Dans cette étude, le statut des espèces inventoriées a été déterminé selon la liste rouge de L'UICN (2018) et celle des espèces menacées de Aké-Assi (1998). Les espèces à valeur commerciale ont été recensées et réparties selon les catégories établies par la SODEFOR (1993).

RÉSULTATS

Dynamique d'occupation du sol

Analyse de la précision thématique

Les tableaux 1 et 2 montrent pour chacune des classes, le niveau de fiabilité moyen et les principales confusions observées entre les types d'occupations du sol. La discrimination entre les classes thématiques donne pour chacune des classifications des précisions globales de 83,0% et 89,2% respectivement pour l'image de 2002 et 2016. Les indices Kappa sont presque parfaits allant de 0,77 (2002) à 0,86 (2016). Les classes d'occupations du sol identifiées sont les forêts denses sèches/forêts galeries, des forêts claires, des savanes arborées, des savanes arbustives et des zones de cultures.

Tableau 1: Matrice de Confusion de l'image Landsat ETM 2002 de la forêt classée de Pouniakélé

Classes d'occupation du sol	Forêt dense sèche/Forêt galerie	Forêt claire	Savane arborée	Savane arbustive	Zones de cultures
Forêt dense sèche/Forêt galerie	97,5	18,2	9,2	0	0
Forêt claire	2,5	70,4	12,2	0	0
Savane arborée	0	11,4	78,6	0	6,5
Savane arbustive	0	0	0	95	8,7
Zones de cultures	0	0	0	5	84,8
Total	100	100	100	100	100

Précision globale = 83,0%; Coefficient Kappa = 0,77

Tableau 2: Matrice de Confusion de l'image Landsat ETM+ 2016 de la forêt classée de Pouniakélé

Classes d'occupation du sol	Forêt dense sèche/Forêt galerie	Forêt claire	Savane arborée	Savane arbustive	Zones de cultures
Forêt dense sèche/Forêt galerie	85,1	1,69	0	0	0
Forêt claire	6,9	91,5	2,27	0	0
Savane arborée	8,05	1,69	86,4	0	0
Savane arbustive	0	0	0	87,7	4,41
Zones de cultures	0	5,08	11,4	12,3	95,6
Total	100	100	100	100	100

Précision globale = 89,2%; Coefficient Kappa = 0,86

Analyse des confusions thématiques

Les valeurs en gras dans la diagonale des tableaux 1 et 2 correspondent pour chaque type d'occupation, aux taux de pixels bien classés, c'est-à-dire les taux de pixels d'une classe effectivement affectée à celle-ci par la méthode de classification utilisée. D'une manière générale, les précisions cartographiques obtenues pour les classes d'occupation identifiées, pour les deux images sont bonnes car supérieures à 80 %. Tous les types d'occupations du sol au niveau de la forêt sont bien classés. Toutefois, des confusions ont été notées entre certaines classes d'occupations du sol. An niveau de l'image de 2002, la plus forte confusion (18,2%) se situe entre le complexe forêt dense sèche/forêt galerie et la forêt claire. À côté de cette valeur de 18,2 %, on note une confusion de 12,2 % entre la classe savane arborée et la forêt claire. Pour l'image de 2016, la plus forte confusion se situe entre les classes des zones de cultures et des savanes arbustives (12,3 %).

Évolution de l'occupation du sol de 2002 à 2016

L'analyse qualitative de la dynamique de l'occupation du sol passe par la présentation de la carte de 2002 et celle de 2016 (Figure 2). Les modifications spatio-temporelles qui

ont lieu au cours de ces dix années s'observent clairement. L'observation faite est la disparition de la savane arborée au profit des zones de cultures. Ces modifications s'apprécient quantitativement par les superficies (Tableau 3).

L'analyse du tableau 3 montre que le taux de la savane arborée est passé de 36,9 % en 2002 à 14,2 % en 2016 soit une réduction de 22,6%. Par contre, on observe une augmentation de 3,62% du complexe forêt dense sèche/forêt galerie qui est passée de 19,6% en 2002 à 23,2% en 2016. Le taux de la forêt claire varie de 15,9% en 2002 à 18,9% en 2016, soit une hausse de 2,94%. La savane arbustive passe de 13,95%, en 2002, à 25,1%, en 2016. Quant aux zones de culture, leur taux d'occupation est passé de 13,6% en 2002 à 25,1% en 2016, ce qui correspond à une augmentation de 11,5%.

Les espaces qui ont connu une évolution positive sont estimées à 11,8% et sont réparties sur l'ensemble de la forêt (Figure 3). Par contre, les zones qui ont subies une régression, sont concentrées en majorité dans la partie sud de la forêt et se rencontrent de façon éparse dans la partie Nord. Ces zones représentent 12,3% de la superficie totale; par ailleurs, 75,9% de la forêt n'a pas connu d'évolution.

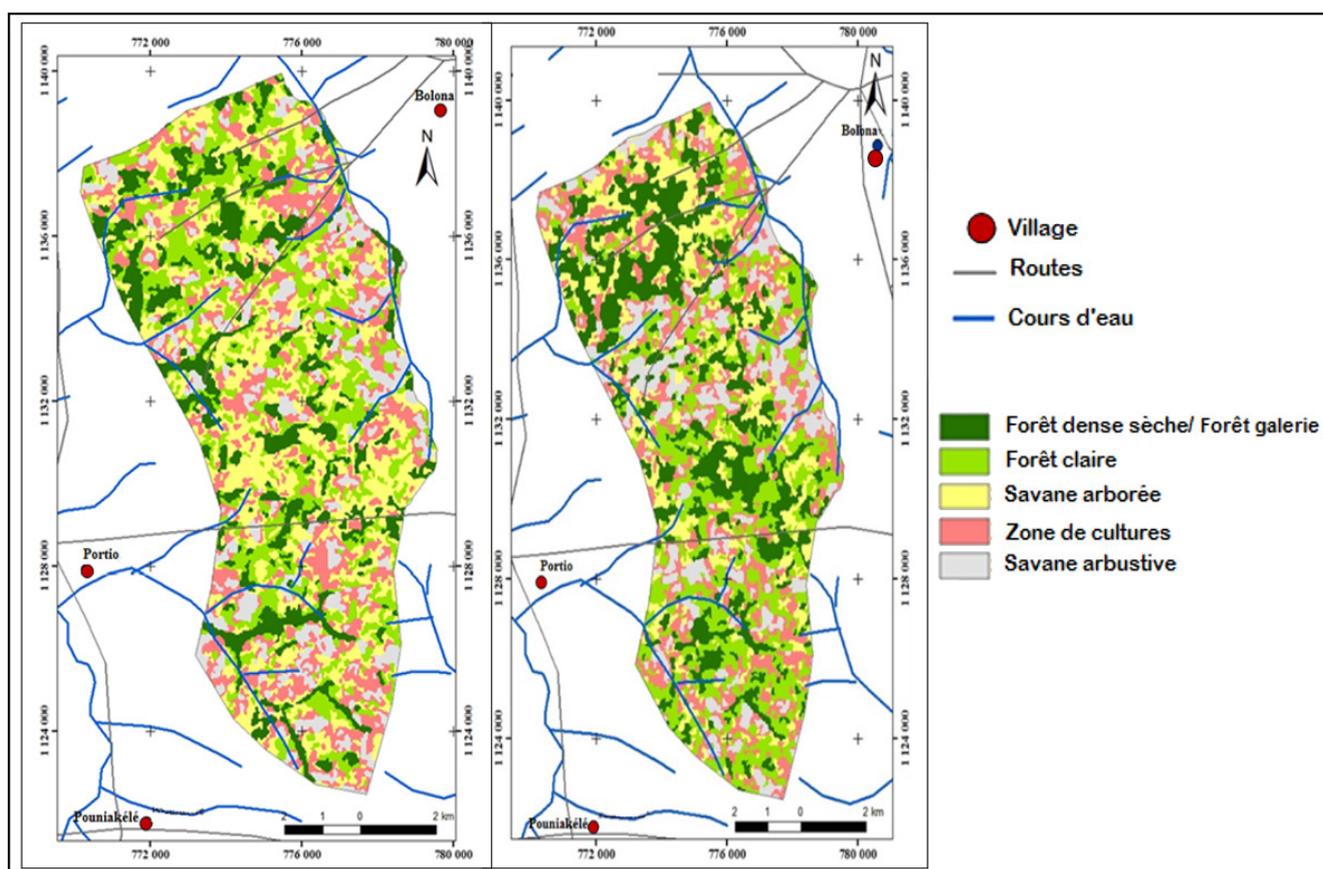


Figure 2: État de l'occupation du sol de la zone d'étude entre 2002 et 2016

Tableau 3: Évolution des zones d'occupation du sol de la forêt classée de Pouniakélé entre 2002 et 2016

Classes d'occupation du sol	Année 2002		Année 2016		Variation (%)
	Superficie (ha)	Proportion (%)	Superficie (ha)	Proportion (%)	
Savane arborée	3405	36,9	1315	14,2	-22,6
Forêts dense sèche/Forêt galerie	1810	19,6	2144	23,2	+3,60
Forêt claire	1473	15,9	1744	18,9	+2,90
Savane arbustive	1288	13,9	2316	25,1	+11,4
Zone de cultures	1257	13,6	1715	18,6	+4,95

Analyse de la diversité floristique

Richesse et composition floristiques

L'inventaire de la flore a permis de recenser 316 espèces, réparties en 211 genres et 62 familles. Parmi ces dernières, les plus importantes en nombres d'espèces (Figure 4) sont les Fabaceae (18,0%), les Poaceae (11,7%), les Rubiaceae (6,65%), les Asteraceae (5,38%), les Cyperaceae (5,06%), et les Malvaceae (4,75%). L'analyse de la richesse floristique des Angiospermes met en évidence la prépondérance des Dicotylédones qui sont représentés par 230 espèces (72,8%) qui se répartissent entre 159 genres et 47 familles. Les Monocotylédones suivent, avec 85 espèces (26,9%), 51 genres et 14 familles. Une espèce (0,32%) de Ptéridophytes a été recensée dans cette forêt (Tableau 4).

Types biologiques et chorologiques

L'analyse du spectre biologique des espèces (Figure 5) montre une forte représentativité des phanérophytes (63,5%), des thérophytes (14,6%), des hémicryptophytes (9,20%). Les chaméphytes (2,54%) et les épiphytes (1,59%) sont relativement peu représentés. Parmi les phanérophytes, les microphanérophytes sont dominants

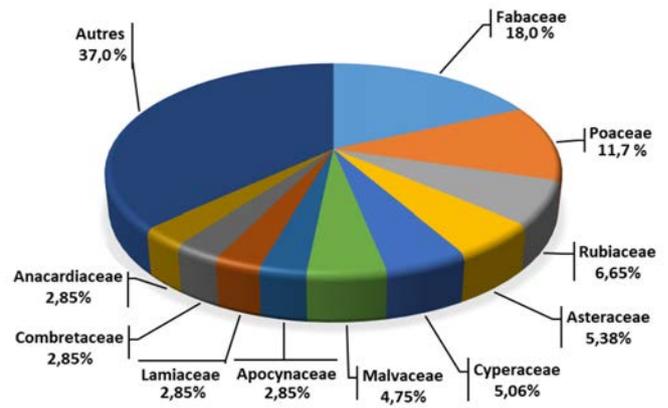


Figure 4: Spectre des familles dominantes de la flore de la forêt classée de Pouniakélé

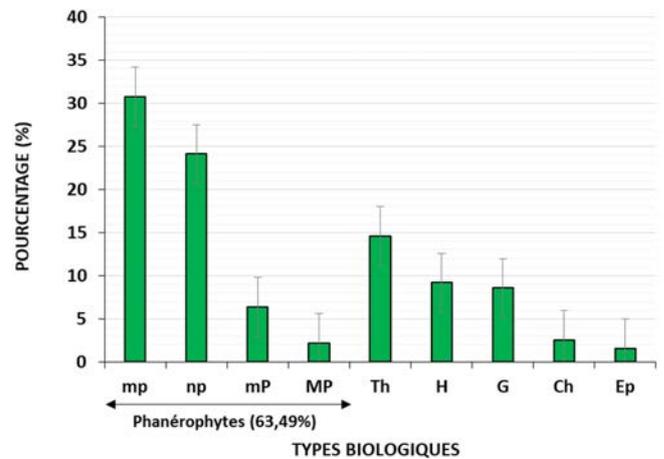


Figure 5: Spectre biologique des espèces de la forêt classée de Pouniakélé

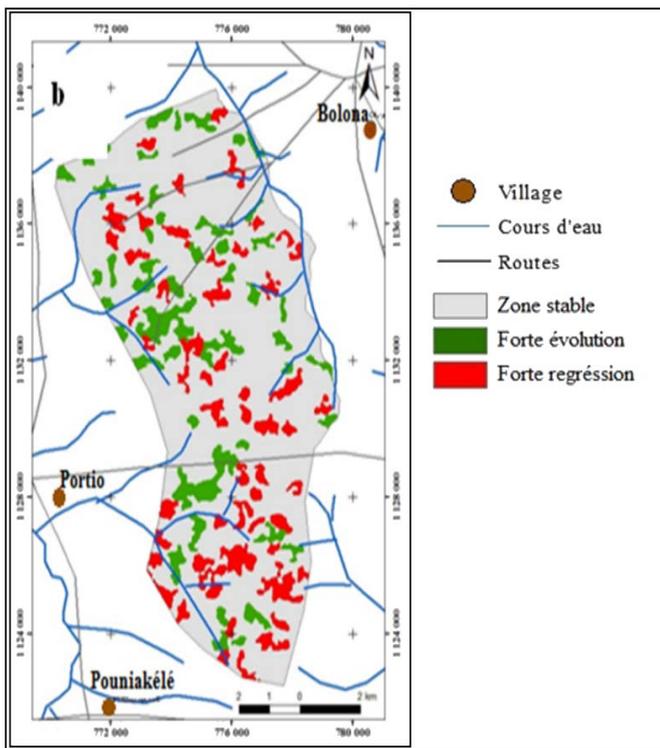


Figure 3: Dynamique de la végétation de la forêt classée de Pouniakélé entre 2002 et 2016

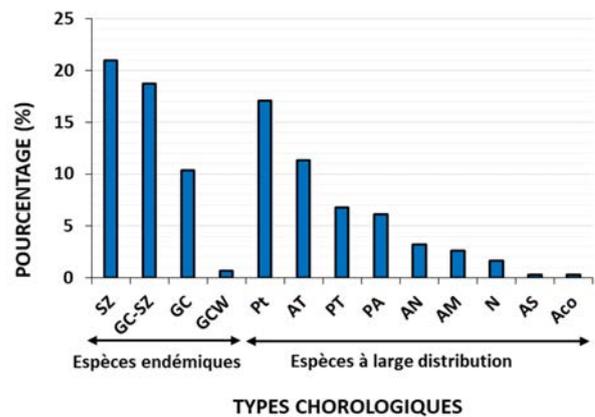


Figure 6: Spectre chorologique des espèces de la forêt classée de Pouniakélé

Tableau 4: Répartition des espèces inventoriées suivant les grands niveaux taxonomiques de la forêt classée de Pouniakélé

Niveaux taxonomiques	Dicotylédones	Monocotylédones	Ptéridophytes
Nombre d'espèces	230	89	1
Taux (p.c.)	72,8	26,9	0,32
Nombre de genres	159	51	1
Taux (p.c.)	75,4	24,2	0,47
Nombre de familles	47	14	1
Taux (p.c.)	75,8	22,6	1,61

(30,8%), et sont suivis des nanophanérophytes (24,1%). Les mégaphanérophytes (2,22%) sont moins représentés. L'examen du spectre chorologique (Figure 6), montre dans l'ensemble que la flore recensée dans la forêt classée de Pouniakélé est à 49,0% d'espèces endémiques et à 48,4% d'espèces à large distribution. En considérant les espèces d'endémisme phytogéographique, elle est très représentée par des espèces soudano-zambéziennes (SZ), à 20,9%, suivies des espèces de liaisons (GC-SZ), à 18,0% et guinéo-congolaises (GC), à 10,5%. Les espèces endémiques ouest-africaines (0,63 %) sont faiblement représentées

Valeur pour la conservation de la biodiversité

La flore de la forêt classée de Pouniakélé comprend trente-deux (32) espèces à statut particulier (Tableau 5). Deux (02) espèces sont signalées comme endémique Ouest africaine (GCW) et haute guinée (HG). Il s'agit de *Diospyros mes-*

piliformis et *Tricalysia faranahensis*. Vingt-cinq (25) de ces espèces sont sur la liste rouge de l'UICN. Il s'agit en majorité d'espèces à préoccupation mineure (LC), entre autres, *Acroceras zizanioides*, *Ceiba pentandra*, *Isobertia doka*, *Parkia biglobosa*, d'espèces vulnérables (VU), entre autres, *Afzelia africana*, *Detarium senegalense*, *Vitellaria paradoxa*, d'espèces à risque mineure (LR) et d'espèces en danger (EN), à savoir *Pterocarpus erinaceus*. Cette liste d'espèces particulières comporte également trois (03) espèces sur la liste des espèces menacées de Aké-Assi (1998): *Aubrevillea platycarpa*, *Detarium microcarpum* et *Lannea nigritana*. Par ailleurs, la forêt classée de la Pouniakélé compte sept (07) espèces de grande valeur commerciale. Il s'agit des espèces de catégories 1 (P1), tels que *Afzelia africana*, *Ceiba pentandra* et *Pouteria altissima* et des espèces de catégorie 3 (P3), tels que *Detarium senegalense*, *Holoptelea grandis* et *Parinari excelsa*.

Tableau 5: Liste des espèces à statut particulier rencontrées dans la forêt classée de Pouniakélé

N°	Espèces récoltées	Espèces UICN	Niveau d'endémisme	Espèces Aké-Assi	Espèces commerciales
1	<i>Acroceras zizanioides</i>	LC			
2	<i>Afzelia africana</i>	VU			P1
3	<i>Aubrevillea platycarpa</i>			AA	
4	<i>Bombax brevisuspe</i>				P1
5	<i>Ceiba pentandra</i>	LC			P1
6	<i>Cissus doeringii</i>	LC			
7	<i>Commelina erecta</i> subsp. <i>erecta</i>	LC			
8	<i>Detarium microcarpum</i>	LC		AA	
9	<i>Detarium senegalense</i>	VU			P3
10	<i>Diospyros mespiliformis</i>		GCW		
11	<i>Echinochloa pyramidalis</i>	LC			
12	<i>Fimbristylis dichotoma</i> var. <i>dichotoma</i>	LC			
13	<i>Fimbristylis ferruginea</i>	LC			
14	<i>Fimbristylis littoralis</i>	LC			
15	<i>Gloriosa superba</i>	LC			
16	<i>Holoptelea grandis</i>				P3
17	<i>Indigofera conjugata</i>	LC			
18	<i>Isobertia doka</i>	LC			
19	<i>Khaya senegalensis</i>	VU			
20	<i>Lannea nigritana</i>			AA	
21	<i>Panicum repens</i>	LC			
22	<i>Parinari excelsa</i>				P3
23	<i>Parkia biglobosa</i>	LC			
24	<i>Paspalum scobiculatum</i> var. <i>scobiculatum</i>	LC			
25	<i>Pericopsis laxiflora</i>	LC			
26	<i>Pouteria altissima</i>	LR/cd			P1
27	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	EN			
28	<i>Raphia sudanica</i>	DD			
29	<i>Tacca leontopetaloides</i>	LC			
30	<i>Terminalia laxiflora</i>	LC			
31	<i>Tricalysia faranahensis</i>		HG		
32	<i>Vitellaria paradoxa</i>	VU			
Total		25	2	3	7

HG: espèces endémiques de la Haute Guinée; GWC: espèces endémiques Ouest africaines; VU: espèces reconnues comme vulnérables; EN: espèces en danger; LR: espèces qui courent des risques mineurs; LC: espèces à préoccupation mineure; AA: plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction en Côte d'Ivoire selon Aké-Assi (1998); P1: essences principales couramment commercialisées; P3: essences à promouvoir.

DISCUSSION

Occupation du sol

Les valeurs de précision globale (83,0% et 89,2%) de même que celles des coefficients de Kappa (0,77 et 0,86) obtenus respectivement pour l'image de 2002 et 2016 témoignent de la validité des cartes d'occupation générées. En effet, selon Pontius (2000), une étude d'occupation du sol peut être validée si le taux de classification global est compris entre 50% et 75%. Des résultats similaires ont été obtenus par Soro *et al.* (2013), dans une étude menée sur le bassin versant du Bandama Tortiya, en Côte d'Ivoire. Toutefois, des confusions, bien que mineurs, ont été enregistrées entre certaines classes d'occupation du sol. Ces confusions sont dues à des réponses spectrales similaires pour certaines formations végétales (Tankoano *et al.*, 2015).

Les images ont permis de dégager la tendance générale de la dynamique de l'occupation des sols. Cette tendance révèle l'augmentation des zones de cultures aux dépens de la savane arborée. Cette régression de la savane au profit des zones anthropisées a été observée également par Kone *et al.* (2007) dans la forêt classée du Mont Korhogo en Côte d'Ivoire et par Mama *et al.* (2013) dans la zone soudanienne au Nord du Bénin. Ces auteurs observent une régression continue des forêts-savanes au profit des champs-jachères, sols nus et agglomérations. L'évaluation de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la forêt classée montre une régression des formations boisées qui sont passées de 72,4 p.c. en 2002 à 56,3 p.c. en 2016. Ce qui équivaut à une perte de 98,98 ha/an. Les causes de la régression des formations boisées, en Afrique de l'Ouest, sont connues. Kokou *et al.* (2006) ont montré qu'elles sont d'origine anthropique (feux de brousse, agriculture, surpâturage, exploitation forestière). Les modifications climatiques enregistrées ces dernières années peuvent avoir également une influence sur la dynamique d'occupation du sol de la forêt (Adjonou *et al.*, 2010; Tankoano, 2012).

Une partie des savanes arborées a évolué en forêt claire et forêt dense sèche/forêt galerie boisées et une autre partie a régressé en savane arbustive, au cours des dix (10) années. Plusieurs auteurs ont souligné que la flore et la végétation d'une région est le résultat d'un long processus de sélection naturelle sous l'action du climat, des conditions édaphiques et topographiques, sans oublier les activités anthropiques (Toko, 2013; Sandjong *et al.*, 2013).

Diversité floristique

Au total 316 espèces, réparties en 211 genres et 62 familles ont été inventoriées dans la forêt classée de Pouniakélé. Cette richesse floristique, bien qu'inférieure à celles de certaines forêts classées ivoiriennes (N'guessan et Kassi, 2018; Kouassi, 2007), illustre le rôle de cette forêt classée pour la conservation de la biodiversité au Nord de la Côte d'Ivoire. Elle est supérieure à celle obtenue par Gbozé *et al.* (2020) dans la forêt classée de Badenou (241 espèces) située en zone soudanienne. L'effort de protection et la taille dont ont bénéficié certaines forêts classées, les conditions climatiques plus favorables sont d'autant de facteurs qui influencent leurs richesses floristiques.

Les familles botaniques les plus dominantes sur le site sont les Fabaceae et les Poaceae. La prédominance des Poaceae et des Fabaceae sur les Rubiaceae est une caractéristique des savanes soudanaises (Thiombiano, 1996; Hahn-Ha-

djali, 1998). Les Ptéridophytes (Fougères) ne sont représentées que par une seule espèce: *Nephrolepis biserrata*. Cette rareté des Ptéridophytes pourrait s'expliquer par la faiblesse de l'humidité du milieu (Aké-Assi, 2001).

Le spectre biologique se caractérise par la dominance des phanérophytes (64,6%) au sein desquels les microphanérophytes sont majoritaires. Cela met en évidence le caractère forestier de la végétation de la forêt classée de Pouniakélé dans cette zone soudanaise de la Côte d'Ivoire (Gbozé *et al.*, 2020). La présence des thérophytes est sans doute favorisée par l'activité de pâturage exercée dans la forêt, qui enrichit le sol en nitrates et permet le développement des rudérales, notamment annuelles (Barbero *et al.*, 1990).

La répartition des types phytogéographiques montre la dominance des espèces à large distribution. L'abondance relative de ces espèces traduit une perte d'identité de la végétation par la pénétration d'espèces à large distribution (Masharabu *et al.*, 2010). Il s'agit d'espèces herbacées rudérales appartenant aux familles des Poaceae et Fabaceae (Sinsin, 2001). Toutefois la représentativité des espèces à distribution régionale montre bien que la forêt classée de Pouniakélé garde encore sa flore originelle.

Valeur pour la conservation de la biodiversité

Signalons que la forêt classée de Pouniakélé compte 32 espèces à statut particulier. Parmi ces espèces, 29 ont un statut écologique particulier. Les espèces endémiques rares et menacées d'extinction sont celles pour lesquelles les efforts de conservation doivent être prioritaires. La faible représentativité de ces espèces dans cette partie de la Côte d'Ivoire peut être attribuée en grande partie à la faible pluviométrie enregistrée dans cette zone (Kouassi, 2007) mais aussi aux perturbations anthropiques (Ouattara *et al.*, 2016). En effet, de nombreuses études menées dans la zone ombrophile, à forte pluviométrie, ont révélé leur abondance (Nguessan et Kassi N'dja, 2018; Goné Bi *et al.*, 2013).

CONCLUSION

L'étude diachronique de la dynamique de l'occupation du sol, sur la forêt classée de Pouniakélé, a permis de cerner sa dynamique spatio-temporelle de 2002 à 2016, caractérisée par une augmentation de la classe «zones de cultures» au détriment de la classe «savane arborée». Les formations boisées ont cédé progressivement place en partie aux formations anthropisées. Les défrichements agricoles, les feux de brousse et les activités pastorales constituent les principales causes de cette perte de la couverture végétale de la forêt classée de Pouniakélé.

Sur le plan floristique, cette forêt abrite un important nombre d'espèces végétales qui appartiennent à plusieurs familles botaniques dont les plus importantes sont au nombre de six. Parmi cette florule, l'on note une grande diversité d'espèces à statut particulier dont la présence illustre bien le rôle joué par cette forêt classée dans la conservation de ces espèces menacées. Cependant, la présence d'activités agricoles en bordure, de même que les différentes activités de chasses à l'intérieur de la forêt pourraient nuire gravement à son intégrité si certaines précautions ne sont pas prises. Cette étude montre bien l'impact négatif de l'absence de l'administration forestière sur la conservation de la phytodiversité des forêts classées du Nord de la Côte d'Ivoire.

RÉFÉRENCES

- Adingra M.M.A.O. (2017). Dynamique du peuplement et stock de carbone dans la mosaïque de végétation de la forêt classée de Bamo (Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 158 p.
- Adjouon K., Djiwa O., Kombate Y., Kokutse A.D., Kokou K. (2010). Étude de la dynamique spatiale et structure des forêts denses sèches reliques du Togo: implications pour une gestion durable des aires protégées. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4: 168-183.
- Aké-Assi L. (1998). Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la biodiversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le flamboyant*, 46: 20- 21.
- Aké-Assi L. (2001). Flore de la Côte d'Ivoire 1, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. *Conservatoire et Jard. Bot., Genève, Switzerland, Boissiera*, 57: 1-396.
- Aké-Assi L. (2002). Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. *Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. Genève (Suisse), Boissiera*, 58: 1-441.
- Bakayoko A. (2005). Influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure de la végétale dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 258 p.
- Barbero M., Loisiel R., Quézel P. (1990). Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt méditerranéenne*, 12: 194-216.
- Beaudou A.G., Sayol R. (1980). Etude pédologique de la Région de Boundiali-Korhogo (Côte-d'Ivoire). ORSTOM Paris, notice explicative n°84, 35 p.
- BNETD (2015). Rapport pour les états généraux de la forêt, de la faune et des ressources en eau: gestion durable des ressources forestières, Côte d'Ivoire.
- Bonn F., Rochon G. (1993). Précis de télédétection: principes et méthodes. Presses de l'Université du Québec. Sainte-Foy., Canada, 485 p.
- Chatelain C., Ake-Assi L., Spichiger R., Gautier L. (2011). Cartes de distribution des plantes de Côte d'Ivoire. *Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. Genève (Suisse), Boissiera*, 64: 1-327.
- Enonzan F. B. (2010). Utilisation de la télédétection et des SIG dans la gestion durable des aires protégées : cas des forêts classées de Dogo-Ketou au Bénin. Mémoire de fin d'études, Obafemi Awolowo University Campus, Nigéria. 89 p.
- Gbozé A.E., Sanogo A., Amani B.H.K., Kassi N'dja J. (2020). Diversité floristique et valeur de conservation de la forêt classée de Badenou (Korhogo, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine* 32: 51 - 73.
- Goné Bi Z.B., Kouame D., Kone I., Adou Yao C.Y. (2013). Diversité végétale et valeur de conservation pour la Biodiversité du Parc National du Mont Péko, une aire protégée, menacée de disparition en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 71: 5753– 5762.
- Guillaumet J.L., Adjanohoun E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire, In Avenard J.M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf, P., Guillaumet J.-L., Adjanohoun E., Perraud A.: *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM. Paris*, 155- 261.
- Hahn-Hadjali K. (1998). Les groupements végétaux des savanes du Sud- Est du Burkina Faso (l'Afrique de l'Ouest). - *Etudes flor. Vég. Burkina Faso*, 3: 3-79.
- Hoang K.H., Bernier M., Villeneuve J.P. (2008). Les changements de l'occupation du sol dans le bassin versant de la rivière Cáu (Viet-Nam). Essai sur une approche diachronique. *Revue Télédétection*, 8: 227-236.
- Kokou K., Atato A., Bellefontaine R., Kokutse A.D., Caballe G. (2006). Diversité des forêts denses sèches du Togo (Afrique de l'Ouest). *Revue d'Ecologie*, 61: 225-246.
- Koné M., Aman A., Yao, A.C., Coulibaly L., N'guessan K.E. (2007). Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. *Revue Télédétection*, 7: 433-446.
- Kouassi K.E. (2007). Flore de la forêt classée de la Haut-Dodo, dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Étude de quelques espèces commerciales: cas de *Garcinia afzelii* (Clusiaceae), des rotins (palmiers lianes) des genres *Calamus*, *Eremospatha* et *Laccosperma* (Arecaceae). Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 279 p.
- Mama A., Sinsin B., De Canniere C., Bogaert J. (2013). Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *Tropicultura*, 31: 78-88.
- Masharabu T., Noret N., Lejoly J., Bigendako M.J., Bogaert J. (2010). Étude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *Geo-Eco-Trop.*, 34: 29-44.
- Monza (DE) J.P. (1996). L'Atlas pour la conservation des forêts tropicales d'Afrique. UICN, 310 p.
- N'guessan A.E., Kassi N'dja J. (2018). Analyse De La Diversité Floristique De La Forêt Classée D'agbo I (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal March*, 14: 346-357.
- Ouattara D., Kouame D., Tiebre M.S., Cisse A., N'guessan K.E. (2016). Diversité floristique et usages des plantes dans la zone soudanienne du Nord-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31: 4815-4830.
- Pontius Jr.R.G. (2000). Quantification error versus location error in comparation of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and remote Sensing*, 66: 1011-1016.
- Sandjong Sani RC, Ntoupka M, Ibrahim A, Vroumsia T. (2013). Essai d'analyses de la conception paysanne de l'évolution, de la gestion et de l'utilité du Parc National de Mozogo-Gokoro (Cameroun) en vue de son aménagement. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7: 2490-2503.
- Silué P.A. (2018). Étude de la flore, de la dynamique de la végétation et essai de germination de trois espèces couramment exploitées des forêts classées de la Palé et de Pouniakélé, dans la région de la Bagoué (Nord-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 224 p.
- Sinsin B. (2001). Formes de vie et diversité spécifique des associations de forêt claires du nord du Benin. *Systematics and Geography of Plants*, 71: 873-888.
- SODEFOR (1993). Règles de cultures et d'exploitation en forêt dense de Côte d'Ivoire. Rép. C.I., Abidjan, 54 p.
- Soro T.D., Kouakou B.D., Kouassi E.A., Soro G., Kouassi A.M., Kouadio K.E., Yei M.S. O., Soro N. (2013). Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire). *Vertigo*, 13 : 1-22.
- Tankoano B. (2012). Suivi diachronique de la couverture ligneuse dans la forêt classée de Koulbi à l'aide de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG). Mémoire IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 94 p.
- Tankoano B., Hien M., Dibi N.H., Sanon Z., Yameogo J.T., Somda I. (2015). Dynamique spatio-temporelle des savanes boisées de la forêt classée de Tiogo au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9: 1983-2000.
- Thiombiano A. (1996). Contribution à l'étude des Combretaceae dans les formations végétales de la région Est du Burkina Faso. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 220 p.
- Toko Imorou I. (2013). Effets des facteurs abiotiques sur la répartition spatiale des groupements végétaux dans la zone de transition soudano-guinéenne du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7: 2178-2192.
- UICN 2018. IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>.

Diversité floristique et valeur socio-économique des fruits et légumes-feuilles vendus de la municipalité de Uíge, Angola

M.M. MAWUNU¹, J.V. KIANGALA¹, F.M.P. GONÇALVES², J.B. ITEKU³, K.N. NGBOLUA³, F.L. LUKOKI³

(Reçu le 15/02/2023; Accepté le 04/04/2023)

Résumé

Cette étude est une première tentative de documenter les fruits et légumes-feuilles vendus dans la municipalité de Uíge, Angola. L'enquête sur terrain a été menée entre le mois d'avril 2019 et septembre de 2021. La récolte des données a été réalisée à l'aide d'un entretien basé sur un questionnaire semi-structuré suivi d'observations directes sur le terrain. Au total, 247 vendeurs de fruits et légumes ont été interrogés, dont 95% de femmes (235 informateurs) et seulement 4,9% d'hommes (12 informateurs). La principale activité des informateurs est le Commerce (95,5%). L'inventaire ethnobotanique a permis d'identifier un total de 75 espèces de fruits et légumes-feuilles réparties dans 49 genres et 37 familles botaniques. Les familles les mieux représentées sont Brassicaceae (8 espèces), Myrtaceae (5 espèces), Rutaceae (5 espèces), et Apocynaceae (5 espèces). Les fruits sont plus abondants (64,5%) que les feuilles (34,2%) et les pousses feuillées (1,3%). La majorité des fruits et légumes-feuilles (62,2%) documentée dans cette étude est d'origine exotique, à peine 37,8% sont autochtones. La majeure partie (89%) de l'argent perçu de la vente des fruits et légumes-feuilles sert à l'acquisition des biens et de services, notamment la nourriture et le vêtement. Que des investigations scientifiques liées à cette thématique soient réalisées sur toute l'étendue du territoire angolais afin de mieux documenter tous les différents fruits et légumes-feuilles produits au niveau national et établir des politiques économiques permettant leur exportation afin de contribuer à la diversification économique du pays. Enfin, que soit aussi réalisées des études économiques afin d'évaluer les quantités produites et cueillies par an et réaliser des analyses phyto-chimiques et nutritionnelles des tous les fruits cueillis et cultivés en Angola afin d'établir la table alimentaire de ces aliments produits localement.

Mots clés: Inventaire, fruits, légumes-feuilles, Valeur socio-économique, Uíge

Floristic diversity and socio-economic value of fruit and vegetables sold in the municipality of Uíge, Angola

Abstract

This study is the first attempt to document the fruit and leafy vegetables sold in the municipality of Uíge, Angola. The field survey was conducted between April 2019 and September 2021. Data collection was carried out using an interview based on a semi-structured questionnaire followed by direct observation in the field. A total of 247 fruit and vegetable vendors were interviewed, of which 95% were women and only 4.9% were men. The ethnobotanical inventory identified a total of 75 species of fruit and leafy vegetables in 48 genera and 36 botanical families. The best-represented families are Brassicaceae (8 species), Myrtaceae (5 species), Rutaceae (5 species), and Apocynaceae (5 species). Fruits were more abundant (64.5%) than leaves (34.2%). The fruits and leafy vegetables (62.2%) documented were of exotic origin, while 37.8% were indigenous. Most (89%) of the money received from the sale of fruits and leafy vegetables was used to purchase goods, and services, including food, and clothing. Scientific investigations related to this theme were suggested to be carried out throughout the country to better document all the different fruits and leafy vegetables produced at the national level and establish economic policies allowing their export in order to contribute to economic diversification. Finally, economic studies should be carried out to evaluate the quantities produced and harvested per year, and phytochemical and nutritional analyses are to be carried out on all fruits harvested, and grown in Angola in order to establish the food table of these locally produced foods.

Keywords: Inventory, fruits, Leafy vegetables, socio-economic value, Uíge

INTRODUCTION

Les fruits et légumes ont été définis, à l'occasion de l'Année internationale des fruits et légumes, comme «les parties comestibles des végétaux (par exemple, les structures porteuses de graines, les fleurs, les bourgeons, les feuilles, les tiges, les pousses et les racines), qui sont cultivés ou récoltés à l'état sauvage, dans leur état brut ou sous une forme peu transformée» (FAO, 2020). Dans cette étude, nous considérons comme légume-feuilles, les feuilles et bourgeons des plantes cultivées et sauvages consommés crus comme salade ou cuits et vendus sur les marchés.

Des études récentes indiquent que la consommation de quantités adéquates de légumes et de fruits pourrait avoir des propriétés préventives contre des nombreuses maladies (OMS/FAO, 2014). La consommation des fruits et de produits fruitiers est associée à des effets protecteurs contre diverses maladies chroniques (Faredet *et al.*, 2019), en

particulier les maladies cardiovasculaires (He *et al.*, 2007 et Aune *et al.*, 2017), l'hypertension (Li *et al.*, 2016), le diabète de type 2 (FAO/OMS, 2003; Mamluk *et al.*, 2017), différents types de cancer (He *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2017; Koushik *et al.*, 2007; Vieira *et al.*, 2017), l'asthme (Hosseini *et al.*, 2017), l'obésité (FAO/OMS, 2003; Schwingshackl *et al.*, 2015), les troubles cognitifs (Jiang *et al.*, 2017), et la dépression (Głabska *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2016). En outre, ils nous apportent un ensemble précieux de nutriments dont notre corps a besoin. Par leur faible densité calorique et leur effet favorable sur la satiété, ils permettent d'éviter la prise de poids (Le petit Journal en Couleurs, 2015). Par ailleurs, les légumes - feuilles sont des aliments protecteurs importants et hautement bénéfiques pour le maintien de la santé et la prévention des maladies car ils contiennent des ingrédients alimentaires précieux qui peuvent être utilisés pour construire et réparer le corps (Falade *et al.*, 2003). Ils sont des sources précieuses de nutriments, en particu-

¹ Departamento de Agronomia, Instituto Politécnico da Universidade Kimpa Vita, Uíge, Angola

² Instituto Superior de Ciências de Educação-Hufla, Lubango, Angola

³ Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo

lier dans les zones rurales, où ils contribuent de manière substantielle à la production de protéines, de minéraux, de vitamines, de fibres et d'autres nutriments, dont l'apport est généralement insuffisant dans les régimes alimentaires quotidiens (Gupta et Prakash, 2011; Sikora et Bodziarczyk, 2012). Les légumes-feuilles sont d'excellentes sources de minéraux tels que fer, magnésium, phosphore, zinc, calcium et potassium, ainsi que de vitamines A, B, C, E et K. En outre, ils sont dotés de phyto-nutriments tels que le bêta-carotène, la lutéine, la zéaxanthine et les acides gras oméga-3, qui protègent les cellules des lésions et des problèmes liés au vieillissement (Li Thomas, 2006; Sreenivasa, 2017; Mawunu et al., 2020a; Monizi et al., 2021). Ils sont riches en composés possédant des propriétés antidiabétiques (Keshari et al., 2005), anti-histaminiques (Yamamura et al., 1998), et anti-cancérigènes (Rajeshkumar et al., 2002). Enrichis en acide folique, les légumes-feuilles combattent l'anémie. Les antioxydants contenus dans les légumes-feuilles protègent contre diverses maladies en éliminant les radicaux libres dans notre corps (Moller et al., 2000). En raison de leurs avantages nutritionnels et thérapeutiques, les légumes-feuilles peuvent être considérés comme des futurs phyto-médicaments et des super aliments (Noor et Satapathy, 2020). Les légumes-feuilles favorisent la croissance des bactéries intestinales bénéfiques (microbiotes), formant ainsi un microbiome intestinal sain. Des études antérieures montrent que, le sulfoquinovose, un monosaccharide sulfoné, présent dans de nombreux légumes verts,

est un substrat sélectif mais crucial pour un petit nombre de bactéries largement répandues dans l'intestin humain. Ce type particulier de sucre, qui est utilisé comme source d'énergie par les bonnes bactéries intestinales, accroît leur prédominance et empêche les bactéries nuisibles de se multiplier dans l'estomac (Speciale et al., 2016; Hason et al., 2021). En outre, en tant que bonne source de magnésium, les légumes-feuilles peuvent aider à soulager la constipation en augmentant les contractions musculaires dans notre tractus gastro-intestinal. De plus, ils facilitent le transit intestinal en augmentant la teneur en eau dans les intestins. Ils sont pauvres en calories et en graisses tout en étant riches en fibres alimentaires et en antioxydants. Aussi, les légumes-feuilles verts renforcent notre santé intestinale, nous protégeant ainsi des troubles gastro-intestinaux (Mohammed et Sharif, 2011; Sikora et Bodziarczyk, 2012). Les vitamines contribuent au maintien d'une vision saine, de la fonction immunitaire, de la santé osseuse; l'intégrité cellulaire aide à réguler le calcium et le phosphore. Les fruits sont riches en vitamines C, A et E. Les minéraux peuvent réduire le risque d'hypertension artérielle et d'accident vasculaire cérébral. Par exemple, le cuivre est nécessaire à la production de globules rouges (Egbuna et Dable-Tupas, 2020).

Outre leurs valeurs nutritives et médicinales insoupçonnées, les fruits et légumes-feuilles constituent un enjeu socio-économique important parce qu'ils font partie d'une activité économique lucrative florissante, mais aussi une source de revenu et un débouché d'emplois surtout pour

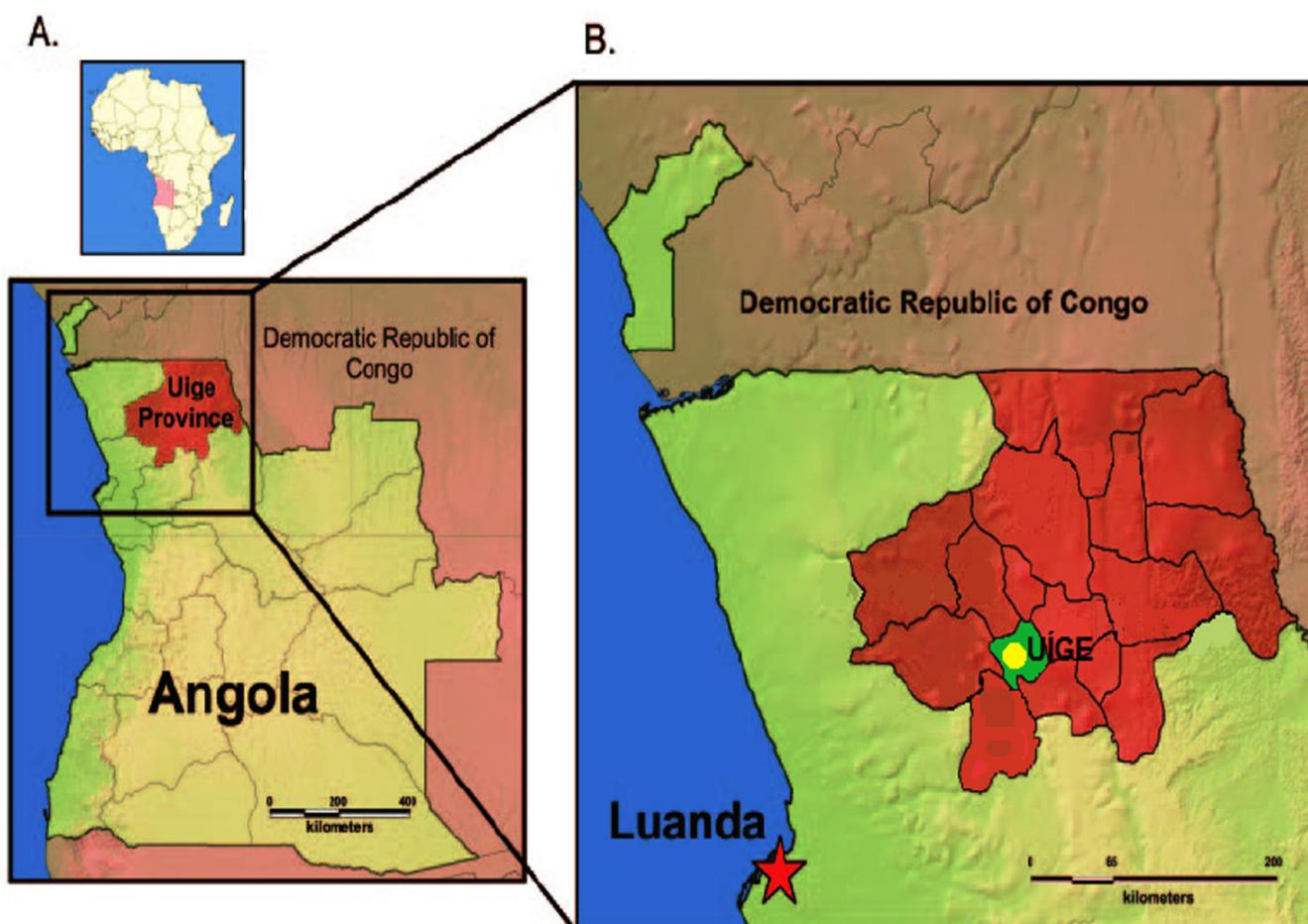


Figure 1: Localisation de la zone d'étude dans la province de Uíge avec la municipalité cible d'Uíge, en Angola

les agriculteurs, les cueilleurs, les transporteurs et les vendeurs du monde entier tant en zones rurales qu'urbaines. Par ailleurs, le commerce mondial des fruits et légumes (75 millions de tonnes/an) est en pleine expansion; il vaut plus de 55 millions de dollars et représente plus de 15% du commerce alimentaire mondial (Daviron, 1996). Selon Keopaseuth *et al.* (2008), le commerce mondial des fruits et légumes représente environ 50 milliards d'euros par an. Le commerce des fruits et légumes est important surtout pour les pays en développement qui cherchent à diversifier leurs économies afin de mieux lutter contre la pauvreté, le chômage et l'insécurité alimentaire. La commercialisation des fruits et légumes, notamment des légumes-feuilles, constitue l'une des activités économiques en pleine expansion en Afrique sub-saharienne, spécifiquement dans la municipalité d'Uíge, au Nord de l'Angola.

Aujourd'hui, le commerce de produits alimentaires est une activité qui contribue à l'augmentation de revenu des ménages et à l'amélioration des conditions de vie et du bien-être socio-économique des agriculteurs, des cueilleurs, transporteurs et des vendeurs. De plus, la diversité des produits alimentaires commercialisés dans la municipalité de Uíge est énorme, il s'agit des légumes, fruits, poissons, chenilles, gibiers et champignons (Mawunu *et al.*, 2020b). La vente des produits alimentaires a lieu sur des marchés urbains, périurbains et ruraux. De plus, ce sont les femmes qui se chargent majoritairement de cette activité que les hommes (Monizi *et al.*, 2018; Monizi *et al.*, 2019; Mawunu *et al.*, 2020b; Mawunu *et al.*, 2021; Mawunu *et al.*, 2022a).

Malgré l'importance socioéconomique du commerce des fruits et légumes-feuilles dans la municipalité d'Uíge, il n'existe pas d'études basées sur l'inventaire et la systématique sur cette suthématique dans la littérature. En outre, les données sur la commercialisation des produits alimentaires, notamment le commerce des fruits et légumes-feuilles sont dispersées (fragmentaires) voire inexistantes. D'autre part, la quasi inexistance des données chiffrées et fiables sur le marché des fruits et légumes-feuilles dans cette partie du pays, a motivé la réalisation de cette étude. Par conséquent, la présente étude vise à inventorier, identifier, connaître la valeur marchande, documenter et créer une base de données sur les fruits et légumes-feuilles vendus sur les marchés de la municipalité d'Uíge.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

La municipalité d'Uíge, située au Sud de la province d'Uíge, couvre une superficie de 2 500 km² et compte une population de 493 529 habitants (Instituto Nacional de Estatística, 2014). La capitale de la municipalité est également la capitale de la province du même nom, Uíge (Figure 1). Uíge a un climat de savane tropicale avec une saison sèche (Sivu ou Mbangala en Kikongo) (Monizi *et al.*, 2018a; Monizi *et al.*, 2018b) qui s'étend de mai à septembre et une saison des pluies qui s'étend de septembre à janvier (Masanza à Kikongo), puis de février ou mars à mai (Kitombo à Kikongo) avec une pluviométrie annuelle de 900 à 1500 mm; la température annuelle moyenne dans la capitale d'Uíge est de 23°C (Monizi *et al.*, 2018a; Monizi

et al., 2018b; Peel *et al.*, 2007). La province d'Uíge bénéficie d'excellentes conditions édapho-climatiques (grandes terres arables et précipitations régulières) et dispose également d'un réseau hydrographique dense qui irrigue la région (Monizi *et al.*, 2019). L'économie de la province d'Uíge est principalement basée sur l'agriculture de subsistance. Les autres sources de revenus sont l'élevage, la chasse, le petit commerce et la pêche traditionnelle (Mawunu *et al.*, 2020; Monizi *et al.*, 2019; Mawunu *et al.*, 2016).

Méthodologie

Pour la présente étude, l'enquête par entretien direct et l'observation directe ont été utilisées, ainsi que la recherche documentaire. Après l'exploration du site, l'étape suivante était l'entretien individuel, en utilisant un questionnaire semi-structuré. L'utilisation de plus d'un marché était une stratégie appropriée afin de vérifier la véracité des informations reçues de divers informateurs. Dans nos enquêtes, les informations suivantes étaient nécessaires : les noms locaux de fruits et légumes-feuilles trouvés sur le marché, les modes de vente, les sites de vente, les stratégies de fidélisation des clients, la destinée de revenu entre autres ont été collectés. L'enquête botanique a été réalisée entre avril de 2019 et septembre de 2021 sur les marchés formels et informels de la municipalité de Uíge. Lors du travail de terrain, un consentement éclairé préalable a été obtenu de tous les participants, après avoir expliqué le but de la recherche. Le choix de la zone d'étude a été fait après une pré-enquête qui a confirmé l'existence de vendeurs des fruits et légumes-feuilles dans les marchés de la municipalité d'Uíge. Des visites ont été effectuées dans les marchés ruraux, périurbains et urbains de la municipalité d'Uíge. Les répondants ont été sélectionnés sur base de consentement individuel et aussi en fonction de leur disponibilité et de leur activité socio-économique, notamment la vente des fruits et légumes-feuilles. La méthode adoptée pour la collecte des données est l'enquête socio-économique appliquée par Monizi *et al.* (2019), Monizi *et al.* (2018a), Monizi *et al.* (2018b) et Mawunu *et al.* (2020). Elle a consisté tout d'abord à rédiger un questionnaire pour mieux connaître le commerce des fruits et légumes-feuilles dans la zone d'étude. Aussi, la collecte des données s'est faite par l'observation directe dans les marchés et par des entretiens individuels avec les vendeurs des fruits et légumes-feuilles.

Collecte et identification des échantillons de plantes

Pour la collecte des données, un échantillonnage non probabilistique a été faite auprès des vendeurs de fruits et légumes-feuilles de la municipalité de Uíge. La constitution d'un herbier de référence est une base fondamentale à toute étude d'inventaire floristique. Après observation et photographie des échantillons de fruits et légumes-feuilles lors de travail de terrain, certaines plantes bien connues étaient directement identifiées sur le champs. L'identification botanique des échantillons non identifiés a été faite par le corps enseignant du Département de l'Agronomie de l'Institut Polytechnique de l'Université de Kimpa Vita / Uíge.

Analyse des données

Après l'entretien, les données ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS (version 16) et les graphiques et tableaux ont été réalisés à l'aide des logiciels Excel 2013.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Profil socio-démographique des personnes enquêtées

Le tableau 1 montre les caractéristiques socio-démographiques des personnes enquêtées, notamment le genre, le niveau de scolarité, la tranche d'âge, et source des revenus.

Les résultats du tableau 1 montrent que la grande majorité (95,1%) des vendeurs de fruits et légumes-feuilles interviewés dans la municipalité de Uíge est du genre féminin. Et à peine (4,9%) des vendeurs sont du genre masculin. Des résultats similaires ont été signalés par Mawunu *et al.* (2021) dans leur étude sur la vente en détail des feuilles de *Gnetum africanum* dans la ville de Uíge.

La tranche d'âge des vendeurs de fruits et légumes-feuilles dans la ville de Uíge est en moyenne de 40 ans, la grande majorité (72%) a un âge inférieur et égale à 45 ans. Viennent ensuite, des vendeurs ayant entre 46 à 66 ans (17%), puis ceux ayant entre 67 et 77 ans (11%).

Le niveau de scolarité montre que, majoritairement (41%) des vendeurs de fruits et légumes-feuilles a fait à peine l'école primaire. Viennent ensuite, ceux qui ont fait le secondaire (27%), des analphabètes (15%), l'école d'alphabétisation pour adultes (12%) et les universitaires (5%). Les vendeurs des fruits et légumes-feuilles enquêtés ont comme principales activités, le commerce (95,5%), l'agriculture (2,8%) et les études (1,7%).

Biodiversité floristique de fruits et légumes-feuilles

La figure 2 montre la diversité floristique des fruits et légumes-feuilles vendus sur les marchés de la municipalité de Uíge. La quasi-totalité (72 espèces, 97,3%) des fruits et légumes-feuilles vendus sur les marchés de la municipalité de Uíge appartiennent aux angiospermes. A peine deux espèces sur 75 (2,7%) sont des Gymnospermes et Ptéridophytes. Ce premier inventaire ethno-botanique a permis d'identifier un total de 75 espèces de fruits et légumes-feuilles réparties dans 49 genres et 37 familles botaniques (Tableau 2).

Table 1: Profil socio-démographique des personnes interviewées

Variabes	Description	Effectif	Pourcentage
Genre	Féminin	235	95,1
	Masculin	12	4,9
Niveau d'éducation	Primaire	101	41,0
	Secondaire	67	27,0
	Illettrés	37	15,0
	École d'alphabétisation pour adultes	30	12,0
	Université	12	5,0
Tranche d'âge	> 45	178	72,0
	46-66	42	17,0
	67 <	27	11,0
Source des revenus	Commerce	236	95,5
	Agriculture	7	2,8
	Étudiants	4	1,7

Tableau 2: Liste des fruits et légumes-feuilles vendus dans la municipalité de Uíge

Noms vernaculaires	Nom scientifique	Famille botanique	Stat.	T.M.	Org.	Usages	Autres usages	Distr. phyto.	Types biologiques
Abacate (Port.)	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pan	MsPh
Alface (Port.)	<i>Lactuca sativa</i>	Asteraceae	Exot.	Herbe	Feuille	Salade	Médicinal	Cosm	Chd
Ananas (Port.)	<i>Ananas comusus</i>	Bromeliaceae	Exot.	Herbe	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	Chd
Banana Pão (Port.)	<i>Musa sapintum</i>	Musaceae	Exot.	Herbe	Fruit, feuille	Fruit, Légume-feuille	Médicinal	Pan	Gb
Banana de mesa (Port.)	<i>Musa paradisiaca</i>	Musaceae	Exot.	Herbe	Fruit, feuille	Fruit, Légume-feuille	Médicinal	Pan	Gb
Coco (Port.)	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pal	MgPh
Makazu (Kik.)	<i>Cola acuminata</i>	Malvaceae	Sauv.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	GC	MsPh
Lezo (Kik.)	<i>Solanun macrocarpum</i>	Solanaceae	Sauv.	Arbuste	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	AT	Thd
Jambo - vermelho (Port.)	<i>Syzygium malaccense</i>	Myrtaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	AT	MsPh
Espinafre (Port.)	<i>Basella alba</i>	Basellaceae	Exot.	Liane	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	Pan	Chgr
Pitaia, Fruta-do-dragão (Port.)	<i>Selenicereus undatus</i>	Cactaceae	Exot.	Liane	Fruit	Fruit, Jus	Médicinal	-	-
Jaqueira (Port.)	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	Sauv.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MaPh

Tableau 2: Liste des fruits et légumes-feuilles vendus dans la municipalité de Uíge

Noms vernaculaires	Nom scientifique	Famille botanique	Stat.	T.M.	Org.	Usages	Autres usages	Distr. phyto.	Types biologiques
Fruta de pão (Port.)	<i>Artocarpus altilis</i>	Moraceae	Sauv.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MaPh
Nlondo nlondo (Kik.)	<i>Mondia whitei</i>	Apocynaceae	Sauv.	Liane	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	GC	LPh
Tumenga menga (Kik.)	<i>Clitandra cymulosa</i>	Apocynaceae	Sauv.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	GC	LPh
Malombwa (Kik.)	<i>Landolphia buchananii</i>	Apocynaceae	Sauv.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	-	-
Mata (Kik.)	<i>Landolphia lanceolata</i>	Apocynaceae	Sauv.	Arbrisseau	Fruit	Fruit	Médicinal	GC	Grh
Makonge (Kik.)	<i>Landolphia owariensis</i>	Apocynaceae	Sauv.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	AT	LPh
Ngavua mputu (Ki.)	<i>Psidium cattleianum</i>	Myrtaceae	Exot.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	NPh
Mbonde, Mbondi (Kik.)	<i>Salacia pynaertii</i>	Celastraceae	Sauv.	Liane	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	AM	LPh
Bowa (Kik.)	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranthaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	Pan	Thd
Bowa (Kik.)	<i>Amaranthus viridus</i>	Amaranthaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	Pan	Thd
Mansansa ma londe (Kik.)	<i>Aframomum alboviolaceum</i>	Zingiberaceae	Sauv.	Herbe	Fruit	Fruit	Médicinal	AT	Grh
Mampodia (Kik.)	<i>Aframomum giganteum</i>	Zingiberaceae	Sauv.	Herbe	Fruit	Fruit	Médicinal	AT	Grh
Mansansa ma mfinda (Kik.)	<i>Aframomum angustifolium</i>	Zingiberaceae	Sauv.	Herbe	Fruit	Fruit	Médicinal	AT	Grh
Mfungu (Kik.)	<i>Anisophyllea quanguensis</i>	Anisophylleaceae	Sauv.	Arbrisseau	Fruit	Fruit	Médicinal	SZ	Grh
Mingiengie (Kik.)	<i>Spondias mombin.</i>	Anacardiaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Manga sende (Ling.)	<i>Spondias dulcis</i>	Anacardiaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Nkulu (Kik.)	<i>Raphia spp.</i>	Arecaceae	Sauv.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	GC	McPh
Nkizu (Kik.)	<i>Syzygium guineense</i> subsp. <i>Macrocarpum</i>	Myrtaceae	Sauv.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	AT	MsPh
Goiabeira (Port.)	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Exot.	Petit arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pan	McPh
Jambo (Port.)	<i>Syzygium jambos</i>	Myrtaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Laranja (Port.)	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	Exot.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Limão grande (Port.)	<i>Citrus limon</i> swing.	Rutaceae	Exot.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Mabimi (Kik.)	<i>Strychnos cocoiloides</i>	Loganiaceae	Sauv.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	SZ	McPh
Mabimi (Kik.)	<i>Strychnos spinosa</i>	Loganiaceae	Sauv.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	GC	McPh
Maçã (Port.)	<i>Malus domestica</i>	Rosaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Med	MsPh
Tamarindo (Port.)	<i>Tamarindus indica</i>	Fabaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Munkula (Kik.)	<i>Pterocarpus angolensis</i>	Fabaceae	Sauv.	Arbre	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	AT	McPh
Madezo, Makasikila (Kik.)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	Cosm	Thd
Mamão (Port.)	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Manga (Port.)	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pan	MsPh
Maracujá (Port.)	<i>Passiflora quadrangularis</i>	Passifloraceae	Exot.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	Phgr
Maracujá (Port.)	<i>Passiflora edulis</i>	Passifloraceae	Exot.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	Phgr
Melão (Port.)	<i>Cucumis melo</i>	Cucurbitaceae	Sauv.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	Thgr
Melancia (Port.)	<i>Citrullus lanatus</i>	Cucurbitaceae	Sauv.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	AM	Thgr
Mfumbwa (Kik.)	<i>Gnetum africanum</i>	Gnetaceae	Sauv.	Liane	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	BGC	Phgr
Nkondo (Kik.)	<i>Adansonia digitata</i>	Malvaceae	Sauv.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	AT	MsPh
Mbala la langa (Kik.)	<i>Colocasia esculenta</i>	Araceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	Pan	Gt
Nsala ba yakala (Kik.)	<i>Dracaena camerooniana</i>	Asparagaceae	Sauv.	Arbuste	Feuille	Légume-feuille	Médicinal	SZ	McPh

Tableau 2: Liste des fruits et légumes-feuilles vendus dans la municipalité de Uíge

Noms vernaculaires	Nom scientifique	Famille botanique	Stat.	T.M.	Org.	Usages	Autres usages	Distr. phyto.	Types biologiques
Pera (Port.)	<i>Pyrus communis</i>	Rosaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Med	McPh
Madioko, Nsaki (Kik.)	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Pan	NPh
Rama de batata (Port.)	<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Pan	Gt
Ndunda (Kik.)	<i>Brassica carinata</i>	Brassicaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Ndunda (Kik.)	<i>Brassica juncea</i>	Brassicaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Ndunda (Kik.)	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	Brassicaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Truchuda (Port.)	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>truchuda</i>	Brassicaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Chou de chine (Fr.)	<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>Chinensis</i>	Brassicaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Ndunda (Kik.)	<i>Brassica napus</i>	Brassicaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Ndunda (Kik.)	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	Brassicaceae	Exot.	Herbe	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Repolho (Port.)	<i>Brassica oleracea</i>	Brassicaceae	Exot.	Subarbuste	Feuille	Légume-feuille, salade	Médicinal	Cosm	NPh
Mbidi (Kik.)	<i>Canarium schweinfurthii</i>	Burseraceae	Sauv.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	GC	MgPh
Nsafu (Kik.)	<i>Pachylobus edulis</i>	Burseraceae	Sauv.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pan	MsPh
Tangerina (Port.)	<i>Citrus reticulada</i>	Rutaceae	Exot.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Mfilu (Kik.)	<i>Vitex madiensis</i>	Lamiaceae	Sauv.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	AT	NPh
Turanjeira (Port.)	<i>Citrus maxima</i>	Rutaceae	Exot.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Laranjeira amarga (Port.)	<i>Citrus × aurantium</i>	Rutaceae	Exot.	Arbuste	fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Uva (Port.)	<i>Vitis vinifera</i>	Vitaceae	Exot.	Liane	Fruit	Fruit	Médicinal	Med	LPh
Bungudi (Kik.)	<i>Crassocephalum rubens</i>	Asteraceae	Sauv.	Herbe	Feuille	Légume-feuille	Médicinal, fourrage	AT	Thd
Bungudi (Kik.)	<i>Crassocephalum montuosum</i>	Asteraceae	Sauv.	Herbe	Feuille	Légume-feuille	Médicinal, fourrage	SZ	McPh
Mbundu a ngombe (Kik.)	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	Exot.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pan	McPh
Mitekua tekua (Kik.)	<i>Pteridium aquilinum</i> subsp. <i>Africanum</i>	Dennstaedtiaceae	Sauv.	Arbuste	Pousse feuillée	Légume-feuille	Médicinal	BGC	Grh
Nespereira (Port.)	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thumb.)	Rosaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pan	McPh
Carambole (Port.)	<i>Averrhoa carambola</i>	Oxalidaceae	Exot.	Arbre	Fruit	Fruit	Médicinal	Pan	MsPh
Pitangueira (Port.)	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Exot.	Arbuste	Fruit	Fruit	Médicinal, Bioénergie	Pan	McPh

Légende: Langues: Fr.= Français, Kik=Kikongo, Port.=Portugais, Types Biologiques: Pan=, T.P = Types morphologiques, Distr.phyto. = Distribution phytogéographique, Org. = organes comestibles de la plante, nStat. =statut de la plante étudiée dans la zone d'étude (Exot= Exotique; Sauv= sauvage)

La liste des fruits et légumes-feuilles inventoriés avec les noms vernaculaires, le nom scientifique, les familles botaniques, les statuts naturels de plantes, les types morphologiques, les types biologiques, le spectre phytogéographique est représentée par le tableau 2.

Le tableau 2 montre les données de la biodiversité floristique des fruits et légumes-feuilles en vente dans la municipalité de Uíge.

Les neuf (9) familles botaniques les mieux représentées en termes d'espèces sont Brassicaceae (8 espèces), Myrtaceae (5 espèces), Rutaceae (5 espèces), Apocynaceae (5 espèces), Asteraceae (3 espèces), Rosaceae (3 espèces), Anacardiaceae (3 espèces), Fabaceae (3 espèces), et Zingiberaceae avec 3 espèces (Figure 2).

Les autres familles botaniques documentées dans cette étude ont deux espèces chacune, il s'agit des Amaranthaceae, Arecaceae, Burseraceae, Cucurbitaceae, Loganiaceae, Malvaceae, Moraceae, Musaceae, et Passifloraceae. Et fin, les familles

présentant qu'une seule espèce sont Anisophylleaceae, Annonaceae, Araceae, Asparagaceae, Basellaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Caricaceae, Celastraceae, Convolvulaceae, Dennstaedtiaceae, Euphorbiaceae, Gnetaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Oxalidaceae, Solanaceae, et Vitaceae.

Signalons que la diversité notable des fruits et légumes-feuilles dans cette partie de l'Angola montre que les ménages tant ruraux qu'urbains ont plusieurs choix concernant la diversité alimentaire et nutritionnelle dans leur alimentation. Une alimentation adéquate des fruits et légumes, notamment légumes-feuilles réduirait la prévalence des certaines maladies humaines telles que le diabète, l'anémie, l'obésité, le surpoids et certains cancers.

Analyse écologique et phyto-géographique des espèces

Types biologiques

L'analyse des différents types biologiques liés à cette flore est donnée dans la figure 3.

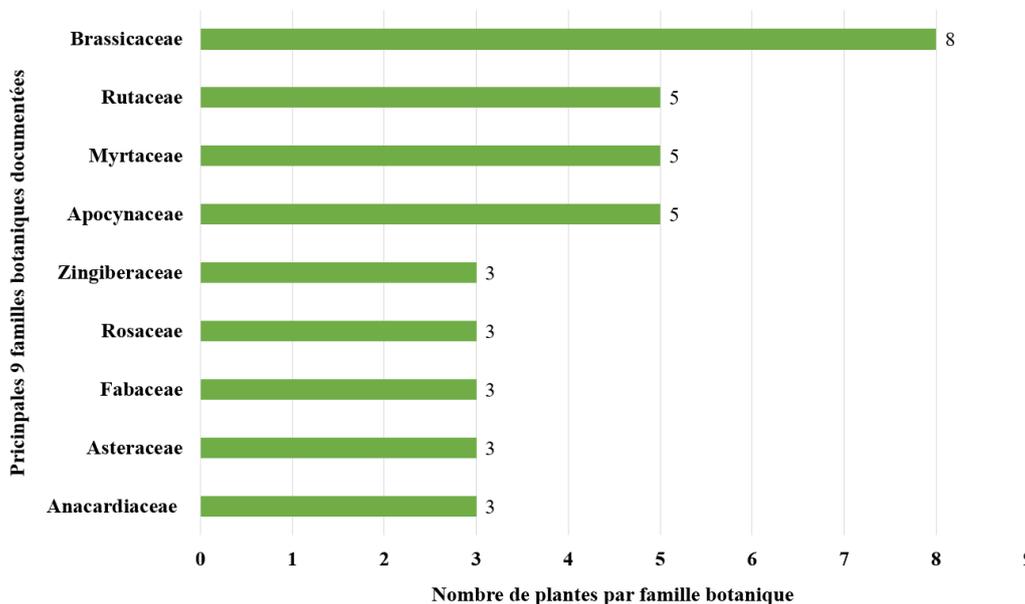


Figure 2: Répartition de 9 principales espèces par famille botanique

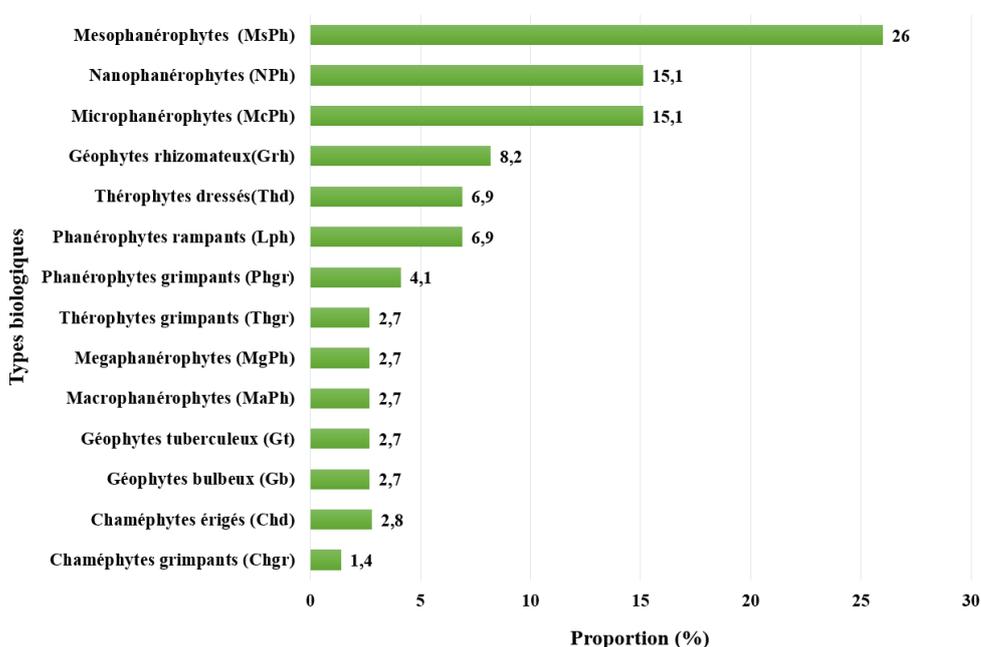


Figure 3: Proportion (%) des types biologiques de la flore des fruits et légumes-feuilles étudiée.

Avec 75 espèces répertoriées, les phanérophytes (26,0% de mésophanérophytes, 15,1% de nanophanérophytes, 15,1% de microphanérophytes, 6,9% de phanérophytes lianes, 4,1% de phanérophytes grimpants, 2,7% de macrophanérophytes et 2,7% de mégaphanérophytes) étaient le type biologique le plus représenté parmi les espèces de fruits et légumes de la zone d'étude avec 72,5%, suivis respectivement par les géophytes (16,6% du total des espèces) et les thérophytes (9,6%). Les chaméphytes étaient très peu représentés avec à peine trois espèces, soit 4,2%. Mawunu *et al.* (sous presse) ont rapporté que les types biologiques qui constituent la flore, avec une bonne représentativité, sont les phanérophytes.

Analyse phyto-géographique de la flore des fruits et légumes à feuilles

Les éléments phytogéographiques et leurs numéros respectifs sont présentés dans la figure 4.

Comme l'indiquent ces résultats (Figure 4), la flore étudiée est essentiellement tropicale. L'élément pantropical occupe une forte proportion de la flore étudiée (45,2%), suivi des espèces continentales afrotropicales (15,1%), cosmopolites (13,7%), guinéo-congolaises (9,6%), soudano-zambeziennes (5,5%), méditerranéennes (4,1%), bas-guinéo-congolaises (2,7%), afro-malgaches (2,7%) et paléotropicales (1,4%). Des résultats similaires rapportés par Mawunu *et al.* (sous presse) ont révélé une forte proportion d'espèces tropicales, en particulier d'espèces pantropicales.

Parties consommées, utilisations alimentaires des fruits et légumes-feuilles et statuts des plantes

Le résultat de l'enquête menée sur les fruits et légumes-feuilles comestibles vendus dans la municipalité de Uíge, montre que les fruits sont les plus abondants (64,5%) que les autres organes, dont les feuilles (34,2%) et les pousses (1,3%).

L'usage alimentaire des plantes inventoriées montre que, les fruits et légumes-feuilles documentés sont consommés principalement comme fruits desserts (57%), tandis que d'autres organes sont consommés comme légumes-feuilles (30,2%) et certains sont consommés comme salades (12,8%). De plus, les fruits et la salade sont consommés crus, tandis que les légumes-feuilles sont consommés cuits. Enfin, les fruits et légumes-feuilles (62,2%) documentés dans cette étude sont en majorité d'origine exotique, donc des plantes cultivées introduites dans la municipalité de Uíge, tandis que seulement 37,8% des plantes autochtones ou sauvages alimentaires produisant des fruits et légumes-feuilles sont vendues dans cette partie de l'Angola. Des résultats similaires ont été rapportés par Mawunu *et al.* (2022b) et Mawunu *et al.* (sous presse) dans leurs études ethno-botanique et ethno-médicinale respectivement sur les plantes de la petite ville de Songo et de la ville de Negage montrant que les plantes exotiques sont plus abondantes que les plantes autochtones.

Autres usages des plantes fruitières et légumières inventoriées

A part l'usage alimentaire, les plantes à fruits et légumes-feuilles comestibles documentées dans cette étude servent aussi à d'autres usages, notamment comme phyto-médicaments (80,4%). D'autres plantes servent comme source de bio-énergie, notamment bois de chauffe et charbon de bois (17,4%), tandis que d'autres encore servent de fourrages de cobayes (2,3%). Signalons que toutes les plantes alimentaires recensées dans cette étude sont aussi des phyto-médicaments, nutraceutiques. La consommation adéquate des fruits et légumes-feuilles prévient certains maux de santé humaine, tels que le diabète sucré, l'obésité, l'anémie et certains cancers. Il faudrait donc encourager la population locale de la municipalité de Uíge à diversifier son alimentation, notamment en consommant davantage des fruits et légumes-feuilles de saison pour une meilleure santé physique et mentale, bref pour son bien-être.

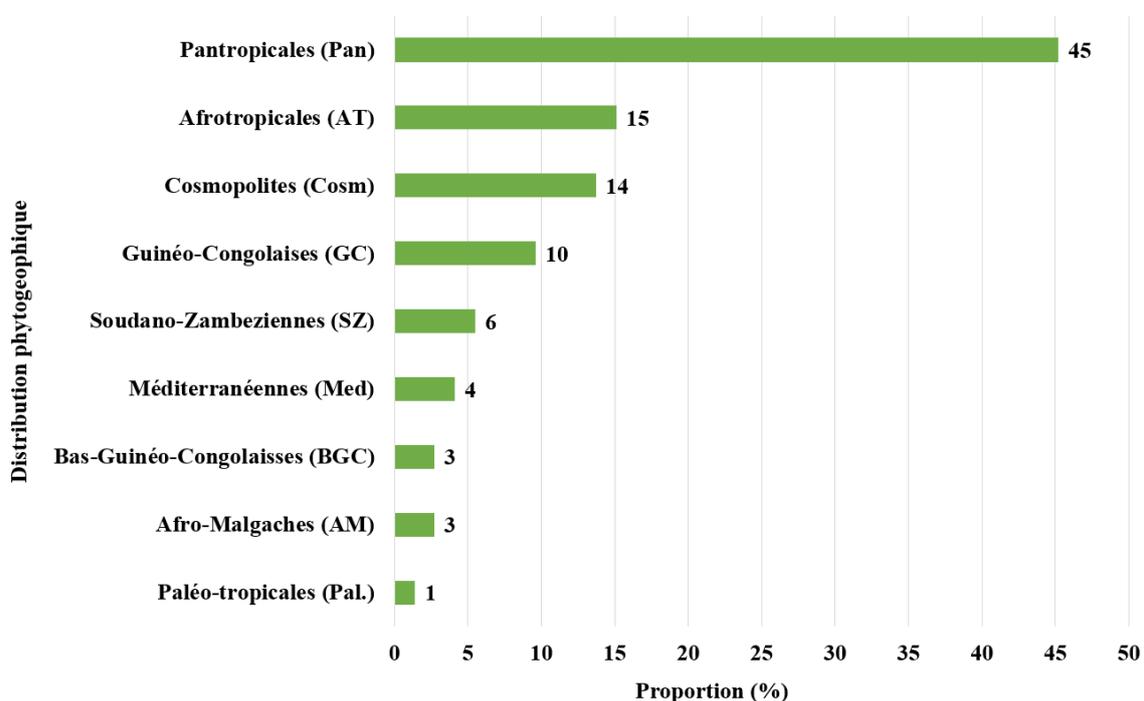


Figure 4: Proportion (%) phyto-géographique de la flore des fruits et légumes à feuilles étudiés

Modes de conservation et Saisonnalité des fruits et légumes-feuilles

Les vendeurs des fruits et légumes-feuilles dans la municipalité de Uíge utilisent plusieurs techniques servant à prolonger la durée de consommation de leurs produits. La majorité (77%) des commerçants conservent leurs produits à l'air libre en les étalant à même le sol de leur maison ou dans leurs parcelles. D'autres, les conservent dans de bassins en plastique (20%), et aux frigos (3%).

Concernant la saisonnalité, cette étude montre qu'il y a plus des fruits pendant la saison de pluies que pendant la saison sèche et vice-versa pour les légumes-feuilles. Les principaux légumes-feuilles cultivés présents tout au long de l'année sont les feuilles de manioc, les feuilles de patate douce communément appelé Matembele et les amarantes. Ces trois légumes-feuilles sont plus abondants pendant la saison de pluies tandis que les *Brassica* spp. sont plus abondantes pendant en saison sèche. Quant aux fruits, les *Musa* ssp (Bananes), *Persea americana* (Avocat), *Malus domestica* (Pomme) et *Carica papaya* (Papaye), sont présents sur le marché tout au long de l'année. Les autres fruits n'apparaissent que soit en saison de pluies, soit en saison sèche, par exemple *Pachylobus edulis*, *Ananas comosus*, *Mangifera indica* et les agrumes (*Citrus* spp). Des résultats similaires ont été obtenus par Mukendi *et al.* (2018) sur la saisonnalité des fruits sur quelques marchés de la Commune de Mont-Ngafula, à Kinshasa, en République Démocratique du Congo.

Sources de provenance des fruits et légumes-feuilles

La majeure partie (94%) des fruits et légumes-feuilles vendus dans la municipalité de Uíge sont des produits provenant de 16 municipalités de la province de Uíge, dont la municipalité de Uíge. Par ailleurs, sur les 94% des fruits et légumes-feuilles, 23 produits proviennent de la cueillette, dont *Aframomum alboviolaceum*, *Aframomum giganteum*, *Aframomum angustifolium*, *Clitandra cymulosa*, *Landolphia b Buchananii*, *Landolphia lanceolata*, *Landolphia owariensis*, *Canarium schweinfurthii*, *Anisophyllea quanguensis*, *Raphia* spp., *Syzygium guineense* subsp. *macrocarpum*, *Mondia whitei*, *Adansonia digitata*, *Pteridium aquilinum* subsp. *centrali-africanum*, *Gnetum africanum*, *Salacia pynaertii*, *Strychnos cocoiloides*, *Strychnos spinosa*, *Crassocephalum rubens*, *Vitex madiensis*, *Crassocephalum montuosum* et *Dracaena camerooniana*. L'abondance des produits de la cueillette dans le lot des fruits et légumes-feuilles en vente sur les marchés ruraux et urbains de la municipalité de Uíge, montre la force que représente encore les produits forestiers non ligneux (PFNLs) dans la lutte contre la faim, la malnutrition, le chômage et l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. De plus, seulement 2,7% des produits sont d'origine régionale, c'est-à-dire qui proviennent d'autres provinces de l'Angola, le chou (*Brassica oleracea*) vient des provinces de Huambo, Namibe, et Kuanza Sul et *Cocos nucifera* vient de la province de Cabinda. En outre, à peine 4,1% des fruits (*Malus domestica*, *Pyrus communis*, *Selenicereus undatus*, *Vitis vinifera*) et légumes-feuilles sont importés de l'Afrique du Sud, du Brésil, de l'Argentine, et du Portugal. Ce résultat montre à suffisance que la municipalité de Uíge jouit des bonnes conditions agricoles et aussi sa population se donne beaucoup aux travaux champêtres raisons pour

lesquelles elle a atteint cette autonomie alimentaire en fruits et légumes-feuilles. Malgré ce succès, les ménages agricoles doivent encore travailler pour augmenter leur production de fruits et légumes-feuilles pour l'exportation afin d'améliorer leur bien-être.

Valeur marchande des fruits et légumes-feuilles

Lieux et modes de vente

Les résultats de l'enquête montrent que la grande majorité (81%) des fruits et légumes-feuilles sont vendus sur les marchés ruraux et urbains, sur les arrêts de bus, les bords de routes et domiciles des vendeurs. Quant aux modes de vente, les fruits sont vendus en tas (70%), les légumes-feuilles sont vendus en bottes (25%), et les fruits sont également vendus par bassins en plastique et boîte métallique (5%). Mawunu *et al.* (2020; 2021; 2022b).

Modes de tarification et fidélisation de la clientèle

Les résultats de cette étude montrent que, la grande majorité (90,3%) des vendeurs de fruits et légumes-fleurs n'affichent pas le prix sur leurs produits. Seuls 9,7 % des vendeurs affichent le prix de leurs produits. La majorité (50%) des vendeurs de fruits et légumes-feuilles fait preuve de scepticisme envers leurs clients en ce qui concerne la fidélisation de ceux-ci. 28% vend en prêt à leurs fidèles clients et 22% des vendeurs réduisent le prix de vente pour leurs clients. Des résultats similaires ont été signalés par Mawunu *et al.* (2020, 2021, 2022b) dans leurs études sur la vente des produits forestiers non ligneux comestibles et la vente en détail des feuilles de *Gnetum africanum* (Mfumbwa) dans la province de Uíge.

Destination des revenus

L'argent perçu de la vente des fruits et légumes-feuilles sert à résoudre plusieurs problèmes de ménages. La grande part (89%) de cet argent sert à l'acquisition des biens et de services, notamment la nourriture et le vêtement. Viennent ensuite, l'achat de matériel scolaire (3%), les soins de santé (1,5%), l'achat de matériels agricoles (1%), et l'offrande à l'église (0,5%). Enfin, 5% de vendeurs utilisent leur revenu à créer de nouveaux emplois. Mawunu *et al.* (2020; 2021; 2022b) dans leurs études sur la vente des produits forestiers non ligneux comestibles et la vente en détail des feuilles de *Gnetum africanum* (Mfumbwa) dans la province de Uíge ont observé les mêmes faits et des résultats similaires ont été aussi rapporté par Monizi *et al.* (2018; 2019) dans la province de Uíge.

CONCLUSION

Cette étude visait à documenter les informations sur la diversité floristique et la valeur socio-économique des fruits et légumes-feuilles vendus de la municipalité de Uíge. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une grande diversité floristique des fruits et légumes-feuilles vendus dans cette partie de l'Angola. L'inventaire ethno-botanique a permis d'identifier un total de 75 espèces de fruits et légumes-feuilles réparties dans 49 genres et 37 familles botaniques. Les familles les mieux représentées sont Brassicaceae (8 espèces), Myrtaceae (5 espèces), Rutaceae (5 espèces), et Apocynaceae (5 espèces). Les fruits sont plus abondants (64,5%) que les feuilles (34,2%) et les pousses feuillées

(1,3%). La majorité des fruits et légumes-feuilles (62,2%) documentés dans cette étude est d'origine exotique, tandis que 37,8% sont autochtones. La grande majorité (89%) de l'argent perçu de la vente des fruits et légumes-feuilles sert à l'acquisition des biens et de services, notamment la nourriture et le vêtement. Les résultats de cette étude poussent à ce que des investigations liées à cette thématique soient réalisées sur toute l'étendue du pays pour mieux documenter tous les différents fruits et légumes-feuilles produits au niveau national et établir des politiques économiques permettant leur exportation, afin de contribuer à l'acquisition de devises et la diversification économique. Enfin, que soit aussi réalisées des études économiques afin d'évaluer les quantités produites et cueillies par an et, réaliser aussi des analyses phyto-chimiques et nutritionnelles des tous les fruits cueillis et cultivés en Angola pour leur valorisation dans l'alimentation humaine.

RÉFÉRENCES

- Achikanu C.E., Akpata E., Uwa J. (2021). Level of minerals in ten leafy vegetables eaten in Enugu State Nigeria. *Spec. J. Public Helth Nutr. Diet.*, 1: 1-10.
- Agence ecofin (2022). www.agenceeconfin.com. Accessed: 20/01/2022.
- Aune D., Giovannucci E., Boffetta P., Fadnes L.T., Keum N.N., Norat T., Greenwood D.C., Riboli E., Vatten L.J., Tonstad S. (2017). Fruit and vegetable intake, and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality-A systematic review, and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Int. J. Epidemiol.*, 46: 1029-1056.
- Egbuna C., G. Dable-Tupas (eds.) (2020). Functional Foods and Nutraceuticals. Springer Nature Switzerland AG.
- Falade S.O., Sowunmi R.O., Adewale O., Ayo T. (2003). The Level of Organic Acids in Some Nigerian Fruits and their Effect on Mineral Availability in Composite Diets. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2: 82-88.
- FAO (2020). Année internationale des fruits et des légumes. Rome. [visité en décembre 2020].
- FAO (2021). Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper. Rome.
- Fardet A., Richonnet C., Mazur A. (2019). Association between consumption of fruit or processed fruit and chronic diseases and their risk factors: A systematic review of meta-analyses. *Nutrients Rev.*, 77: 376–387.
- Głąbska D., Guzek D., Groele B., Gutkowska K. (2020). Fruit and vegetable intake and mental health in adults: a systematic review. *Nutrients*, 12: 115.
- Hanson B.T., Dimitri Kits K., Löffler J., Burrichter A.G., Fiedler A., Denger K., (2021). Sulfo-quinovose is a select nutrient of prominent bacteria and a source of hydrogen sulfide in the human gut. *ISME J.* 15:2779-91.
- Hosseini B., Berthon B.S., Wark P., Wood L.G. (2007). Effects of fruit and vegetable consumption on risk of asthma, wheezing and immune responses: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 9: 341.
- Instituto Nacional de Estatística (INE) (2016). Resultados preliminares. Recenseamento geral da população e habitação-2014. Luanda, Angola. 135p. Consulted: 30 August 2021. Available: www.ine.gov.ao
- Jiang X., Huang J., Song D., Deng R., Wei J., Zhang Z. (2017). Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of cognitive impairment and dementia: Meta-analysis. *Front. Aging Neurosci.*, 9: 18.
- Keopaseuth L., Mahendraw N., Panel K., Rouille L., C. Rubin (2008). La filière fruits et légumes.
- Keshari A.N., Gupta R.K., Watal G. (2005). Hypoglycemic effects of *Murraya koenigii* on normal and alloxan diabetic rabbits. *J. Ethnopharmacol.*, 2:47-51.
- Le p'tit Journal en Couleurs. (2015). Journal semestriel de la Maison médicale Couleurs Santé. N°8 – Septembre 2015, 20 p.
- Li B., Li F., Wang L., Zhang D. (2016). Fruit, and Vegetables Consumption and Risk of Hypertension: A Meta-Analysis. *J. Clin. Hypertension*, 18: 468–476.
- Mamluk L., O'Doherty M.G., Orfanos P., Saitakis G., Woodside J.V., Liao L.M., Sinha R., Boffetta P., Trichopoulou A., Kee F. (2017). Fruit and vegetable intake and risk of incident of type 2 diabetes: Results from the consortium on health, and ageing network of cohorts in Europe and the United States (Chances). *Eur. J. Clin. Nutr.*, 71: 83–91.
- Mawunu M., Fernando A. de A.C., Panzo A.Z., Mawunu, N. F. E., Narciso, H. A., Lautenschläger T, K.N. Ngbolua., Ndiku, L., Luyeye L. (2021). Socio-economic Contributions of The Retail Sale of *Mfumbwa* (*Gnetum africanum* Welw.) Among Traders in the Uíge city, Angola. *European Journal of Applied Sciences*, 9: 564–575.
- Mawunu M., Garcia Z., Manuel S.P., Pedro N. J.C., Mampasi N., Guillame N.M., K.N. Ngbolua, Ndiku L., Luyeye L. (2022). Biodiversity and Ethnobotany of Medicinal Plants of the Small Songo City, Angola. *Journal of Quality in Healthcare Economics*, 5: 000290.
- Mawunu M., K. Bongo, E. Afonso, Makonzo M.Z.V., L. Ndiku, K.N. Ngbolua (2016). Contribution à la connaissance des produits forestiers non ligneux de la Municipalité d'Ambuila (Uíge, Angola): Les plantes sauvages comestibles. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 26:190-204.
- Mawunu M., M. Pedro, T. Lautenschläger, F.M. Biduayi, P.M. Kapepula, K.N. Ngbolua, F.L. Luyeye, N. Luyindula (2020a). Nutritional Value of Two Underutilized Wild Plant Leaves Consumed as Food in Northern Angola: *Mondia whitei* and *Pyrenacantha klaineana*. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 12: 116-127.
- Mawunu M., P. Makuntima, L. Masidivinga, T. Lautenschläger, N. Luyindula, K.N. Ngbolua, L. Lukoki (2020b). First Survey on the Edible Non-Wood Forest Products Sold in Uíge Province, Northern Angola. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2 (6).
- Mawunu M., Panzo M.H.G., Telo A., Ngbolua K.N., Luyeye L., Ndiku L., Lautenschläger T. (2022). Ethnobotanical uses of wild edible plants of Mucaba municipality, Angola. *Natural Resources for Human Health*, 2: 408-417.
- Moller S.M., Jacques P.F., Blumberg JB. (2000). The potential role of dietary xanthophylls in cataract and age related macular degeneration. *Indian J. Am. Coll Nutr.*, 19:522-7.
- Monizi M., André C.D., Luyeye L., Ngbolua K.N., Ndiku L. (2019). Ethno-botanical and Socio-economics of *Dracaena camerooniana* Baker in Uíge Province, Northern Angola. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 20: 1-15.
- Monizi M., Fernando J., Luyindula N., K.N. Ngbolua, C. Neinhuis, T. Lautenschläger, Lukoki L.F., Timoteo H.M. (2018b). Traditional Knowledge and Skills in Rural Bakongo Communities: A Case Study in the Uíge Province, Angola. *American Journal of Environment and Sustainable Development*, 3: 33-45.
- Monizi M., K.N. Ngbolua, T. Lautenschläger, F.L. Luyeye, Luyindula N. (2021a). Proximate and Mineral Composition of *Nsala bakala* (*Dracaena camerooniana* Baker) Leaves, Stems and Roots from Nzenze Forest in Uíge Province, Angola. *European Journal of Biology and Biotechnology*, 2: 2684-5199.
- Monizi M., V. Mayawa, J. Fernando, C. Neinhuis, L. Thea (2018a). The cultural and socio-economic role of *Raffia* wine in the Province Uíge, Angola. *Discovery*, 54:119-129.
- Mukendi T.M., G.B. Ngiala, A.K. Batoba, E.B.W. Yeto, K.N. Ngbolua, H.M. Kunzi, F.L. Luyeye (2018). Fruits seasonality in selected markets at Mont-Ngafula district in Democratic Republic of the Congo: Biodiversity and food values- *The Journal of the Society for Tropical Plant Research*, 5: 275-285.

- Noor N., Satapathy K.B. (2020). Indigenous leafy vegetables: A super-food and a potent drug for future generation. *Int. J. Bot. Stud.*, 5:146-53.
- OMS/FAO (2014). Fruits et légumes pour la santé. Rapport de l'atelier conjoint FAO/OM, 1^{er} au 3 Septembre 2004 Kobe, Japon.
- Peel M.C., B.L. Finlayson, T.A. McMahon (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11: 1633-44.
- Poobalan V., S. Praneetha, T. Arumugam, N. Kumaravadivel, P. Jeyakumar (2019). Medicinal properties of vegetable crops. *International Journal of Chemical Studies*, 7: 1538-1542.
- Schwingshackl L., Hoffmann G., Kalle-Uhlmann T., Arregui M., Buijsse B., Boeing H. (2015). Fruit and vegetable consumption and changes in anthropometric variables in adult populations: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *PLoS One*, 10: e0140846.
- Wang T., Cai H., Sasazuki S., Tsugane S., Zheng W., Rin Cho E., Ha Jee S., Michel A., Pawlita M., Xiang Y-B. (2017). Fruit and Vegetable Consumption, *Helicobacter pylori* Antibodies, and Gastric Cancer Risk: A Pooled Analysis of Prospective Studies in China, Japan, and Korea. *Int. J. Cancer*, 140: 591–599.
- Yamamura S., Ozawa K., Ohtani K., Kasai R., Yamasaki K. (1998). Antihistaminic flavones and aliphatic glycosides from *Mentha spicata*. *J. Phytochem.*, 48:131-6.
- Zamli Z., M. Sharif (2011). Chondrocyte apoptosis: a cause or consequence of osteoarthritis? *International Journal of Rheumatic Diseases*, 14: 159-166.

La variation spatiale des pratiques de gestion durable des terres dans les terres de culture de l'Atacora Ouest au Bénin

A. NAMBIMA¹, T. D. HOUEHANOU¹, M. ADJACOU¹, N. YEHOUENOU¹, G. GOUWAKINNOU¹, H. BIAOU¹

(Reçu le 21/04/2023; Accepté le 24/05/2023)

Résumé

La gestion durable des terres est essentielle pour assurer la durabilité de l'agriculture et la résilience des écosystèmes face aux défis du changement climatique. Ainsi, les producteurs adoptent plusieurs stratégies de gestion durable des terres pour améliorer la fertilité de leur sol et augmenter leur revenu. Cette étude vise à tester l'hypothèse selon laquelle les stratégies de gestion durable des terres sont plus pratiquées dans les zones les plus arides du milieu d'étude, où le risque de dégradation des sols et du changement climatique est plus élevé. L'étude a été menée dans les six communes de l'Atacora Ouest, une zone située au nord du Bénin en Afrique de l'Ouest. Des interviews semi-structurées et observations participantes ont été utilisées pour générer des données sur les pratiques agricoles de gestion des sols, de l'eau et des arbres dans les terres de cultures. Une analyse statistique a été effectuée pour tester l'effet de la latitude et de l'altitude sur la pratique des techniques de gestion durable dans le milieu d'étude. L'étude a identifié une trentaine de techniques différentes qui sont pratiquées et qui préservent la productivité des sols, la biodiversité et la résilience des écosystèmes. Les techniques de gestion durable des terres pratiquées ont été catégorisées en différents types selon la fonction ou le rôle joué par l'approche. La bonne gestion des résidus de culture, l'utilisation rationnelle des engrais minéraux et des pesticides sont les techniques les plus utilisées dans la catégorie gestion intégrée de la fertilité des sols. Les personnes vivant en haute latitude, correspondant aux zones les plus arides, ont tendance à plus adopter des techniques de gestion durable des terres pour augmenter la fertilité des sols. Nous acceptons l'hypothèse selon laquelle les stratégies de gestion durable des terres sont plus pratiquées dans les zones les plus arides. L'étude recommande des techniques à promouvoir selon la zone de l'Atacora Ouest.

Mots clés: Gestion durable des terres, agriculture, techniques de fertilisation, changement climatique, pratiques agricoles, Bénin

Spatial variation of sustainable land management practices in the croplands of West Atacora in Benin

Abstract

Sustainable land management is essential to ensure the sustainability of agriculture and the resilience of ecosystems against the risks of climate change. Thus, farmers adopt several sustainable land management strategies to improve their soil fertility and increase their income. This study aims to test the hypothesis that sustainable land management strategies are more practiced in the drier areas of the study area, where the risk of soil degradation and climate change is higher. The study was conducted in the six communes of West Atacora, an area in northern Benin in West Africa. Semi-structured interviews and participant observations were used to generate data on agricultural practices for soil, water, and tree management in cropland areas. Statistical analyses were conducted to test the effect of latitude and altitude on the practice of sustainable management techniques in the study area. The study identified about 30 different techniques that are practiced and that maintain soil productivity, biodiversity, and ecosystem resilience. The sustainable land management techniques practiced were categorized into different types according to the function or role played by the approach. Good management of crop residue and rational use of mineral fertilizers and pesticides are the most commonly used techniques in the integrated soil fertility management category. People living in high latitudes which are the driest areas, tend to adopt more sustainable land management techniques to increase soil fertility. We thus accept the hypothesis that sustainable land management strategies are more practiced in drier areas. The study recommends techniques to be promoted depending on the area of the West Atacora zone.

Keywords: Sustainable land management, agriculture, fertilization techniques, climate change, agricultural practices, Benin

INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, l'agriculture contribue pour 30% au PIB et emploie plus de 50% de la population active (Renard *et al.*, 2004; Yabi *et al.*, 2016). Cependant, elle est essentiellement pluviale et de subsistance, caractérisée par un faible niveau de la fertilité des sols (Adebisi *et al.*, 2019; Doamba *et al.*, 2011; Saidou *et al.*, 2013; Sissoko *et al.*, 2020). De manière similaire à d'autres pays d'Afrique subsaharienne, l'agriculture au Bénin est confrontée à la baisse de la fertilité des sols, qui varie en fonction de la localité. Ce problème de baisse de fertilité des sols est crucial dans les communes de l'Atacora Ouest au Bénin (Adégbidi *et al.*, 1999). Plusieurs facteurs contribuent à la dégradation des sols, notamment la croissance démographique rapide, l'exploitation excessive des terres, l'expansion des terres cultivées, la diminution des pâturages et des jachères, ainsi que la durée de leur cycle (Fleury, 2016; Sissoko *et al.*, 2020). Face à ce phénomène de fertilité et de dégradation des terres, les producteurs adoptent généralement plusieurs stratégies afin d'améliorer

la fertilité de leur sol et accroître leur revenu. Ces stratégies regroupent différentes méthodes de gestion durable des terres et combinent le travail du sol, la jachère de courte durée, l'utilisation de la fumure organique et parfois la jachère améliorée qui introduite par les projets et programmes de protection de l'environnement (Yabi *et al.*, 2016). D'autres stratégies de gestion durable des terres telles que les techniques classiques de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols, la rotation culturale, l'association céréales – légumineuses et l'utilisation des espèces agroforestières dans les champs sont utilisées (Dan Lamso *et al.*, 2015). La pratique de la régénération naturelle assistée est aussi pratiquée et conduit à l'augmentation de la densité des arbres dans les fermes, tout en contribuant également à améliorer l'état fertile des sols (Dan Lamso *et al.*, 2015). L'agroforesterie est particulièrement utilisée comme une stratégie viable d'utilisation durable des terres pour la conservation de la biodiversité, l'agriculture durable et les services écosystémiques (Sistla *et al.*, 2016). En effet,

¹ Laboratoire d'Écologie, de Botanique et de Biologie Végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

les arbres influencent le cycle biogéochimique dans les champs agricoles, les fermes et les paysages environnants à la fois directement et indirectement. Ils extraient les couches profondes du sol à la recherche d'azote, de phosphore et d'autres nutriments essentiels, les rendant disponibles pour les cultures grâce à la décomposition de leur biomasse perdue et au renouvellement des racines (Verchot *et al.*, 2007). De plus les arbres et arbustes légumineuses forment des relations symbiotiques avec des bactéries pour fixer l'azote atmosphérique et l'accumuler dans la biomasse et les sols (Baggs *et al.*, 2006; Chikowo *et al.*, 2004). Ces processus ont tous pour effet d'augmenter les apports de nutriments et de matières organiques dans les systèmes agricoles, par le biais de la litière, de la biomasse et de la décomposition des racines. Ces intrants ont été considérés comme cruciaux pour accroître l'efficacité de l'utilisation durable des terres. Toutes ces stratégies de gestion raisonnée des terres sont vulgarisées par les projets et programmes intervenant dans la promotion de l'agriculture dans un environnement de changement climatique. Cependant, les producteurs ne les pratiquent pas toutes d'une zone à l'autre parce que subsistant des réalités environnementales différentes. Il s'avère nécessaire de connaître les pratiques de gestion durable les plus pratiquées et leurs zones de pratique et de prédilection afin de mieux promouvoir celles qui ne le sont pas et qui méritent une bonne attention.

La zone de l'Atacora Ouest au Bénin, bien qu'étant une zone de dégradation plus accrue des sols, le risque n'est pas le même dans toute la zone. Les producteurs dans la zone la plus aride sont plus prône à la détérioration de la qualité des sols et aussi aux risques du changement climatique. Ainsi,

nous avons émis l'hypothèse selon laquelle, les stratégies de gestions durables des terres sont plus pratiquées dans les zones les plus arides de l'Atacora Ouest.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Milieu d'étude

Nous avons mené la présente étude au Bénin, pays d'Afrique de l'Ouest, précisément dans les six communes de l'Atacora Ouest (Boukombe, Cobly, Materi, Tanguieta, Natitingou et Toukountouna). Nous avons choisi cette zone en raison du contexte de faible qualité des sols et de leur exacerbation par les perturbations climatiques et l'insécurité alimentaire (Adegbidi *et al.*, 1999). La région est située au Nord du pays dans la zone agro-écologique soudanaise entre 9°45' et 12°25' de latitude nord. Elle est caractérisée par une quantité de précipitations inférieure à 900 mm par an. Cependant, la présence de chaînes de montagnes entraîne une variation spatiale de la pluviométrie et donc une fréquence et une abondance de pluie dans certaines communes de haute altitude (Houssou, 1998). Ainsi, on enregistre souvent une baisse de la pluviométrie à Matéri, une commune située plus en latitude, par rapport aux autres communes. L'humidité de l'air varie de 18% pendant le harmattan (vent sec) à 99% en août (Arbonnier, 2002; Ekué *et al.*, 2004). La température de la zone varie de 24 à 41°C. La région soudanienne est constituée de savanes, de forêts galeries avec des arbres plus petits couvrant légèrement le sol. L'évapotranspiration est d'environ 1600 mm et la pratique de l'agriculture sur brûlis est couramment observée dans la zone (Ekué *et al.*, 2004).

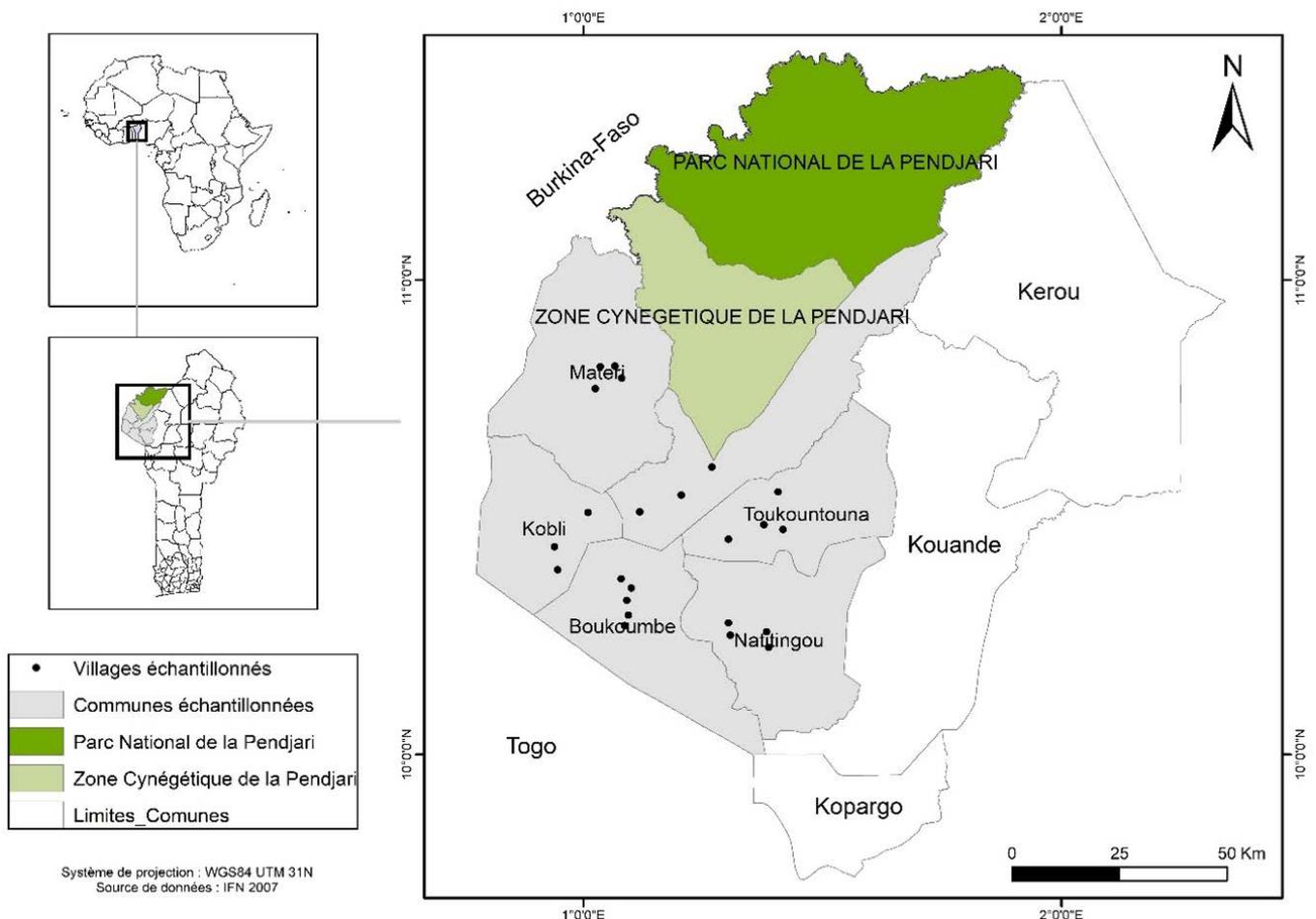


Figure 1: Carte de situation de la zone d'étude montrant les communes étudiées

Échantillonnage, collecte et analyses de données

La technique d'échantillonnage aléatoire a été utilisée pour sélectionner des chefs de ménage dans la zone d'étude. La taille minimale de l'échantillon (n) pour la zone d'étude a été déterminée par l'approximation normale de la distribution binomiale (Dagnelie, 1998) sur la base de la proportion d'agriculteurs pratiquant au moins une stratégie de gestion durable des terres:

$$n = \frac{U_{1-a/2}^2 \times P(1-P)}{d^2}$$

où n est la taille minimale de l'échantillon dans la zone d'étude; p est la proportion d'agriculteurs pratiquant des techniques durables des terres dans les systèmes de production des parcs agroforestiers et a été estimé à 20%; $U_{1-a/2}$ est la valeur de la variable aléatoire normale (1,96 pour $a=0,05$), et d est la marge d'erreur de l'estimation, qui est de 5%. La valeur de n , a été estimée à $n = 246$. Ainsi, le nombre total de chef de ménage échantillonné dans la zone d'étude a été de 360 pour les six communes de l'Atacora Ouest.

Des interviews semi-structurées et observations participantes ont été réalisées auprès des chefs de ménages pour recueillir des données sur les pratiques agricoles, les types de cultures, la gestion des sols, la gestion de l'eau et la gestion des arbres dans les parcs agroforestiers. Ces observations ont été effectuées en utilisant des outils tels que des questionnaires d'observation, des carnets de notes et des photographies.

Le modèle de régression linéaire généralisé (GLM) de la famille binomiale a été réalisé pour tester l'effet de la latitude et de l'altitude sur la pratique des techniques de fertilisation dans l'Atacora Ouest au Bénin. Seules les techniques de fertilisation dont l'adoption s'explique soit par la latitude ou soit par l'altitude sont prises en compte. Ces deux variables environnementales ont été retenues parce que, dans l'Atacora Ouest les zones en latitude plus élevées

sont plus arides et les zones en altitude élevée sont plus humides. Donc en testant l'effet de la latitude et l'altitude sur la pratique des techniques de gestion durable des terres par les agriculteurs, nous avons ainsi testé l'hypothèse de départ selon laquelle les stratégies de gestions durables des terres sont plus pratiquées dans les zones les plus arides de l'Atacora Ouest.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Cette étude a permis d'identifier et répertorier une trentaine de techniques de gestion durable des terres dans les parcs agroforestiers traditionnels de l'Atacora Ouest (Tableau 1). Cette diversité de pratiques est importante car elle permet de préserver la productivité des sols tout en assurant la biodiversité et la résilience des écosystèmes. Cela est un élément important pour mieux apprécier les pratiques de gestion des terres les plus pratiquées dans la région et pour évaluer leur efficacité en termes de durabilité et de productivité agricole. Ce résultat montre la richesse et la diversité des techniques de gestion durable des terres dans les terres de cultures de l'Atacora Ouest, ce qui suggère que les agriculteurs locaux ont acquis une grande expérience et une connaissance profonde de leur environnement. Ces techniques de gestion durable des terres recensées sont aussi parmi celles documentées par Liniger *et al.* (2011) en Afrique Subsaharienne. L'utilisation de ces pratiques diversifiées peut aider à préserver et rendre plus productifs les parcs agroforestiers traditionnels et protéger la biodiversité des terres cultivées. L'identification de ces techniques peut être utile pour les agriculteurs locaux et pour les décideurs politiques, car cela peut les aider à mieux comprendre les pratiques agricoles durables et à concevoir des politiques et des programmes pour une large adoption. Cependant, il est important de souligner que la liste de ces techniques ne doit pas être considérée comme exhaustive ou définitive. Il est bien possible que d'autres techniques de gestion durable des terres existent dans la région ou que certaines techniques ne soient pas applicables dans d'autres contextes agricoles.

Tableau 1: Liste des techniques de gestion durable des terres étudiées dans les terres de cultures dans l'Atacora Ouest

T	Techniques	T	Techniques
T1	<i>Senna siamea</i> (Arbre)	T18	Diguettes filtrantes, Fascines et enrochements
T2	<i>Mucuna</i> (légumineuse de couverture)	T19	Drains d'évacuation des eaux d'inondation
T3	Pois d'angole (<i>Cajanus cajan</i>)	T20	Utilisation du fumier
T4	Soja Inoculé	T21	Parcage
T5	Compost et déchets d'animaux	T22	Réhabilitation des vergers (manguier, orangers, anacardier)
T6	Biochar	T23	Agroforesterie à basse de <i>Moringa</i> , <i>Gliricidia</i> , <i>Enterolobium</i>
T7	Utilisation rationnelle des engrais minéraux	T24	Clôture des champs avec haies vives
T8	Utilisation rationnelle des pesticides	T25	Installation des brises vents
T9	Culture sous paillis	T26	Régénération naturelle assistée
T10	Bonne association culturale	T27	Plantation privées (<i>Teck</i> , <i>Gmelina</i> , <i>Enterolobium</i> , <i>Acacia</i>)
T11	Assolement et rotation	T28	Semis étalé dans le temps
T12	Zéro labour	T29	Cultures tolérantes à la sécheresse
T13	Labour perpendiculaire à la pente	T30	Semis à sec
T14	Cordon pierreux	T31	Semences améliorés
T15	Ados végétalisé	T32	Semis précoces dans les bas-fonds
T16	Demi-lune	T33	Mitigation
T17	Zaï		

Par conséquent, il serait important de mener des recherches supplémentaires pour mieux comprendre ces pratiques et pour évaluer leur applicabilité et leur efficacité dans d'autres régions de contextes environnementaux similaires ou différents.

La figure 2 met en évidence la diversité des catégories de techniques de gestion durable des terres mises en place dans la région, ainsi que les taux de leur utilisation. Les différentes catégories de techniques de gestion durable des terres qui sont pratiquées dans l'Atacora Ouest sont: gestion intégrée de la fertilité des sols, agriculture de conservation, conservation des eaux et des sols, gestion intégrée de l'agriculture et de l'élevage, agroforesterie et forêts individuelles, et adaptation au changement climatique. Dans la catégorie gestion intégrée de la fertilité des sols, trois différentes techniques sont couramment utilisées par la population à un taux supérieur à 40 % dont la bonne gestion des résidus de récoltes (89,7%), l'utilisation rationnelle des engrais minéraux (61,1 %) et l'utilisation rationnelle des pesticides (59,7 %). Dans la catégorie agriculture de conservation, il a été noté que l'assolement et la rotation (90,6 %) et la bonne association culturale (76,4 %) sont les techniques les plus pratiquées par la population tandis que dans la catégorie conservation des eaux et des sols, le labour perpendiculaire à la pente (91,1 %) est celle qui

est la plus pratiquée à plus de 40 % de taux. Par ailleurs, l'utilisation du fumier (80,8 %) dans la catégorie gestion intégrée de l'élevage et de l'agriculture, et la régénération naturelle assistée (99,2 %) de la catégorie agroforesterie et les forêts individuelles sont les techniques les plus pratiquées dans la région. Les techniques de cultures tolérantes à la sécheresse (59,7 %) et semis étalé dans les champs (42,8 %) sont les deux techniques de gestion durable des terres de la catégorie adaptation aux perturbations climatiques qu'adopte la population locale. Ces catégories de techniques de gestion durable des terres sont très importantes pour garantir la durabilité des pratiques agricoles (Dawson *et al.*, 2019) dans un contexte croissant de perturbation climatique (Newaj *et al.*, 2015). Les techniques les plus pratiquées peuvent être une conséquence directe des conditions environnementales dans lesquelles les producteurs mènent leurs activités agricoles. Par exemple, le fort taux du labour perpendiculaire à la pente est dû au relief en pente du sol à plusieurs endroits de la zone d'étude. Ces différentes catégories ne s'excluent pas, mais plutôt sont complémentaires les unes des autres. Par exemple, la gestion intégrée de l'état fertile des sols peut être effectuée en conjonction avec l'agriculture de conservation pour améliorer la qualité du sol et réduire l'érosion, ce qui peut aider à préserver les eaux et les sols. Il est également impor-

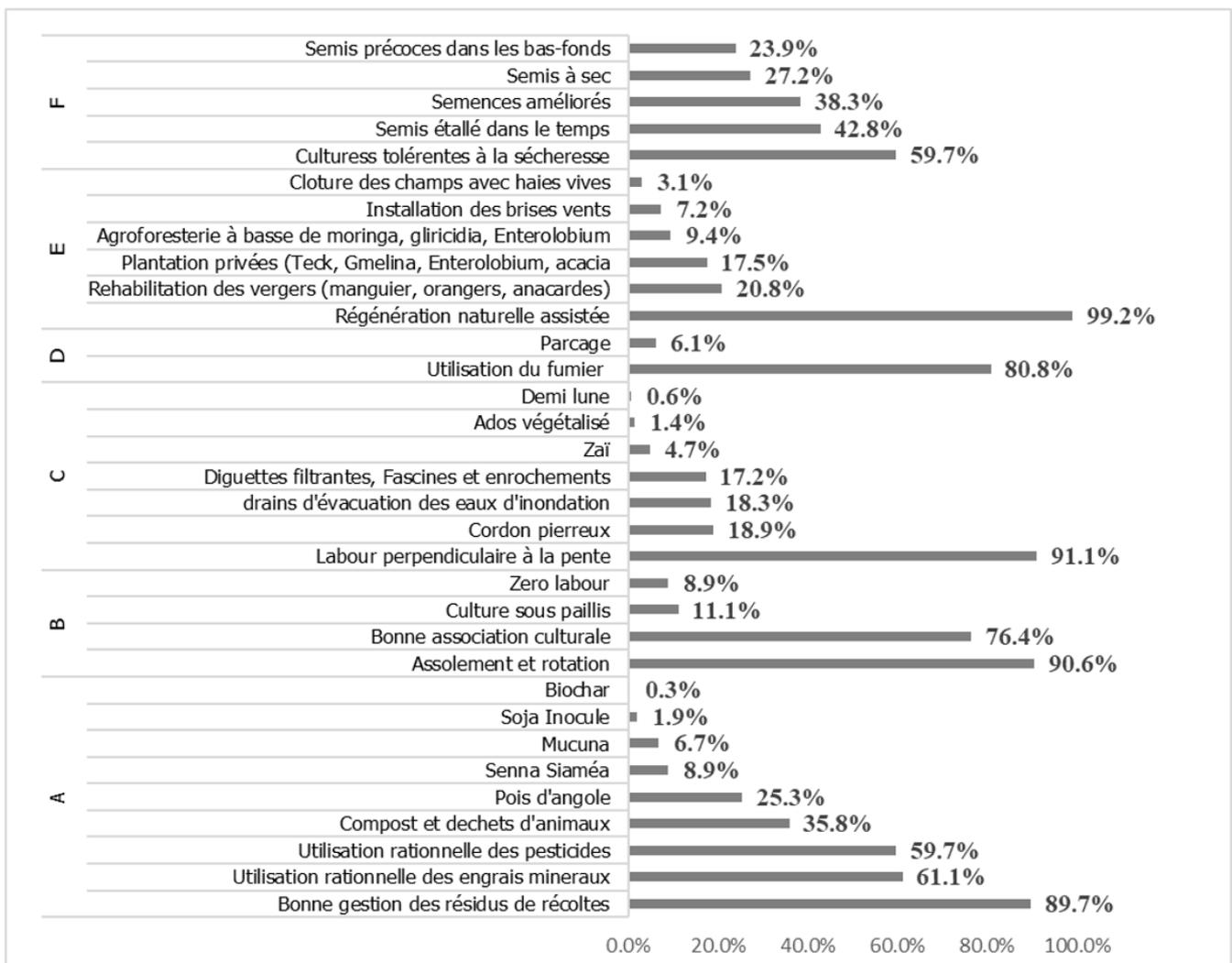


Figure 2: Les différentes catégories de techniques de gestion durable des terres. Gestion intégrée de la fertilité des sols (A), Agriculture de conservation (B), Conservation des eaux et des Sols (C), Gestion Intégrée de l'agriculture et de l'élevage (D), Agroforesterie et Forêts individuelles (E), Adaptation au changement climatique (F). Les techniques de gestion durable des terres pratiquées sont catégorisées en différent types selon la fonction ou le rôle joué par l'approche

tant de noter que l'efficacité de ces techniques peut varier selon les conditions environnementales et les systèmes de productions agricoles (Kuyah *et al.*, 2019). Par conséquent, une évaluation de l'efficacité de ces techniques doit être effectuée avant leur large promotion, en tenant compte des facteurs locaux tels que le climat, le type de sol, les ressources disponibles et les pratiques agricoles actuelles. La mise en œuvre de ces techniques peut aider à réduire les effets néfastes du climat tout en améliorant la productivité agricole et la résilience des écosystèmes. La figure 3 montre quelques illustrations de techniques de gestion durable de terre pratiquées dans l'Atacora Ouest au Bénin.

Le tableau 2 indique que certaines techniques de gestion durable des terres sont pratiquées à un taux différent selon la latitude et l'altitude. Ces deux variables influencent significativement le taux de pratique de certaines techniques de gestion durables des terres (Tableau 2). En effet, les personnes vivant en haute latitude c'est-à-dire ceux des milieux plus arides, ont généralement recours à des techniques de gestion durable des terres (Figure 4), à l'exception de T10 (bonne association culturale). Cela peut s'expliquer par la dégradation accrue de leur environnement. Dans ces zones de hautes latitudes, la pluviométrie est faible, les ressources naturelles telles que le sol, la végétation sont plus dégradées. Par conséquent, le risque du changement climatique est plus sévère et les producteurs sont contraints à rechercher des approches de solutions pour faire face à la situation dans ces zones de l'Atacora Ouest.

En revanche, la pratique des techniques T18 (diguettes filtrantes, fascines et enrochements), T19 (drains d'évacuation des eaux d'inondation), T27 (Plantation privées: teck, *Gmelina*, *Enterolobium*, *Acacia*), T28 (semis étalé dans le temps), T31 (semis à sec) et T32 (semis précoces dans les bas-fonds) est faible dans les zones en altitude c'est-à-dire les zones les plus arrosées. De plus, l'adoption de la technique T5 dépend uniquement de la latitude, tandis que l'adoption de T9 (culture sous paillis), T14 (cordon pierreux), T18 (diguettes filtrantes, fascines et enrochements), T21 (Parcage) et T28 (semis étalé dans le temps) dépend uniquement de l'altitude. Les pratiques agricoles sont souvent déterminées par les conditions environnementales spécifiques d'une zone géographique donnée. Les personnes vivant en haute latitude, par exemple, ont tendance à adopter des techniques de gestion durable des terres pour augmenter la fertilité des sols, car ces sols sont souvent pauvres en nutriments et ont une faible capacité de rétention d'eau. Les pratiques agricoles qui affectent la fertilité du sol, comme la culture sous paillis (T9) et les cordons pierreux (T14), sont donc plus courantes dans les zones de haute latitude. En revanche, les personnes vivant en altitude ont souvent des conditions environnementales différentes et moins sévères. Ces conditions peuvent rendre certaines techniques de fertilisation moins efficaces ou plus difficiles à mettre en œuvre. Par exemple, l'adoption de diguettes filtrantes, fascines et enrochements (T18) peut être plus difficile en altitude car les sols peuvent être plus rocheux et les précipitations moins élevées, ce qui rend



Figure 3: Technique de gestion durable des terres pratiquées dans l'Atacora Ouest au Bénin. A = régénération naturelle assistée, B = bonne gestion des résidus de récolte, C = Bonne association culturale, D = Système agroforestier à base de *Cajanus cajan*, E = Ados végétalisés à base de *Panicum maximum*, F = diguettes filtrantes, G = Cordon pierreux

Tableau 2: Résultats de l'analyse GLM relative à l'effet de la latitude et de l'altitude sur la pratique des techniques de fertilisation dans l'Atacora Ouest au Bénin

Response		Variable	Estimate	Std. Error	z value	Pr> z
T1	<i>Senna siamea</i>	Intercept	-102.408	30.342	-3.375	< 0.001
		Latitude	9.160	2.768	3.309	< 0.001
		Altitude	0.010	0.003	3.202	0.001
T2	<i>Mucuna</i>	Intercept	-116.722	32.217	-3.623	< 0.001
		Latitude	10.481	2.936	3.569	< 0.001
		Altitude	0.012	0.003	3.398	< 0.001
T3	<i>Cajanus cajan</i>	Intercept	-131.681	24.094	-5.465	< 0.001
		Latitude	11.941	2.198	5.432	< 0.001
		Altitude	0.015	0.003	5.434	< 0.001
T5	Compost et déchets d'animaux	Intercept	-20.751	7.400	-2.804	0.005
		Latitude	1.958	0.708	2.765	0.006
T9	Culture sous paillis	Intercept	-3.583	0.585	-6.121	< 0.001
		Altitude	0.005	0.001	3.595	< 0.001
T10	Bonne association culturale	Intercept	80.167	17.192	4.663	< 0.001
		Latitude	-7.559	1.599	-4.729	< 0.001
		Altitude	0.006	0.003	1.782	0.075
T14	Cordon pierreux	Intercept	-3.607	0.544	-6.633	< 0.001
		Altitude	0.006	0.001	4.656	< 0.001
T18	Diguettes filtrantes, Fascines et enrochements	Intercept	-0.773	0.479	-1.613	0.107
		Altitude	-0.004	0.002	-2.328	0.020
T19	Drains d'évacuation des eaux d'inondation	Intercept	-14.130	10.281	-1.374	0.169
		Latitude	1.421	0.976	1.456	0.145
		Altitude	-0.010	0.003	-3.434	< 0.001
T21	Parcage	Intercept	0.387	1.203	0.321	0.748
		Altitude	-0.013	0.006	-2.255	0.024
T22	Réhabilitation des vergers (manguier, orangers, ananardes)	Intercept	-46.719	14.014	-3.334	< 0.001
		Latitude	4.158	1.298	3.204	0.001
		Altitude	0.004	0.002	2.516	0.012
T27	Plantation privées (Teck, <i>Gmelina</i> , <i>Enterolobium</i> , <i>Acacia</i>)	Intercept	-44.248	11.583	-3.820	< 0.001
		Latitude	4.143	1.083	3.824	< 0.001
		Altitude	-0.003	0.002	-1.739	0.082
T28	Semis étallé dans le temps	Intercept	1.433	0.347	4.131	< 0.001
		Altitude	-0.004	0.001	-4.580	< 0.001
T29	Cultures tolérantes à la sécheresse	Intercept	0.013	0.364	0.035	0.972
		Altitude	0.003	0.001	2.774	0.006
T30	Semis à sec	Intercept	-91.963	15.627	-5.885	< 0.001
		Latitude	8.544	1.447	5.905	< 0.001
		Altitude	0.003	0.002	1.903	0.057
T31	Semences améliorées	Intercept	-34.835	10.052	-3.466	< 0.001
		Latitude	3.637	0.963	3.776	< 0.001
		Altitude	-0.011	0.002	-6.787	< 0.001
T32	Semis précoces dans les bas-fonds	Intercept	-81.412	13.598	-5.987	< 0.001
		Latitude	7.866	1.288	6.105	< 0.001
		Altitude	-0.010	0.003	-3.338	< 0.001

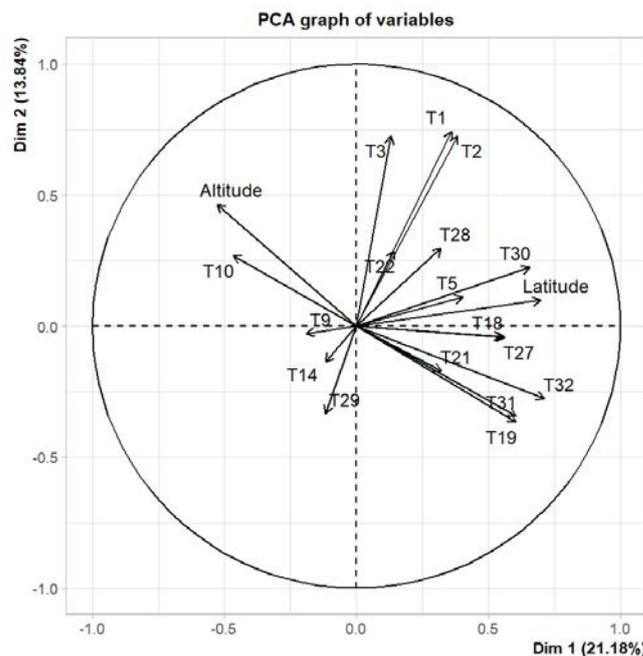


Figure 4: Analyse en composante principale montrant la relation entre les techniques de gestion durable des terres et la latitude et l'altitude

la construction de ces structures plus difficile. De même, les semis précoces dans les bas-fonds (T32) peuvent être moins courants en altitude car les sols peuvent être plus froids et plus humides, ce qui peut affecter la germination des graines. Ceci souligne l'importance de prendre en compte différents facteurs géographiques et environnementaux pour comprendre les choix de techniques de gestion durable des terres à promouvoir dans une région donnée. En effet, l'altitude et la latitude peuvent influencer les conditions de croissance des cultures et donc les besoins en fertilisation. Des recherches ont démontré que l'adoption de pratiques de gestion durable efficace des terres augmentent la production de cultures dans les basses et hautes terres et bien, améliorent le N total et le P disponible (Kuyah *et al.*, 2019). Ces résultats pourraient donc aider les agriculteurs et les développeurs à adapter leurs pratiques de gestion durable des terres en tenant compte des conditions locales environnementales.

CONCLUSION

Il est clair que la gestion durable des terres est essentielle pour garantir la durabilité de l'agriculture et la résilience des écosystèmes face aux défis du changement climatique. Les différentes catégories de techniques de gestion durable des terres, telles que la gestion intégrée de la fertilité des sols, l'agriculture de conservation, la conservation des eaux et des sols, la gestion intégrée de l'agriculture et de l'élevage, l'agroforesterie et les forêts individuelles, ainsi que l'adaptation au changement climatique, sont toutes importantes et complémentaires les unes des autres. La condition environnementale compte dans le choix des techniques de gestion durable des terres. Les zones les plus à risque sont contraintes d'avoir recours à des pratiques de gestion durable des terres. Les pratiques de gestion durable des terres qui affectent la fertilité du sol sont fréquentes dans les zones de haute latitude. La mise en œuvre des pratiques agricoles de gestion durable des terres varie ainsi en fonction de la zone géographique. Il serait intéressant de voir comment les stratégies de gestion durable des terres sont adoptées dans d'autres régions et également évaluer l'efficacité des techniques en fonction de différents contextes environnementaux. Il pourrait être également intéressant d'étudier comment les politiques publiques et les incitations économiques peuvent encourager les agriculteurs à adopter des pratiques de gestion durable des terres.

RÉFÉRENCES

- Adebisi K.D., Maiga-Yaleu S., Issaka K., Ayena M., Yabi J.A. (2019). Déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin: Cas de la fumure organique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13: 998.
- Adegbedi A., Burger K., Gandonou E., Mulder I. (1999). *Farmers' perceptions and sustainable land use in the Atacora, Benin*. IIED.
- Arbonnier M. (2002). *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. Editions Quae.
- Baggs E.M., Chebii J., Ndufa J.K. (2006). A short-term investigation of trace gas emissions following tillage and no-tillage of agroforestry residues in western Kenya. *Soil and Tillage Research*, 90: 69-76.
- Chikowo R., Mapfumo P., Nyamugafata P., Giller K.E. (2004). Mineral N dynamics, leaching and nitrous oxide losses under maize following two-year improved fallows on a sandy loam soil in Zimbabwe. *Plant and soil*, 259: 315-330.
- Dagnelie P. (1998). *Statistiques théoriques et appliquées*, de Boeck et Larcier. Bruxelles, Belgium.
- Dan Lamso N., Guero Y., Tankari Dan-Badjo A., Tidjani A.D., Ado Maman N., Ambouta Jean Marie K. (2015). Effet des touffes de *Guiera senegalensis* sur la fertilité des sols dans la région de maradi (Niger). *Journal of Applied Biosciences*, 94: 8844.
- Dawson I.K., Park S.E., Attwood S.J., Jamnadass R., Powell W., Sunderland T., Carsan S. (2019). Contributions of biodiversity to the sustainable intensification of food production. *Global Food Security*, 21: 23-37.
- Doamba S., Nacro H., Sanon A., Sedogo M. (2011). Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(1).
- Ekue M.R.M., Assogbadjo A.E., Mensah G.A., Codjia J.T.C. (2004). Aperçu sur la distribution écologique et le système agroforestier traditionnel autour de l'ackée (*Blighia sapida*) en milieu soudanien au Nord Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 44: 34-44.
- Liniger H.P., R. Mekdaschi Studer, C. Hauert, M. Gurtner (2011). La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne. TerrAfrica, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT et FAO).
- Fleury M. (2016). Agriculture itinérante sur brûlis (AIB) et plantes cultivées sur le haut Maroni: Étude comparée chez les Aluku et les Wayana en Guyane française. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi. Cienc. Hum.*, 11: 431-465.
- Houssou C.S. (1998). *Les bioclimats humains de l'Atacora (nord-ouest du Bénin) et leurs implications socio-économiques*. Thèse de Doctorat, Dijon.
- Kuyah S., Whitney C.W., Jonsson M., Sileshi G.W., Öborn I., Muthuri C.W., Luedeling E. (2019). Agroforestry delivers a win-win solution for ecosystem services in sub-Saharan Africa. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39: 1-18.
- Newaj R., Chavan S.B., Prasad R. (2015). Climate-smart agriculture with special reference to agroforestry. *Indian Journal of Agroforestry*, 17: 96-108.
- Renard J.-F., Ly C., Knips V. (2004). *L'élevage et l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest*. CIRAD-EMVT. <http://agritrop.cirad.fr/521080/>
- Saidou A., Balogoun I., Kone B., Gnangle C., Aho N. (2013). Effet d'un système agroforestier à karité (*Vitellaria paradoxa* c.f. Gaertn) sur le sol et le potentiel de production du maïs (*Zea mays*) en zone Soudanienne du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6: 2066-2082.
- Sissoko F., Traore A., Diarra S., Traore M. (2020). Effet de l'insertion des plantes de couverture sur la productivité du système de culture à base de maïs dans le cadre de l'intégration agriculture-élevage. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14: 2599-2610.
- Sistla S.A., Roddy A.B., Williams N.E., Kramer D.B., Stevens K., Allison S.D. (2016). Agroforestry Practices Promote Biodiversity and Natural Resource Diversity in Atlantic Nicaragua. *PLOS ONE*, 11: e0162529.
- Verchot L.V., Van Noordwijk M., Kandji S., Tomich T., Ong C., Albrecht A., Mackensen J., Bantilan C., Anupama K.V., Palm C. (2007). Climate change: Linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 12: 901-918.
- Yabi J.A., Bachabi F.X., Labiyi I.A., Ode C.A., Ayena 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. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10: 779.

Structure des groupes de primates et leur régime alimentaire dans la forêt sacrée de Kikélé au Bénin

Saba DEWANOU¹, Hermann TONI¹, Elie PADONOU¹, Bruno DJOSSA¹, Aristide ADOMOU²

(Reçu le 13/02/2023; Accepté le 13/05/2023)

Résumé

La présente étude a été conduite dans le but de dénombrer les populations de primates et d'inventorier les plantes et organes dont ils se nourrissent dans la forêt sacrée de Kikélé dans la commune de Bassila au Nord-Bénin. Les primates diurnes et nocturnes ont été dénombrés par la méthode de comptage complet. Des enquêtes auprès de 60 personnes ressources et observations de terrain durant 90 jours ont été faites pour inventorier les plantes et organes consommés par les primates. La forêt sacrée de Kikélé, abrite trois espèces de primates dont une espèce nocturne *Galago senegalensis* (16 individus dénombrés) et deux espèces diurnes dont *Cercopithecus mona* (2 individus) et *Colobus vellerosus* (28 individus). 35 espèces végétales ont été inventoriées comme ressources alimentaires pour *C. vellerosus*, 39 espèces végétales pour *C. mona* et 12 espèces végétales pour *G. senegalensis*. *G. senegalensis* se nourrit exclusivement de fruits mûrs, tandis que les deux autres espèces se nourrissent principalement des fruits et de feuilles. Les légumineuses et les méso-phanérophytes étaient les plus représentés dans le régime alimentaire. Les primates manifestent une flexibilité dans leur régime alimentaire liée à la phénologie des plantes.

Mots clés: Primates, taille, alimentation, Kikélé, Bénin

Structure of primate group and their diet in the sacred forest of Kikele in Benin

Abstract

This study aimed at accessing the population size and structure of primates and inventorying plants and organs on which they feed in the sacred forest of Kikélé in the district of Bassila in northern Benin. Diurnal and nocturnal primates were counted by the complete count method. Surveys of 60 resource persons and field observations during 90 days were carried out to inventory the plants and organs consumed by primates. Results showed that the sacred forest of Kikele shelters three species of primates including a nocturnal species *Galago senegalensis* (16 individuals) and two diurnal species, *Cercopithecus mona* (2 individuals) and *Colobus vellerosus* (28 individuals). In total, 35 plant species have been inventoried as food resources for *C. vellerosus*, 39 plant species for *C. mona* and 12 plant species for *G. senegalensis*. *G. senegalensis* consumed only mature fruits, while the two other species consumed mainly fruits and leaves. Leguminosae and meso-phanerophytes were the most represented in the diet. Primates show flexibility in their diet linked to the phenology of the plants.

Keywords: Primates, size, feeding, Kikele, Benin

INTRODUCTION

La République du Bénin, malgré sa position dans le Dahomey-Gap, abrite de nos jours neuf espèces et sous-espèces de primates (Campbell *et al.*, 2007; Nobimè *et al.*, 2011). Ces primates sont retrouvés dans divers habitats, notamment dans les forêts dans différentes régions du pays. Ces espèces fournissent des services écosystémiques, notamment la dispersion des graines (Lambert, 2001; Culot *et al.*, 2010). En raison de l'importance des services rendus par les primates, la régression des populations de plusieurs primates et du contexte général caractérisé entre autres par la destruction des habitats, l'exploitation intensive des ressources naturelles et le changement climatique, la conservation des primates reste une préoccupation majeure dans le monde aujourd'hui. De plus, les primates sont exploités à des fins médicinales et médico-magiques par les communautés locales Nobimè *et al.*, (2008).

Malgré la diversité des primates observés au Bénin, peu d'études ont porté sur ce groupe d'animaux dans le pays. La majorité des travaux effectués a porté sur la diversité, la distribution et les habitats, puis les usages des primates (Sinsin et Assogbadjo, 2002; Nobimè *et al.*, 2008; Djègo-Djossou et Sinsin, 2009; Djègo-Djossou *et al.*, 2012). Le régime alimentaire des primates reste encore très peu étudié dans le pays, bien qu'il soit déterminant dans la conservation des espèces. En effet, le régime alimentaire est un élément important dans l'étude de la biologie de conserva-

tion, car la disponibilité des ressources alimentaires affecte la dynamique et la viabilité des populations d'espèces animales Johnson et Sherry (2001). Le comportement alimentaire des primates dépend de leurs adaptations morphologiques et physiologiques, qui résultent d'une coévolution avec les aliments potentiels disponibles dans leur environnement Laurent (2007). L'analyse du régime alimentaire permet d'apprécier le degré de recouvrement et des préférences alimentaires de différents animaux. C'est l'un des aspects les plus fréquemment étudiés de l'écologie des primates vivants Moegenburg et Levey (2003).

Plusieurs travaux scientifiques soulignent que les aires protégées constituent les remparts principaux contre l'extinction des espèces et la perte de leur habitat (Timko et Innes, 2009; Cantú-Salazar et Gaston, 2010). C'est pourquoi, pendant longtemps les structures en charge de la protection et de l'aménagement de la faune étaient toujours intéressées par les parcs nationaux, les réserves de biosphères et les forêts classées. La forêt sacrée de Kikélé située au nord du Bénin fait partie de ces écosystèmes. Une étude réalisée par Djègo-Djossou *et al.*, (2012) a montré qu'elle abritait le Colobe de Geoffroy (*Colobus vellerosus*), une espèce vulnérable sur la liste de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Deux individus de mone (*Cercopithecus mona*) sont introduits, d'eux même selon la population riveraine, dans ladite forêt en 2018. Les communautés locales et gestionnaires de la forêt ont

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

² Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

aussi rapporté la présence de quelques individus de galago (*Galago senegalensis*) dans ladite forêt. La présence de ces trois espèces de primates pourrait engendrer une compétition pour les ressources alimentaire et affecter leur disponibilité. Il est alors indispensable d'étudier la taille de la population mais aussi le régime alimentaire des primates qui cohabitent dans la forêt sacrée de Kikélé.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

La présente étude a été conduite dans la forêt sacrée de Kikélé (latitude 9°00.620' Nord; longitude 1°43.792' Est) au nord du Bénin (Figure 1). Cette forêt d'une superficie d'environ 13,6 ha est à l'intérieur du village de Kikélé, qui est situé à 7 km de la commune de Bassila sur la route Bassila - Igbomacro - Doguè - Wari-Marou, à 4 km du village de Manigri et à 9 Km de la frontière togolaise (Djègo-Djossou *et al.*, 2012). Le milieu d'étude est caractérisé par un climat de type soudano-guineen avec deux saisons, une grande saison pluvieuse (mi-avril à mi-octobre) et une petite saison sèche (mi-octobre à mi-avril). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1000 mm et les températures moyennes annuelles varient entre 26 et 27° C. La forêt Sacrée de Kikélé comprend les quatre types de formations végétales suivantes: (i) la forêt dense humide semi-décidue à *Holoptelea grandis* et *Celtis zenkeri*; (ii) la forêt claire et savane boisée à *Vitellaria paradoxa* et *Maranthes polyandra*; (iii) les savanes arborée et arbustive à *Cola gigantea* et *Adansonia digita* et (iv) les plantations de tecks.

Collecte des données

Un dénombrement des primates a été effectué pour obtenir les données sur la taille de la population des primates dans la forêt sacrée de Kikélé. Les espèces de primates diurnes et nocturnes ont été dénombrées suivant la méthode de comptage complet. En effet, toute la forêt a été parcourue afin de repérer et compter les espèces de primates au cours de leurs déplacements, alimentations ou repos. Les primates diurnes ont été catégorisés selon le sexe et la tranche d'âge (adulte, sub-adules, juvéniles et enfants) en se basant sur les critères morphologiques. Compte tenu de l'éthologie, les primates nocturnes n'ont pas été catégorisés selon le sexe et la tranche d'âge. Une paire de jumelle a été utilisée pour observer les primates diurnes et des lampes frontales pour les primates nocturnes.

Pour caractériser le régime alimentaire des primates dans la forêt sacrée de Kikélé, une première phase de travail a consisté à enquêter 60 acteurs vivant autour ou intervenant dans la forêt. Après, un focus groupe a été fait avec les acteurs concernés pour retenir la liste des espèces de plantes et parties consommées par les primates. La deuxième phase a consisté à suivre des individus ou groupes de chaque espèce de primates durant 90 jours, d'Août à Novembre 2020, période comprenant aussi bien la saison pluvieuse (Août à mi-octobre) que la saison sèche (mi-octobre à Novembre). Les plantes et parties consommées par *Colobus vellerosus* et *Cercopithecus mona* ont été enregistrés dans la journée entre 05h:30 min et 20h:30 min, tandis que celles consommées par *Galago senegalensis* ont été

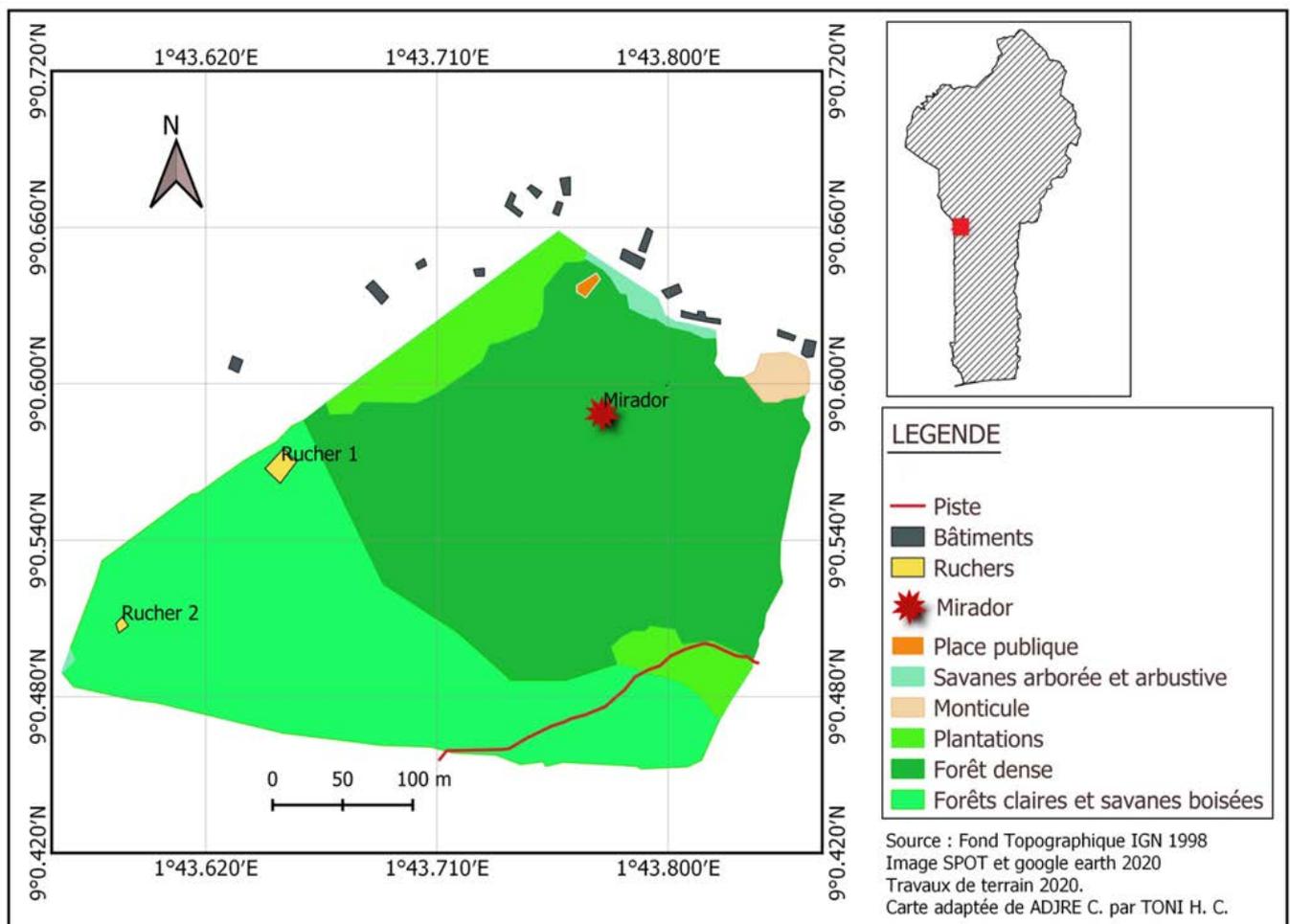


Figure 1: Carte de la forêt sacrée de Kikélé

enregistrés la nuit entre 19 h et 6 h. Les observations ont été faites avec la jumelle à une distance d'au moins 10 mètres des animaux pour éviter de les perturber.

Les plantes consommées par les primates ont été classifiées suivant les types biologiques définis par Raunkiaer (1934): mégaphanérophite (MPh), mésophanérophite (mPh), microphanérophite (mph), nanophanérophite (nph), chaméphyte (Ch), Géophytes (G), Hémicryptophyte (HC), Thérophyte (Th), Lianes (L) et Epiphyte (Ep).

Les stades phénologiques de feuillaison, de floraison et de fructification des plantes consommées par les primates ont été rapportés. Les espèces végétales consommées par les primates ont été herborisées et identifiées à l'herbier national du Bénin.

Analyse des données collectées

Les données de dénombrement des primates ont été analysées à travers la densité (D) et la taille moyenne des groupes (TMG) de chaque espèce de primates. Elles sont définies par les formules ci-après:

$$D \text{ (individu / ha)} = \frac{\text{Nombre d'individus de l'espèce}}{\text{Superficie de la zone d'étude}}$$

$$TMG = \frac{\text{Nombre d'individus de l'espèce}}{\text{Nombre du groupe}}$$

Pour évaluer la dépendance entre la présence/absence des deux espèces diurnes *Colobus vellerosus* et *Cercopithecus mona*, une table de contingence a été établie à partir des observations des groupes. Ces données ont été soumis à un test statistique d'indépendance (test de Khi-deux de Pearson) sous l'hypothèse Ho de l'indépendance entre la présence/absence de *C. vellerosus* et *C. mona* et H1 de la dépendance entre la présence/absence de *C. vellerosus* et *C. mona*.

Quant aux données relatives aux plantes consommées par les primates, le pourcentage de chaque famille de plante consommée par chaque primate, la fréquence des types biologiques dans le régime de chaque primate et la fréquence des stades phénologiques des plantes consommées par les primates ont été calculés. Les graphes ont été réalisés dans un tableur Excel.

L'indice de Bray Curtis (C_N) a été calculé pour évaluer la similarité entre les familles de plantes utilisées par les primates en utilisant la formule suivante:

$$C_N = 1 - 2J_N / (N_a + N_b)$$

N_a= Nombre de plantes de même famille utilisée par l'espèce de primate A;

N_b = Nombre de plantes de même famille utilisée par l'espèce de primate B;

J_N = Somme des plus petites abondances des plantes de même familles communes aux espèces de primates A et B.

Des valeurs de CN < 40% indiquent que les familles de plantes utilisées par les primates A et B sont similaires, tandis que des valeurs > 40% indiquent que les familles de plantes utilisées par les primates A et B sont dissimilaires.

Afin d'étudier les relations entre les primates inventoriés et les plantes consommées, une analyse canonique des correspondances a été appliquée aux deux variables en utilisant le logiciel PAST (PAlaeontological STatistics), version 3.14 (Hammer *et al.*, 2001).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Diversité et structures des groupes des primates de la forêt sacrée de Kikélé

Trois espèces de primates ont été observées dans la forêt sacrée de Kikélé (Tableau 1). Deux des espèces notamment, la mone (*Cercopithecus mona*) et le colobe de Geoffroy (*Colobus vellerosus*) sont diurnes, tandis que le galago (*Galago senegalensis*) est nocturne. Le colobe de Geoffroy a été le plus abondante avec 28 individus (7,78 ind./ha) organisés en trois groupes de 6 à 16 individus comprenant des juvéniles et petits. La mone était représenté par un seul groupe de deux adultes (0,56 ind./ha). Quant au galago, 16 individus vivant en solitaire ont été observés.

Associations entre espèces de primates

Les primates se rencontrent en groupes monospécifiques ou en groupes plurispécifiques. Des groupes monospécifiques de mone; de colobe de Geoffroy et galago ont été observés, mais également des groupes plurispécifiques constitué de mone et de colobe de Geoffroy. *C. vellerosus* s'associe bien et se déplace souvent avec *C. mona*. Sur un total de 192 observations de groupes de primates, 96 associations de ces deux espèces diurnes ont été notées. Le test de Khi deux a révélé une dépendance entre la présence/absence de *C. vellerosus* et la présence/absence de *C. mona* (p < 2,2. 10⁻¹⁶). Aucune association du galago avec la mone ou le colobe de Geoffroy, n'a été observée.

Diversité floristique des plantes consommées par les primates

Il a été inventorié 35 espèces végétales (réparties dans 29 genres et dans 21 familles) comme ressources alimentaires pour le colobe de Geoffroy; 39 espèces végétales (réparties dans 33 genres et dans 24 familles) pour la mone; et 12 espèces végétales (réparties dans 12 genres et dans 10 familles) pour le galago (Tableau 2).

Le colobe de Geoffroy se nourrit de jeunes feuilles et des fruits immatures. Il apprécie particulièrement les espèces tels que *Celtis zenkeri* (58,3% des enquêtés), *Azadirachta indica* (50,0% des enquêtés) et *Khaya senegalensis* (41,7% des enquêtés). La mone se nourrit de jeunes feuilles; des fruits immatures et des fruits mûrs. Elle apprécie parti-

Tableau 1: Structure des groupes des primates de la forêt sacrée de Kikélé

Espèces	Famille	Effectif	Densité (ind/ha)	Adultes		Sub adultes		Juvéniles		Enfants
				M	F	M	F	M	F	
<i>Colobus vellerosus</i> (Groupe 1)	Cercopithecidae	6	7,78	1	3					2
<i>Colobus vellerosus</i> (Groupe 2)		6		1	2	1	1	1		
<i>Colobus vellerosus</i> (Groupe 3)		16		3	5	1	1	3	2	1
<i>Cercopithecus mona</i>	Cercopithecidae	2	0,56	1	1					
<i>Galago senegalensis</i>	Galagonidae	16	4,44							

M: Mâle; F: Femelle; ind: individu

culièrement les espèces tels que: *Celtis zenkeri* (55% des enquêtés), *Blighia sapida* (45% des enquêtés) et *Carica papaya* (33,3% des enquêtés). Quant au galago, il ne mange que des fruits mûrs. Il mange beaucoup les fruits de *Uapaca togoensis* (38,3% des enquêtés), *Maranthes polyandra* (30,0% des enquêtés) et *Spondias mombin* (25,0% des enquêtés).

Les familles les plus représentées dans l'alimentation de colobe de Geoffroy et de la mone sont les Moraceae (10-11,0%) et les Leguminosae - Mimosoideae (8-9%). Chez le galago les Leguminosae - Mimosoideae (16,7%) et les Sapotaceae (16,7%) sont les plus représentés. Les mésophanérophyles sont le type biologique dominant dans l'alimentation des primates avec des proportions de 60,0%, 61,5% et 75% respectivement pour *C. vellerosus*, *C. mona* et *G. senegalensis*.

Tableau 2: Plantes consommées par les primates dans la forêt sacrée de Kikélé

Espèces végétales			Parties consommées		
Nom scientifique	Famille	Types biologiques	Colobe	Mone	Galago
<i>Adansonia digitata</i>	Bombacaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Adenia cissampeloides</i>	Passifloraceae	LnPh	JF	JF	-
<i>Azalia africana</i>	L. Caesalpinioideae	mPh	JF	JF	-
<i>Albizia glaberrima</i>	L. Mimosoideae	mPh	JF	JF	-
<i>Albizia lebeck</i>	L. Mimosoideae	mPh	JF; IFr	JF; IFr	MFr
<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Anogeissus leiocarpa</i>	Combretaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Blighia Sapida</i>	Sapindaceae	mPh	-	MFr	-
<i>Bombax brevicuspe</i>	Boraginaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Caesalpinia pulcherima</i>	L. Caesalpinioideae	mPh	JF; MFr	JF; MFr	-
<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	mPh	-	I MFr	-
<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	MPh	JF	JF	-
<i>Celtis zenkeri</i>	Ulmaceae	MPh	JF	JF; MFr	-
<i>Cola cordifolia</i>	Sterculiaceae	mPh	JF; MFr	JF; MFr	-
<i>Cola nitida</i>	Sterculiaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Diospyros mespiliformis</i>	Ebeneceae	mPh	IFr	IFr	-
<i>Diospyros monbuttensis</i>	Ebeneceae	mPh	JF; MFr	JF; IFr	-
<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae	mPh	-	-	MFr
<i>Ficus exasperata</i>	Moraceae	mPh	JF; IFr	JF; IFr	-
<i>Ficus sur</i>	Moraceae	mPh	JF	JF	MFr
<i>Ficus thonningii</i>	Moraceae	mPh	JF	JF	-
<i>Ficus Umberllata</i>	Moraceae	mPh	JF	JF	-
<i>Holoptelea grandis</i>	Ulmaceae	MPh	JF	JF	-
<i>Khaya senegalensis</i>	Meliaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Lonchocarpus cyanescens</i>	L. Papilionoideae	LnPh	JF	JF	-
<i>Luffa aegyptiaca</i>	Cucurbitaceae	LnPh	JF	JF	-
<i>Manguifera indica</i>	Anacardiaceae	mPh	-	MFr	-
<i>Maranthes polyandra</i>	Chrysobalanaceae	mPh	-	-	MFr
<i>Mimusops kummel</i>	Sapotaceae	MPh	-	-	MFr
<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	mPh	JF; MFr	JF; IFr	-
<i>Napoleona vogelii</i>	Lecythidaceae	mPh	IFr	IFr	-
<i>Nauclea latifolia</i>	Rubiaceae	mPh	-	-	MFr
<i>Newbouldia laevis</i>	Bignoniaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Opilia celtidifolia</i>	Opiliaceae	LnPh	-	JF; MFr	-
<i>Parkia biglobosa</i>	L. Mimosoideae	mPh	JF	JF; MFr	MFr
<i>Periploca nigrescens</i>	Apocynaceae	LnPh	JF	JF	-
<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	mPh	-	-	MFr
<i>Tamarindus indica</i>	L. Detarioideae	mPh	JF; IFr	I MFr	MFr
<i>Tectona grandis</i>	Verbanaceae	mPh	JF	JF	-
<i>Tephrosia vogelii</i>	L. Papilionoideae	mPh	IFr	IFr	-
<i>Uapaca togoensis</i>	Euphorbiaceae	mPh	-	-	MFr
<i>uvaria chamae</i>	Annonaceae	LnPh	IFr	-	-
<i>Vernonia colorata</i>	Asteraceae	mPh	JF	I MFr	-
<i>Vitellaria paradoxa</i>	Sapotaceae	mPh	-	-	MFr
<i>Vitex doniana</i>	Verbanaceae	mPh	IFr	IFr	-
<i>Ximenia americana</i>	Olacaceae	mPh	-	-	MFr

L.: Leguminosae, JF: Jeunes feuilles, IFr: Fruits immatures, MFr: Fruits mûrs

La majorité des plantes consommées par les primates étudiés étaient en période de repousse des feuilles lors de la collecte des données. De plus, certaines plantes consommées étaient en fructification, plus spécifiquement celles consommées par le galago (Figure 2).

Analyse canonique des correspondances des plantes consommées par les primates

Les trois espèces de primates rencontrées dans la forêt sacrée de Kikélé consomment diverses espèces végétales. L'analyse canonique des correspondances (Figure 3) montre que les plantes entrant dans la composition du régime alimentaire des trois primates sont différents. En effet le Galago consomme assez de plantes (66,7%) non utilisées par le colobe de Geoffroy et la mone, pendant que ces deux dernières espèces ont des plantes en communs (89,7%). La comparaison entre les familles des plantes consommées à confirmé ces résultats, car l'Indice de Bray Curtis entre *C. mona* et *C. vellerosus* est de 5,41%, alors qu'il est supérieur à 78% entre le galago et les primates diurnes.

La connaissance de la taille de la population et des plantes consommées par les primates est indispensable pour l'élaboration de stratégies appropriées de leur conservation. La présente étude a déterminé la taille des populations, puis inventorié les espèces végétales consommées par les trois espèces de primates présents dans la forêt sacrée de Kikélé. En effet, cette forêt abrite deux espèces diurnes que sont le colobe de Geoffroy (*Colobus vellerosus*) et la mone (*Cercopithecus mona*) et une espèce nocturne le galago (*Galago senegalensis*). En tenant compte des critères d'abondance définis par l'IUCN, dans la forêt sacrée de Kikélé, ces trois espèces sont très menacées d'extinction (moins de 50 individus). En appliquant les critères de l'IUCN relatifs à l'espace vital disponible (le seuil critique étant de 100 km²), le statut des primates de Kikélé paraît encore aggravé, car en plus de leurs effectifs assez faible, ils partagent entre eux un espace vital réduit de 0,136 km². Malgré cette situation, les intenses efforts de conservation des gestionnaires avec la forte implication des communautés riveraines, permet de conserver ces primates dans la dite forêt.

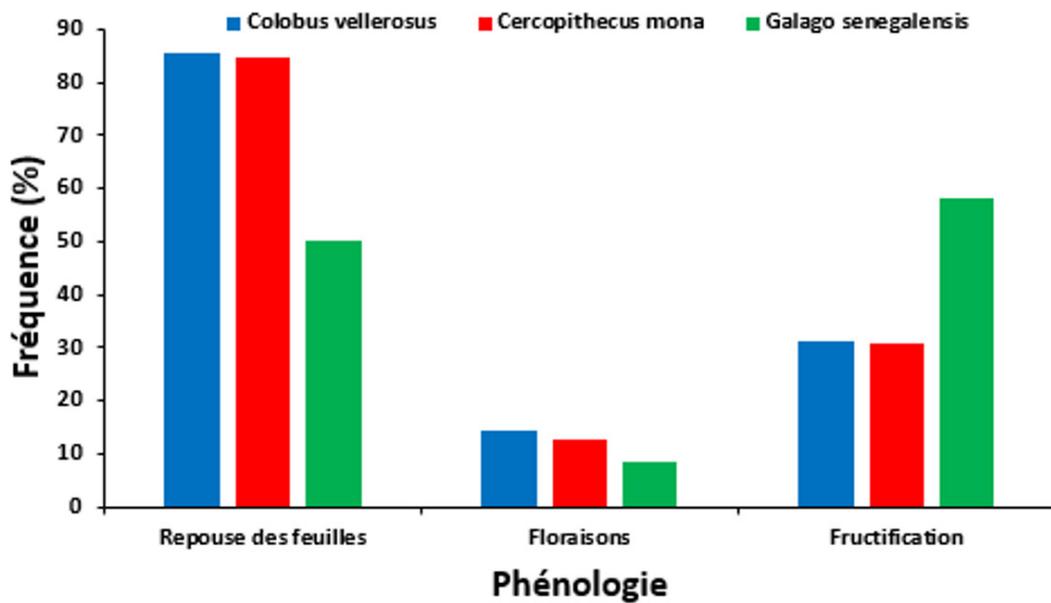


Figure 2: Phénologie des plantes consommées par les primates dans la forêt sacrée de Kikélé

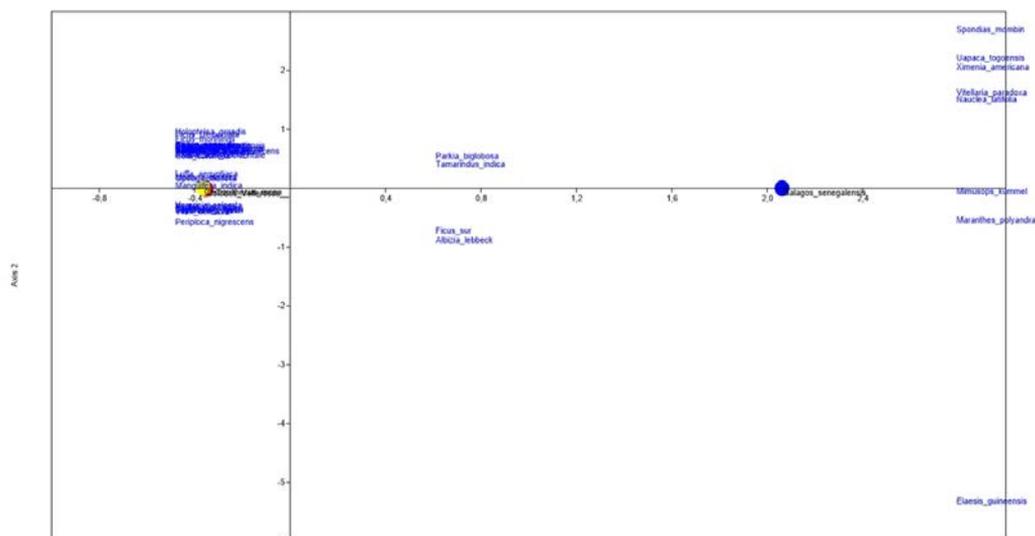


Figure 3: Analyse canonique des correspondances des plantes consommées par les primates dans la forêt sacrée de Kikélé

Les résultats ont rapporté que colobe de Geoffroy se nourrit de 35 espèces végétales et la mone de 39 espèces. Par contre, le galago ne se nourrit que de 12 espèces végétales. La richesse spécifique de 39 espèces de plantes consommées par *C. mona* se rapproche des 31 espèces rapportée par Olaleru *et al.* (2022) dans le parc national Okomu au Nigéria. Par contre, 22 espèces ont été rapportées par Toni *et al.* (sous révision) dans la forêt de Gnanhouzoumè, une forêt sacrée au sud du Bénin. Cette situation montre que la mone adopte un régime en fonction de la disponibilité des ressources alimentaires. En ce qui concerne le colobe de Geoffroy, la richesse spécifique de 35 espèces consommées est identique à celle rapportée par Djègo-Djossou *et al.* (2012). Toutefois, il y a des différences au niveau des espèces rapportées. Quant au galago, les 12 espèces végétales consommées semble être liée à la disponibilité des fruits matures. Bien que peu de recherches aient été réalisées sur le régime alimentaire de cette espèce nocturne, il a été rapporté qu'il se nourrit également abondamment de serves et d'insectes Nash et Whitten (1998). En dépit du fait que le galago préfère les fruits mûrs, l'importante consommation d'insectes rapportée dans la littérature, pourrait également justifier le fait que l'espèce se nourrit avec seulement 12 espèces végétales.

Les trois espèces de primates observés dans la forêt sacrée de Kikélé se nourrissent majoritairement des plantes de la famille des Leguminosae (Papilionoideae, Caesalpinioideae et Mimosoideae), des Moraceae et des Sapotaceae. Une synthèse bibliographique sur le régime alimentaire des primates a abouti à des résultats similaires Lim *et al.* (2021). Les légumineuses fournissent principalement les feuilles, puis les fruits pour l'alimentation des primates tandis que les Moraceae et les Sapotaceae fournissent principalement les fruits aux primates. Les différents organes fournis par ces familles de plantes répondent aux besoins alimentaires folivore du *C. vellerossus* et frugivore de *C. mona* et *G. senegalensis*. L'appétit de colobe de Geoffroy à consommer les feuilles, inutilisables par plusieurs autres primates, lui permet de disposer d'une biomasse importante à consommer Oates *et al.* (1990). Par ailleurs, le fait que le galago et la mone, les deux espèces frugivores se nourrissent en grande partie de différentes plantes pourrait favoriser la coexistence entre les trois primates dans la forêt sacrée de Kikélé. La taille non encore importante des populations de ces primates et par conséquent, une compétition relativement réduite pour les ressources constitue également un facteur favorisant la coexistence de ces espèces. Des cas d'associations d'espèces sont observés chez le colobe de Geoffroy et la mone. Ces cas de groupes plurispécifiques sont également signalés pour d'autres espèces de Cercopithecidae au Congo par Maisels (1995) et Magdalena (1995) et au Bénin par Assogbadjo et Sinsin, 2007.

Le régime alimentaire de tous les primates est influencé par la phénologie des plantes Janmaat *et al.* (2006). En effet, la phénologie des plantes détermine la disponibilité des ressources dont se nourrissent les primates. Les plantes consommées par les primates au cours de la présente étude étaient généralement en période de repousse de feuilles et en fructification ou floraison parfois. Ces stades phénologiques ont assuré la disponibilité de feuilles, mais aussi de fruits pour les primates.

La forêt sacrée constitue une méthode traditionnelle de conservation de la biodiversité (Ceperley *et al.*, 2010). La forêt sacrée de Kikélé et certaines espèces d'animaux sauvages habitant cette forêt sont protégés, à cause des puissantes croyances traditionnelles et d'associations culturelles avec *C. vellerossus* et certaines plantes sauvages. Le caractère sacré de la forêt de Kikélé a un impact évident sur la conservation de la biodiversité, à travers la prohibition de l'utilisation des végétaux, de la pollution des sous-bois, la chasse des primates et autres animaux sauvages de la forêt. Selon les critères de l'UICN relatifs à l'espace vital disponible (le seuil critique étant de 100 km²), la superficie de la forêt sacrée de Kikélé (0,136 km²) est une limite pour la conservation de ces primates malgré les efforts des gestionnaires de la forêt avec celui des communautés locales.

CONCLUSION

La présente étude vient enrichir la connaissance des primates au sein de la forêt sacrée de Kikélé. Cette forêt, malgré sa superficie relativement petite abrite deux espèces de primates diurnes (*Colobus vellerossus* et *Cercopithecus mona*) et une espèce nocturne (*Galagos senegalensis*). Cet écosystème fournit également des ressources végétales pour une alimentation diversifiée des primates qu'elle abrite. La faible similitude entre les plantes consommées par les primates qui y habitent est de nature à contribuer à une cohabitation durable dans la forêt. Les efforts de conservation de la biodiversité consentis par les gestionnaires de la forêt, en collaboration avec les communautés locales pourraient également conduire à une augmentation des effectifs de primates dans les années à venir.

RÉFÉRENCES

- Campbell G., Teichroeb J., Paterson J. D. (2007). Distribution of diurnal primate species in Togo and Bénin. *Technical Report, Folia Primatology*, 79: 15–30.
- Cantú-Salazar L., Gaston K.J. (2010). Very large protected areas and their contribution to terrestrial biological conservation. *BioScience*, 60: 808–818.
- Ceperley N., Montagnini F., Natta A. (2010). Significance of sacred sites for riparian forest conservation in Central Benin. *Bois et forêts des tropiques. Biodiversité. Forêt galerie et sites sacrés*. 303 p.
- Chatelain C., Kadjo B., Kone I., Refisch J. (2001). Relation Faune – Flore dans le Parc National de Taï: une étude bibliographique. *Tropembois – Cote d'Ivoire Série 3*.
- Culot L., João M. L.F.J., Huynen M.C., Poncin P., Heymann E. W. (2010). Seasonal Variation in Seed Dispersal by *Tamarins Alters Seed Rain in a Secondary Rain Forest*. *International Journal of Primatology*, 31: 553–569.
- Djègo-Djossou S., Sinsin B. (2009). Distribution et statut de conservation du colobe de Geoffroy (*Colobus vellerossus*) au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3: 1386–1397.
- Djègo-Djossou S., Huynen M. C., Djègo J., Sinsin B. (2012). Croyances traditionnelles et conservation du colobe de Geoffroy, *Colobus vellerossus* (Geoffroy, 1834), dans la forêt sacrée de Kikélé, Bénin (Afrique de l'Ouest). *African Primates*, 7: 193–202.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P. D. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.*, 4: 1–9
- Hladik C.M., Patrick P. (1999). Évolution des comportements alimentaires: adaptations morphologiques et sensorielles. In: *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris, Nouvelle Série. Tome II fascicule, 3-4*: 307–332.

- Hladik C.M. (2002). Le comportement alimentaire des primates: de la socio-écologie régime éclectique des hominidés. *Primatologie*, 5: 421-466.
- IUCN (2001). Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge: Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. 32 p.
- IUCN (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. (www.iucnredlist.org).
- Janmaat K.R.L., Byrne R.W., Zuberbühler K. (2006). Evidence for spatial memory of fruiting states of rain forest fruit in wild ranging mangabeys. *Animal Behaviour*, 71: 797-807.
- Johnson M.D., Sherry T.W. (2001). Effects of food availability on the distribution of migratory warblers among habitats in Jamaica. *Journal of Animal Ecology*, 70: 546-560.
- Lambert J.E. (2001). Red-Tailed Guenons (*Cercopithecus ascanius*) and *Strychnos mitis*: Evidence for plant Benefits Beyond Seed Dispersal. *International Journal of Primatology*, 22: 189-201.
- Laurent S. (2007). Alimentation et équipement pour animaux sauvages et domestiques. Nourriture pour primates, 11 p.
- Lim J.Y., Wasserman M.D., Veen J., Després-Einspenner M. L., Kissling W.D. (2021). Ecological and evolutionary significance of primates' most consumed plant families. *Proc. R. Soc. B*, 288: 2021.0737.
- Magdalena B. (1995). Inventaire et recensement des petits primates diurnes dans le Parc national d'Odzala au Congo. Agreco-CTFT, 44 p.
- Maissels F.G. (1995). Étude de la structure de la communauté de petits primates diurnes dans le Parc national d'Odzala au Congo. Agreco-CTFT, 80 p.
- Moegenburg S.M., Levey D.J. (2003). Do Frugivores Respond to Fruit Harvest? An Experimental Study of Short-term Responses. *Ecology*, 84: 2600-2612.
- Nash L.T., Whitten P.L. (1989). Preliminary observations on the role of Acacia gum chemistry in Acacia utilization by *Galago senegalensis* in Kenya. *American Journal of primatology*, 17: 27-39.
- Nobimè G., Garoue O.G., Sinsin B. (2008). Distribution des espèces de primates au Bénin et ethnozoologie. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2: 346-354.
- Nobimè G., Sinsin B., Neuenschwander P. (2011). Primates. In Protection de la nature en Afrique de l'Ouest: Une Liste Rouge pour le Bénin - Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin. P.Neuenschwander, B. Sinsin, G. Goergen, eds. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. p. 238-249.
- Oates J. F., Whitesides G. H. (1990). Association between olive colobus (*Procolobus verus*), Diana guenons (*Cercopithecus diana*) and other forest monkeys in Sierra Leone. *American Journal of Primatology*, 21: 129-146.
- Olaleru F., Onadeko A.B., Ogunjemite B.G., Egonmwan R.I., Lambert J. E. (2022). Diet and nutritional profile of the mona monkey (*Cercopithecus mona*, Schreber, 1774) in Okomu National Park, Nigeria: preliminary study. *African Primates*, 14: 1-10.
- Raunkiaer C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, London. 632 p.
- Sinsin B., Assogbadjo A. (2002). Diversité et comportement des primates de la forêt marécageuse de Lokoli au Bénin. *Biogeographica*, 78: 129-140.
- Timko J.A., Innes J.L. (2009). Evaluating ecological integrity in national parks: case studies from Canada and South Africa. *Biological Conservation*, 142: 676-688.
- Toni H.C., Somadon L., Ahoudji P.P., Kenou C., Djossa A.B. (sous révision). Diet of the mona monkey (*Cercopithecus mona*) in the Gnanhouizounmè community forest in Southern Benin.
- IUCN (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3: www.iucnredlist.org.

Profil phytochimique, pharmaco-biologique et cytotoxique des feuilles de *Uvariadendron molundense* (Annonaceae)

R.D. DJOLU¹, K.N. NGBOLUA², J.B. ITEKU², C.A. MASENGO¹, D.D. TSHILANDA³, P.T. MPIANA³

(Reçu le 06/02/2023; Accepté le 27/04/2023)

Résumé

La présente étude a pour but l'étude phytochimique et évaluation des activités antidrépanocytaire, anti-inflammatoire, antiradicalaire et cytotoxique des feuilles de *Uvariadendron molundense*, un produit forestier non ligneux (PFNL). Il ressort de cette étude que la poudre des feuilles de ce PFNL contient les éléments histologiques caractéristiques tels que les fragments de parenchyme, les cristaux d'oxalates de calcium, les fibres, les vaisseaux annelés, les grains d'amidon et les fragments de vaisseaux ponctués. Il contient également les tanins, les saponosides, les flavonoïdes, les acides phénols, les iridoïdes, les anthocyanes, les anthrones, les anthraquinones et les terpènes. La teneur en polyphénols totaux est de $442 \pm 1,1$ mg EAG/g d'extrait et tandis que celle des flavonoïdes totaux est de $7,0 \pm 0,18$ mg EQ/g d'extrait. L'activité antiradicalaire du percolât est supérieure à celle du décocté et les feuilles de *U. molundense* ne sont pas cytotoxique (%Hémolyse <50 à $1000 \mu\text{g/mL}$). Ces feuilles ont des propriétés anti-inflammatoires qui est cependant faible pour le décocté (%I = $35,8 \pm 4,9$) et moyenne pour le percolât (%I = $50 \pm 3,3$). Le décocté et le percolât des feuilles de *U. molundense* ont des propriétés antifalcémiantes *in vitro*. Il est donc souhaitable qu'une étude phytochimique plus approfondie soit réalisée sur les feuilles de *U. molundense* afin d'identifier ses molécules actives.

Mots clés: *Uvariadendron molundense*, Produit forestier non ligneux, alicament, drépanocytose, Médecine Traditionnelle

Phytochemical, pharmaco-biological and cytotoxic profile of the leaves of *Uvariadendron molundense*

Abstract

The aim of present study was to investigate and evaluate the phytochemical of the anti-sickle cell, anti-inflammatory, anti-free radical and cytotoxic activities of the leaves of *Uvariadendron molundense*, a Non-timber forest product (NTFP). The study found that the leaf powder of this NTFP contains the characteristic histological elements such as parenchyma fragments, calcium oxalate crystals, fibres, ringed vessels, starch grains and punctate vessel fragments. It also contains tannins, saponosides, flavonoids, phenolic acids, iridoids, anthocyanins, anthrones, anthraquinones and terpenes. The content of total polyphenols is 442 ± 1.1 mg GAE/g extract and that of total flavonoids is 7.0 ± 0.18 mg QE/g extract. The antiradical activity of the percolate is higher than that of the decoctate and *U. molundense* leaves are not cytotoxic (%Hemolysis <50 to $1000 \mu\text{g/mL}$). These leaves have anti-inflammatory properties that are low for the decoction (%I = 35.8 ± 4.9) and medium for the percolate (%I = 50 ± 3.3). Both the decoctate and the percolate of *U. molundense* leaves have *in vitro* antisickling properties. It is therefore desirable that further phytochemical studies be carried out on the leaves of *U. molundense* to identify the active molecules.

Keywords: *Uvariadendron molundense*, Non-timber forest product, medicinal product, sickle cell disease, traditional medicine

INTRODUCTION

La drépanocytose est une maladie génétique qui se caractérise par la présence de l'hémoglobine anormale S (Hb S) dans le sang. Il s'agit d'une maladie autosomique récessive, d'expression variable (Ngbolua, 2019; Cheikhouna, 2021; Masengo *et al.*, 2021a). La présence de Hb S est la conséquence d'une mutation ponctuelle sur le sixième codon du gène β globine porté par le chromosome 11 chez l'homme. Il s'agit de la substitution d'une adénine par la thymine (GAG→GTG) aboutissant au remplacement, au niveau de la chaîne β globine, de l'acide glutamique en position 6 par la valine hydrophobe (Giroto *et al.*, 2003; Cheikhouna, 2021). La drépanocytose est un problème de santé publique étant donné que le taux de prévalence est très élevé dans le monde et en particulier en Afrique. En Afrique centrale et de l'Ouest, 20 à 40% des sujets sont porteurs du trait drépanocytaire. En République Démocratique du Congo (RDC), plus de 2% de la population est touchée par cette maladie, soit près d'un million et demi d'individus (Mpiana *et al.*, 2007; Tshilanda *et al.*, 2015). Plusieurs options thérapeutiques ont été mises au point pour lutter contre la drépanocytose, cependant, celles-ci n'apportent pas le succès souhaité et sont soit onéreuses, soit toxiques, et ne sont pas accessibles aux populations à faibles revenus (Mpiana

et al., 2007). Pour contourner les limites des options thérapeutiques mises au point par la médecine moderne, la phytothérapie est une alternative crédible pour laquelle la majorité des malades y recourent (Mpiana *et al.*, 2010a, b, c; Mpiana *et al.*, 2011; Masengo *et al.*, 2021b). Les plantes médicinales fournissent non seulement un ingrédient actif, mais aussi une multitude de composés aux effets thérapeutiques complémentaires, formant un complexe biochimique équilibré. Cependant, il faut faire preuve de prudence dans leur utilisation, car souvent l'utilisation abusive et incontrôlée de ces plantes pourrait exposer les individus à des effets secondaires malgré la présence des composés actifs (Gueyraud *et al.*, 2019). En effet, les doses utilisées pour les différents traitements traditionnels sont imprécises, c'est pourquoi l'évaluation de l'efficacité et de la toxicité des biomolécules responsables des propriétés médicinales de *Uvariadendron molundense* s'avère nécessaire pour éviter les risques réels d'accidents thérapeutiques.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 80% de la population en Afrique, d'une manière générale et en République Démocratique du Congo (RDC) en particulier, recourent à la médecine traditionnelle pour résoudre le problème de santé primaire. Le recours aux plantes médicinales pour divers problèmes de santé est

¹ Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Gbado-Lite, RD Congo

² Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³ Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

non seulement un choix, mais serait aussi lié à la pauvreté et aux coûts élevés des médicaments modernes (Ngbolua *et al.*, 2011a, b). La RDC est un véritable réservoir de plantes médicinales alimentaires. Celles-ci jouent un rôle majeur dans le traitement de certaines maladies tropicales courantes dont la drépanocytose (Mpiana *et al.*, 2016; Ngbolua *et al.*, 2019; Djolu *et al.*, 2021). Cette hémoglobinopathie se caractérise par l'asplénie fonctionnelle et le dysfonctionnement du shunt des pentoses phosphates, cet état favorise la septicémie et la production des radicaux libres; d'où l'existence d'un état inflammatoire permanent chez les drépanocytaires homozygotes (Dembele, 2020). A cet effet, la prise en charge de la drépanocytose doit prendre en compte, en plus des causes intrinsèques, les aspects infectieux, inflammatoires et le stress oxydatif.

La présente étude a pour objectifs d'identifier les composés chimiques et d'évaluer l'activité anti-drépanocytaire, anti-inflammatoire, anti-radicalaire et cytotoxique des feuilles de *Uvariadendron molundense*. L'intérêt de cette étude est évident car en cas de validation des propriétés pharmacobiologiques des feuilles de cette plante, elle conduirait ainsi à la mise au point d'un phyto-médicament à large spectre d'action dont la commercialisation peut favoriser la mise en place effective du protocole de Nagoya sur le projet APA (Accès et partage des avantages issus de l'exploitation des ressources phytogénétiques) en République Démocratique du Congo.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude est constitué de feuilles de *Uvariadendron molundense*. Les échantillons de sang ont prélevés chez les sujets drépanocytaires venus en consultation au Centre de Médecine Mixte et d'Anémie SS «CMMASS» de Kinshasa/Kalamu. L'échantillon de sang utilisé pour l'essai de cytotoxicité qualitatif et quantitatif a été prélevé auprès d'un volontaire sain. Les œufs de poule (*Gallus gallus*) ont été utilisés comme source de l'ovalbumine dans le test anti-inflammatoire.

Méthodes

Récolte, traitement et conditionnement des échantillons

Les feuilles de *Uvariadendron molundense* utilisées dans la présente étude ont été récoltées au village Mbui (Latitude: 4°16'16" N; Longitude: 21°7'23" E; Altitude: 400 m au-dessus de la mer), dans le Territoire de Mobayi-Mbongo, Province du Nord-Ubangi. La figure 1 montre la localisation géographique du village Mbui dans la province du Nord Ubangi en RDC.

Après la récolte du matériel végétal, les échantillons ont été séchés pendant environ un mois à l'abri du soleil puis réduits en poudre à l'aide d'un broyeur électrique de marque HSMFM.

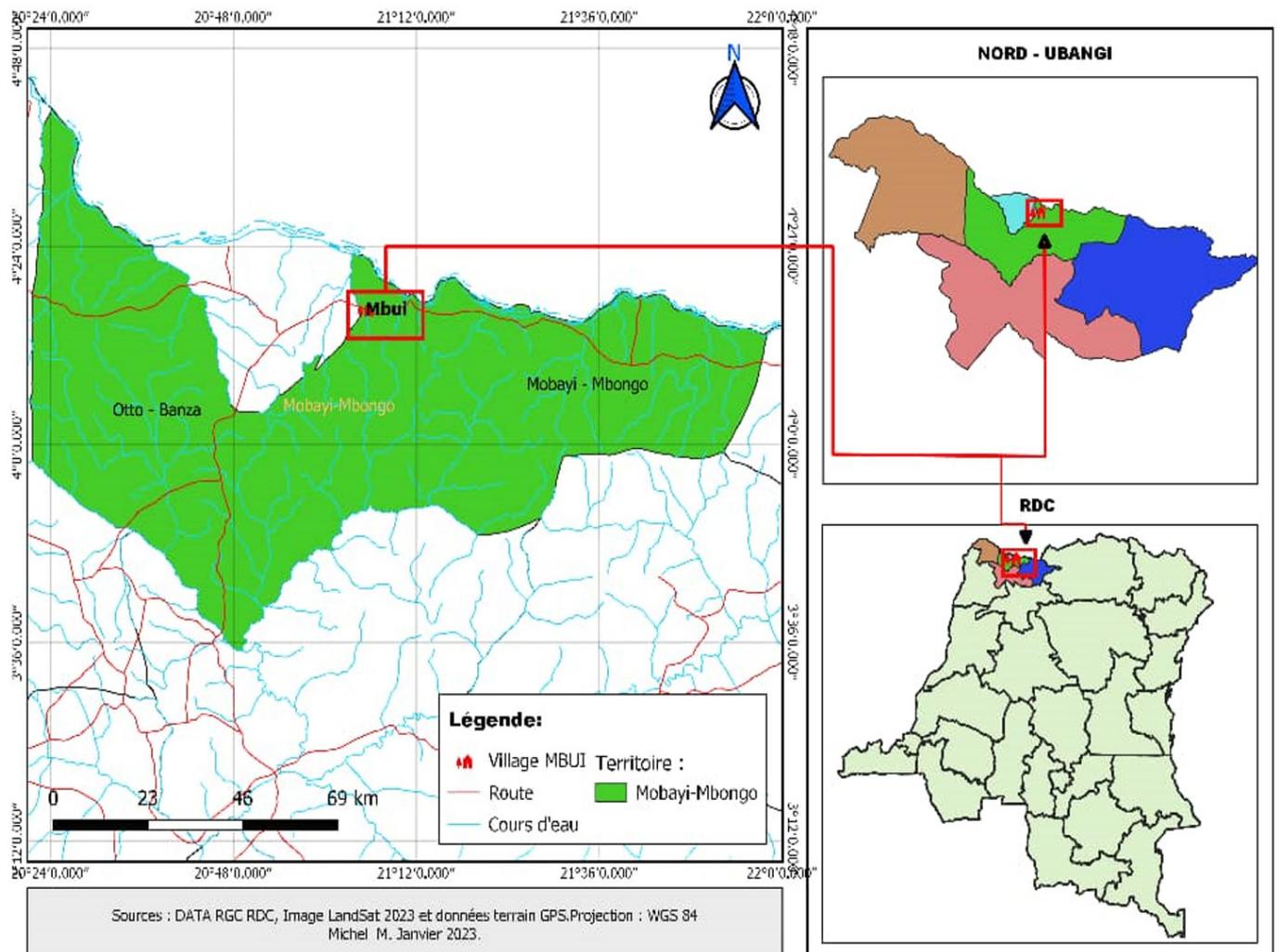


Figure 1: Localisation géographique du village Mbui et ses environs (Province du Nord-Ubangi, RD Congo)

Micrographie des poudres

La micrographie optique des poudres a été réalisée selon le mode opératoire ci-après:

- Déposer sur une lame porte-objet 2 à 3 gouttes du réactif de Steinmetz;
- Laisser tomber avec précaution dans ce réactif, une petite quantité de poudre prélevée avec soin au moyen d'une fine spatule;
- Couvrir à l'aide d'une lamelle et appuyer légèrement pour homogénéiser la préparation;
- Absorber les bavures et essuyer le dessous de la lame porte-objet à l'aide d'un papier essuie-tout.
- Dès lors, on peut pratiquer l'examen micrographique (agrandissements, etc.).

La surface externe de la lamelle doit au préalable être débarrassée de toute trace de réactif ou de poudre à examiner. Il faut également veiller à effectuer des préparations très légères, de façon à bien répartir les tissus et à éviter des superpositions (Inkoto et al., 2021; Ngbolua et al., 2021b).

Analyse phyto-chimique qualitative

Préparation des extraits de *U. molundense*

Les extraits ont été préparés par dissolution des poudres de la plante dans un solvant approprié selon le rapport 1:10 (p/v).

Réactions en solution

Les réactions de caractérisation ont été effectuées en tubes (tests en solution). Il s'agit en effet d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation.

Recherche de tanins totaux

A 2 mL de la solution obtenue au test général des flavonoïdes, on ajoute quelques gouttes d'une solution de chlorure ferrique (FeCl_3) à 1%. L'obtention d'une coloration bleue foncée, noire ou verte indique la présence des tanins (Mpiana et al., 2007).

Recherche d'Alcaloïdes

1 g de drogue sont introduits dans un erlenmeyer à large col et additionnés de quelques gouttes de HCl 5% dans 5 mL d'eau distillée. On bouche et on laisse macérer 24 H, en agitant de temps en temps. On filtre sur un coton d'ouate. Sur 1 mL de filtrat, on ajoute 5 gouttes de réactif de Mayer (1,36 g de HgCl_2 et 5 g de KI mis dans 100 mL d'eau). Pour le test de Mayer, prendre 100 μL de filtrat et ajouter 1 goutte de réactif de Mayer. La présence d'alcaloïdes se manifeste par la formation d'un précipité blanc (Mpiana et al., 2007).

Recherche de Saponosides

Les saponines sont mises en évidence par l'indice de mousse qui est fourni par le degré de dilution d'un décocté aqueux de la drogue qui, dans des conditions déterminées donne une mousse persistante. Ainsi, dans une fiole conique de 500 mL, renfermant 100 mL d'eau bouillante, introduire 2 g de poudre de drogue. Maintenir une ébullition modérée pendant 30 minutes. Filtrer, ajuster le volume à 100 mL après refroidissement. Dans une série de 10 tubes à essai de 16 cm de haut et 16 mm de diamètre, mesurer successivement 1, 2, 3, 4..., 10 mL de décocté et ajuster le volume de chaque tube à 10 mL avec l'eau distillée.

Agiter chaque tube dans le sens de la longueur pendant 15 secondes: deux agitations par seconde, après avoir bouché avec le pouce. Laisser reposer pendant 15 minutes et mesurer la hauteur de la mousse. Si elle est inférieure à 1 cm dans tous les tubes, l'indice est inférieur à 100 (négligeable). Si elle est de 1 cm dans l'un des tubes, la dilution de la drogue dans ce tube est l'indice de mousse (Mpiana et al., 2007).

Screening phytochimique par Chromatographie sur Couche Mince (Ngbolua et al., 2021b)

Recherche des flavonoïdes et acides phénoliques

Préparation des échantillons

1 g de drogue pulvérisé est extrait sous agitation par 5 mL de méthanol durant 10 minutes, 10 mL de filtrat sont utilisés pour l'analyse CCM.

Conditions chromatographiques

- Phase stationnaire: Silicagel F₂₅₄
- Phase mobile 1: acétate d'éthyle-acide formique-méthanol-eau (40:1:5:4)

Témoin: Acide chlorogénique et Rutine 1 mg/mL (méthanol) dépôt: 10 μL

- Phase mobile 2: dichlorométhane -acide formique-acétone (40:5:10)

Témoin: Acide gallique, Quercétine, Kampferol et acide rosmarinique: 1 mg/mL (méthanol) dépôt: 10 μL

- Détection: le chromatogramme, une fois développé, est observé sous UV à 254 et 366 nm puis est pulvérisé à l'aide du réactif de Neu (DPBAE/PEG) et observé sous UV à 366 nm. La présence de flavonoïdes se marque par la présence de spots fluorescents de couleurs diverses (jaune-orange-vert) variant en fonction de la structure des composés mis en évidence. Les fluorescences bleues sont souvent dues à des acides phénoliques.

Recherche des Iridoïdes

Préparation des échantillons

On utilise la solution préparée au test des flavonoïdes: Dépôts de 10 μL .

Conditions chromatographiques

- Phase stationnaire: Silicagel F₂₅₄
- Phase mobile: acétate d'éthyle-méthanol-eau (50:6,75:5)
- Révélation: acide sulfurique à 5% dans l'éthanol
- Chauffage 10 minutes à 100 °C.

Les iridoïdes vrais donnent des colorations et les autres terpènes se colorent en noir.

Recherche des Anthocyanes

Préparation des échantillons

On utilise la solution préparée au test des flavonoïdes: Dépôts de 10 μL .

Conditions chromatographiques

- Phase stationnaire: Silicagel F₂₅₄
- Phase mobile: acétate d'éthyle-acide formique -eau (50:5:20)
- Après mélange dans une ampoule à décanter, la phase inférieure qui se forme est éliminée, la phase supérieure est utilisée comme phase mobile.
- Témoin: D-catéchine

- Révélation: Vanilline phosphorique.
- Chauffage 10 minutes à 100 °C.

Les anthocyanes donnent des colorations roses.

Anthraquinones (hétérosides anthracéniques)

Préparation d'échantillon

On utilise la solution préparée lors du test des flavonoïdes.

Conditions chromatographiques

- Phase mobile: acétate d'éthyle-méthanol-eau (50: 6,75: 5)
- Révélation: Observation sous UV à 254 et 366 nm.
- Pulvérisation de KOH éthanolique à 10%.

Les anthraquinones sont colorées en rouge et donnent une fluorescence rouge à 366 nm et les anthrones (aloïne) donnent une couleur jaune.

Terpènes

Préparation d'échantillons

1 g de drogue pulvérisée est extrait sous agitation par 6 mL d'acétate d'éthyle durant 15 minutes (Dépôt de 10 µL).

Conditions chromatographiques

- Phase stationnaire: Silicagel F₂₅₄
- Phase mobile: toluène-acétate d'éthyle (27:3)
- Témoin: Thymol, menthol, acide oléanique: 1 mg/mL (méthanol) dépôt: 10 µL
- Révélation: Vanilline sulfurique.
- Chauffage 10 minutes à 100 °C.

Les terpènes donnent diverses couleurs avec ce réactif.

Coumarines

Préparation d'échantillon

On utilise la solution préparée au test des terpènes: dépôt de 10 µL.

Conditions chromatographiques

- Phase mobile: toluène-éther (1:1, saturé avec l'acide acétique 10%).

- Mélanger 10 mL de toluène, 10 mL d'éther et 10 mL d'acide acétique à 10% dans une ampoule à décanter. La phase inférieure est éliminée, la phase supérieure est utilisée comme phase mobile.

- Révélation: Observation sous UV à 254 et 366 nm.

- Pulvérisation de KOH éthanolique à 10%.

Les coumarines donnent une fluorescence bleue.

Dosage de quelques métabolites secondaires (Ngbolua *et al.*, 2021b)

Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux de nos extraits a été déterminée en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu. Brièvement, 10 mg/mL de chaque extrait ont été dilués dans le méthanol 80% de façon à obtenir une solution de 1 mg/mL pour chaque extrait. Ensuite nous avons préparé pour chaque extrait un mélange réactionnel composé de 0,5 mL d'extrait; 5,0 mL d'eau distillée et 0,5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu. Après trois minutes, nous avons ajouté 1,0 mL d'une solution saturée de Na₂CO₃ 20%. Les mélanges ainsi préparés sont agités et incubés à la température du laboratoire à l'abri de la lumière pendant une heure. Les absorbances sont lues au spectrophotomètre à 725 nm. Chaque dosage a été répété trois fois. La quantité des polyphénols totaux est exprimée en mg équivalents d'acide gallique (GAE)/g d'extrait sec en utilisant l'équation suivante: $y = 0,0037x + 0,0218$; $R^2 = 0,9899$; Où x est l'absorbance et y l'équivalent d'acide gallique (mg/g).

La droite d'étalonnage pour le dosage de polyphénols totaux est reprise dans la figure 2.

Dosage des flavonoïdes totaux

Nous avons estimé la teneur en flavonoïdes totaux de nos extraits en suivant une méthode spectrophotométrique. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes qui absorbe à 415 nm. Le mélange réactionnel contient 1 ml de la solution méthanolique (80%) de chacun

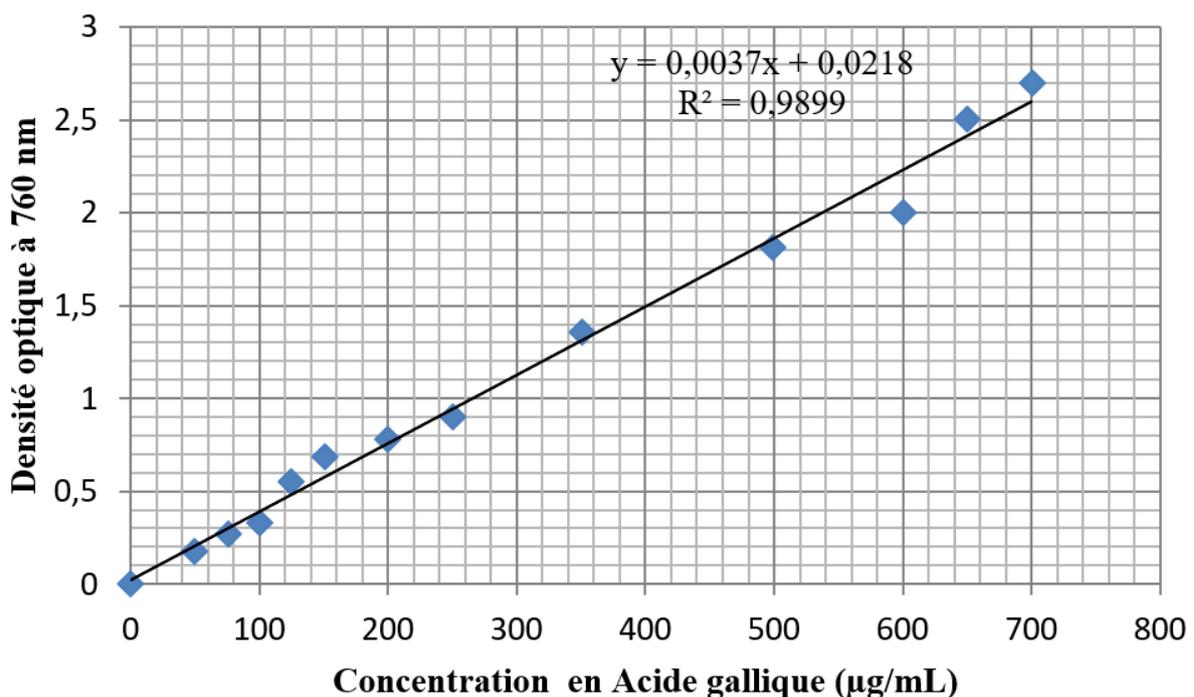


Figure 2: Droite d'étalonnage pour le dosage de polyphénols totaux

des extraits de concentration 25 mg/mL et 1 mL d' AlCl_3 2% (dissout dans le méthanol) et le tout a été bien agité. Après une heure d'incubation à la température du laboratoire et à l'abri de la lumière, nous avons mesuré les absorbances au spectrophotomètre à 415 nm. Les mélanges ont été préparés en triplicata pour chaque analyse et la valeur moyenne était retenue. Pour la préparation du blanc, nous avons mis 1 mL de méthanol (80%) et 1 mL d' AlCl_3 (2%). La teneur en flavonoïdes des extraits est exprimée en mg équivalent de quercétine (QE)/g d'extrait sec correspondant en utilisant l'équation issue de la droite d'étalonnage: $y = 0,0542x - 0,0367$; $R^2 = 0,9874$: Où x est l'absorbance et y l'équivalent de quercétine (mg/g).

La droite d'étalonnage pour le dosage de flavonoïdes totaux est reprise dans la figure 3.

Évaluation de l'activité anti-radicalaire

Préparation d'extraits

Les extraits utilisés dans l'évaluation des propriétés pharmaco-biologiques sont de deux types: le décocté et le percolât. Ces extraits ont été préparés selon les modes opératoires ci-dessous:

Décoction

- Peser 10 g de poudre végétale
- Ajouter 100 mL d'eau
- Porter à ébullition le mélange (eau + poudre) durant 3 à 5 minutes
- Filtrer puis évaporer à sec à l'évaporateur rotatif
- Placer l'extrait à l'étuve pendant 24 heures
- Peser et conserver entre 4 et 8 °C l'extrait obtenu.

Percolation

- Mouiller 10 g de poudre avec le mélange Méthanol/Dichlorométhane (1:1) (solvant d'extraction) pendant 15 minutes
- Placer la poudre mouillée dans le percolateur (capacité: 100 mL)
- Ajouter 10 à 20 mL du solvant et laisser macérer pendant 48 heures
- Laisser couler goutte à goutte le percolât à une vitesse lente
- Renouveler le solvant jusqu'à épuisement total (volume final au moins 200 mL de percolât)

- Concentrer le percolât à sec à l'évaporateur rotatif
- Peser et conserver entre 4 °C et 8 °C l'extrait sec obtenu.

Préparation des échantillons pour analyse

- Dissoudre 10 mg d'extrait sec de chaque échantillon dans 1 mL de méthanol pour les extraits organiques et dans 1 mL du mélange DMSO-Eau (1:1) pour les extraits aqueux (solution A: 10 mg/mL).
- Réaliser des dilutions pour avoir les niveaux de concentrations suivantes: 0,5 mg/mL, 0,4 mg/mL, 0,3 mg/mL, 0,2 mg/mL et 0,1 mg/mL.

Test à l'ABTS

Le principe de ce test est basé sur la réaction de l'ABTS (Acide 2,2'-azino-bis-3éthylBenz-Thiazoline-6-Sulfonique) avec le persulfate de potassium ou de sodium ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ou $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$), qui forme le radical cationique $\text{ABTS}^{+\cdot}$ de couleur bleue à verte. L'ajout d'antioxydant réduit ce radical et provoque la décoloration du mélange. La décoloration du radical mesurée par spectrophotométrie à 734 nm est proportionnelle à la concentration en antioxydants.

Préparation du radical $\text{ABTS}^{+\cdot}$

- Dissoudre dans 500 μL d'eau distillée une quantité du radical ABTS correspondant à 20 millimoles: solution A
- Dissoudre dans 500 μL d'eau distillée une quantité persulfate de potassium ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) correspondant à 10 millimoles: solution B
- Mélanger à volume égal la solution A et B et garder le mélange à l'abri de la lumière pendant 12 à 16 heures: solution mère du radical $\text{ABTS}^{+\cdot}$
- Diluer autant de fois la solution mère du radical avec le méthanol pour avoir une solution d'analyse dont l'absorbance varie entre 0,6 et 0,8.

Mise en contact de l'échantillon avec le radical

- Dans un tube à essais, placer 20 μL de méthanol avec 1980 μL de la solution du radical $\text{ABTS}^{+\cdot}$: solution control (à 3 répétitions).
- Dans un tube à essais, placer 20 μL de la solution de l'échantillon pour chaque niveau de concentration (3 répétitions), ajouter à la solution 1980 μL de la solution d'analyse du radical $\text{ABTS}^{+\cdot}$
- Laisser incuber à l'abri de la lumière pendant 30 minutes.

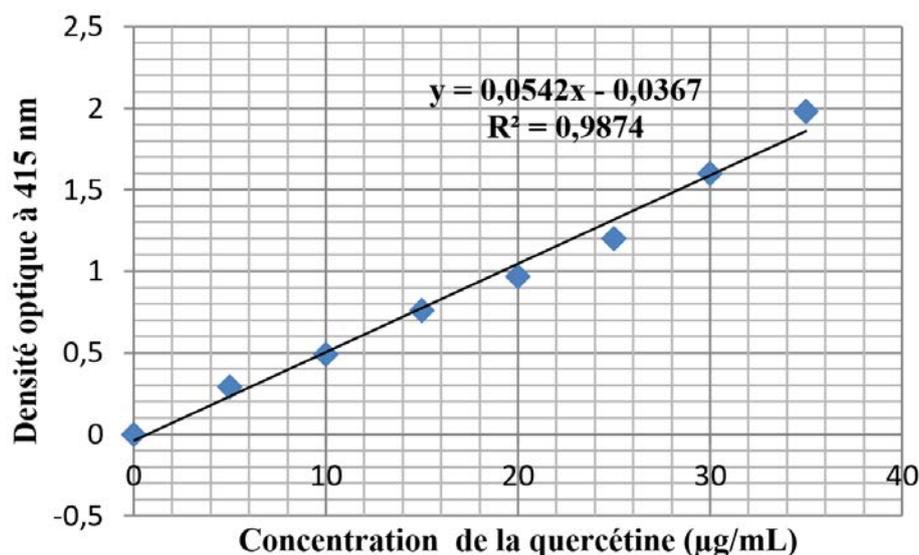


Figure 3: Droite d'étalonnage pour le dosage de flavonoïdes totaux

Lecture de l'absorbance à 734 nm

Faire la lecture successive des solutions (3 répétitions) au spectrophotomètre à 734 nm: le contrôle négatif (méthanol) et les solutions des échantillons.

Détermination du pouvoir d'inhibition du radical

Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS^{•+} par la drogue est déterminé à l'aide de la formule suivante:

$$\% \text{ d'inhibition} = [1 - (A_x/A_c)] \times 100$$

A_x: l'absorbance du radical ABTS^{•+} en présence de l'extrait

A_c: l'absorbance du radical ABTS^{•+} (solution contrôle)

Test au radical DPPH

Cette méthode est basée sur la dégradation du radical DPPH (2,2 DiPhenyl-1- PicrylHydrazyle). Le radical DPPH est un radical de couleur violette, l'ajout d'antioxydant réduit ce radical et provoque la décoloration du mélange; cette décoloration du radical mesurée par spectrophotomètre à 517 nm est proportionnelle à la concentration en antioxydants.

Préparation du radical DPPH

- Dissoudre 0,25 mg de DPPH dans 200 mL de méthanol
- Garder la solution à l'abri de la lumière pendant au moins une heure

Mise en contact de l'échantillon avec le radical

- Dans un tube à essai, placer 20 µL de méthanol avec 1980 µL de la solution du radical DPPH: solution contrôle (3 répétitions).
- Dans un tube à essai, placer 20 µL de la solution de l'échantillon pour chaque concentration (3 répétitions), ajouter à la solution 1980 µL de la solution d'analyse du radical DPPH
- Laisser incuber à l'abri de la lumière pendant 30 minutes.

Lecture de l'absorbance à 517 nm

Faire la lecture successive des solutions pour chaque concentration (3 répétitions) au spectrophotomètre à 517 nm: le contrôle négatif (méthanol) et les solutions des échantillons.

Détermination du pouvoir d'inhibition du radical

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH par la drogue a été déterminé à l'aide de la formule suivante:

$$\% \text{ d'inhibition} = [1 - (A_x/A_c)] \times 100$$

A_x: l'absorbance du radical DPPH en présence de l'extrait

A_c: l'absorbance du radical DPPH (solution contrôle)

Test de cytotoxicité

Test de cytotoxicité qualitative

Le principe de ce test est basé sur l'évaluation des dommages membranaires à l'aide de globules rouges. La capacité d'induction de l'apoptose de l'extrait de la plante sur les érythrocytes humains a été évaluée en traitant les échantillons de sang avec 0,1% d'extrait pendant 1 h à température ambiante, et en utilisant le NaCl 0,9% comme témoin. Les frottis sanguins ont ensuite été préparés, séchés, fixés et colorés par la méthode May-Grunwald-Giemsa. Après cela, les frottis sanguins ont été observés au microscope optique (OPTIKA) et les images des globules rouges ont été prises en utilisant un smartphone (Prajitha et Thoppil, 2017).

Test de cytotoxicité quantitative

Le test est réalisé en mélangeant 1 mL de sang dilué à 2,5% (avec du NaCl 0,9%: 2,5 mL de sang total plus 100 mL de

la solution physiologique) avec 1 mL d'extrait (1 mg/mL). Le contrôle positif est constitué du mélange l'eau distillée (1 mL) avec du sang dilué (2,5% dans NaCl 0,9%) tandis que le contrôle négatif est constitué de la solution physiologique (NaCl 0,9%: 1 mL) avec du sang dilué (2,5% dans NaCl 0,9%: 1 mL). Les différents mélanges sont incubés à la température ambiante pendant 30 minutes puis centrifugés à 380 g pendant 5 minutes. La Densité optique (DO) du surnageant est lue à 540 nm au spectrophotomètre UV-visible. Pour l'extrait organique, le contrôle négatif: 1 mL NaCl 0,9% plus 1e goutte de DMSO. Le taux d'hémolyse est évalué à l'aide de la formule suivante:

$$\%H = \frac{\text{Extrait} - \text{Contrôle négatif (NaCl 0,9\%)}}{\text{Contrôle positif} - \text{Contrôle négatif}} \times 100$$

L'extrait est considéré comme cytotoxique lorsqu'à 10 µg/mL, le taux d'hémolyse est ≥ 50% (Ngbolua *et al.*, 2011a, b; Gbolo *et al.*, 2021).

Test anti-inflammatoire (Dénaturation thermique de l'ovalbumine)

Le test est réalisé selon la méthode décrite par Kumari *et al.* (2015) avec légère modification. Le mélange réactionnel est constitué de 200 µL d'albumine d'œuf, de 1600 µL de tampon phosphate salin [PBS: 137 mM NaCl (8,0 g/L), 2,7 mM KCl (0,2 g/L), 10 mM Na₂HPO₄ (1,44 g/L), 1.76 mM KH₂PO₄ (0,24 g/L); pH 6.8] et de 1000 µL d'eau distillée ou de l'extrait (250 µg/mL). Ensuite, le mélange est incubé à 37 °C pendant 15 minutes puis chauffé à 70 °C pendant 5 minutes. Après refroidissement, l'absorbance est mesurée aux longueurs d'ondes d'absorption au spectrophotomètre à 650 et 690 nm. Le Diclofénac sodique (250 µg/mL) est utilisé comme contrôle positif tandis que l'eau distillée est utilisée comme témoin négatif. L'expérience est réalisée en triple. Le taux d'inhibition de la dénaturation thermique de l'ovalbumine est calculé à partir de la relation:

$$\% \text{Inhibition de la dénaturation} = \frac{\text{DO témoin négatif} - \text{DO échantillon}}{\text{DO témoin négatif}} \times 100$$

Évaluation de l'activité anti-drépanocytaire

Les solutions mères d'extraits de plantes sont préparées par simple dilution à raison de 1 mg/mL. Des dilutions sérielles successives sont réalisées pour obtenir des solutions qui peuvent aller jusqu'à 0,31 mg/mL. Le sang drépanocytaire (0.5 mL) est préalablement dilué avec 2 mL du mélange d'extraits - Na₂S₂O₅ 2% (v/v). Les préparations microscopiques sont réalisées en plaçant sur la lame porte-objet une goutte de sang dilué et une goutte de la drogue. La solution est recouverte par une lamelle et les bords des lamelles sont recouverts avec la paraffine (bougie) en surfusion en vue de créer l'hypoxie. Ces différentes préparations sont observées au microscope optique 24 heures après (Ngbolua *et al.*, 2013).

Considérations éthiques

Le protocole de recherche de cette étude a été approuvé par le Comité d'éthique du département de Biologie de l'Université de Kinshasa. L'étude a respecté les principes de la déclaration d'Helsinki (consentement libre des enquêtés, etc.). Toutes les règles de confidentialité et d'éthique ainsi que les règles d'accès et partage des avantages (APA) liés à l'utilisation des ressources phylogénétiques en vigueur en République démocratique du Congo ont été respectées dans cette étude.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Micrographie

Les résultats des analyses microscopiques de la poudre des feuilles de *Uvariadendron molundense* sont données dans la figure 4.

L'analyse microscopique de la poudre des feuilles de *Uvariadendron molundense* a permis de mettre en évidence la présence des fragments de parenchyme (A), cristaux d'oxalates de calcium (B), fibres (C), vaisseaux annelé (D), grains d'amidon groupés et isolés (E) et fragments de vaisseaux ponctués (F) (Figure 4).

Analyse phytochimique qualitative

Les résultats du criblage phytochimique en solution effectué sur les feuilles de *Uvariadendron molundense* ont indiqué la présence des tanins totaux et des saponosides. Cependant, elles ne contiennent pas d'alcaloïdes. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Ngbolua *et al.* (2017) et confirme la présence des tanins et saponosides. Cependant, il est rapporté dans la littérature que cette espèce contiendrait des alcaloïdes. La différence dans la composition chimique de cette bio-ressource pourrait s'expliquer en fonction de plusieurs facteurs qui peuvent l'influencer. Des études ont montré que les facteurs extrinsèques (tels que les facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en métabolites secondaires (Ngbolua *et al.*, 2011a, b).

La figure 5 donne le profil chromatographique des extraits méthanolique et à l'acétate d'éthyle de *Uvariadendron molundense*.

L'analyse chromatographique a révélé la présence des flavonoïdes (A), des acides phénols (B des iridoïdes (C), des anthocyanes (D) et des anthrones (E), des anthraquinones (F) et des terpènes (G). Il faut cependant noter l'absence des

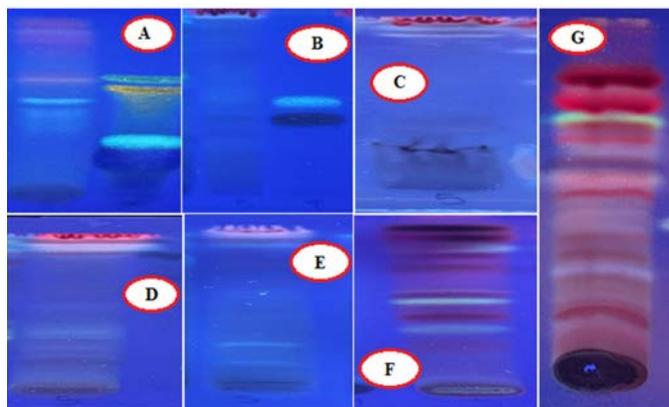


Figure 5: Profil chromatographique des extraits des feuilles de *Uvariadendron Molundense*

coumarines dans nos échantillons. Tous les composés phytochimiques identifiés ont des propriétés pharmacologiques intéressantes, c'est notamment le cas des anthocyanes, des flavonoïdes et des acides phénoliques dont l'activité anti-drépanocytaire *in vitro* est bien établie (Mpiana *et al.*, 2008; Mpiana *et al.*, 2010; Ngbolua *et al.*, 2015; Tshilanda *et al.*, 2016; Gbolo *et al.*, 2022). En effet, l'action thérapeutique des plantes résulte de ces éléments phytochimiques ou métabolites secondaires (Lagnika *et al.*, 2016).

Analyse quantitative

Les résultats du dosage des métabolites secondaires sont donnés dans le tableau 1.

Il ressort du tableau 1 que les extraits de feuilles de *Uvariadendron molundense* présentent une teneur en polyphénols totaux de $441,7 \pm 1,10$ mg EAG/g d'extrait et en flavonoïdes de $6,987 \pm 0,185$ mg EQ/g d'extrait.

Il a été rapporté par les travaux de Ngbolua *et al.* (2017) des valeurs faibles comparativement à notre étude, soit $93,4 \pm 0,10$ pour les polyphénols totaux et $2,55 \pm 0,77$ pour les flavonoïdes (pour les extraits méthanoliques). Soit 146,4

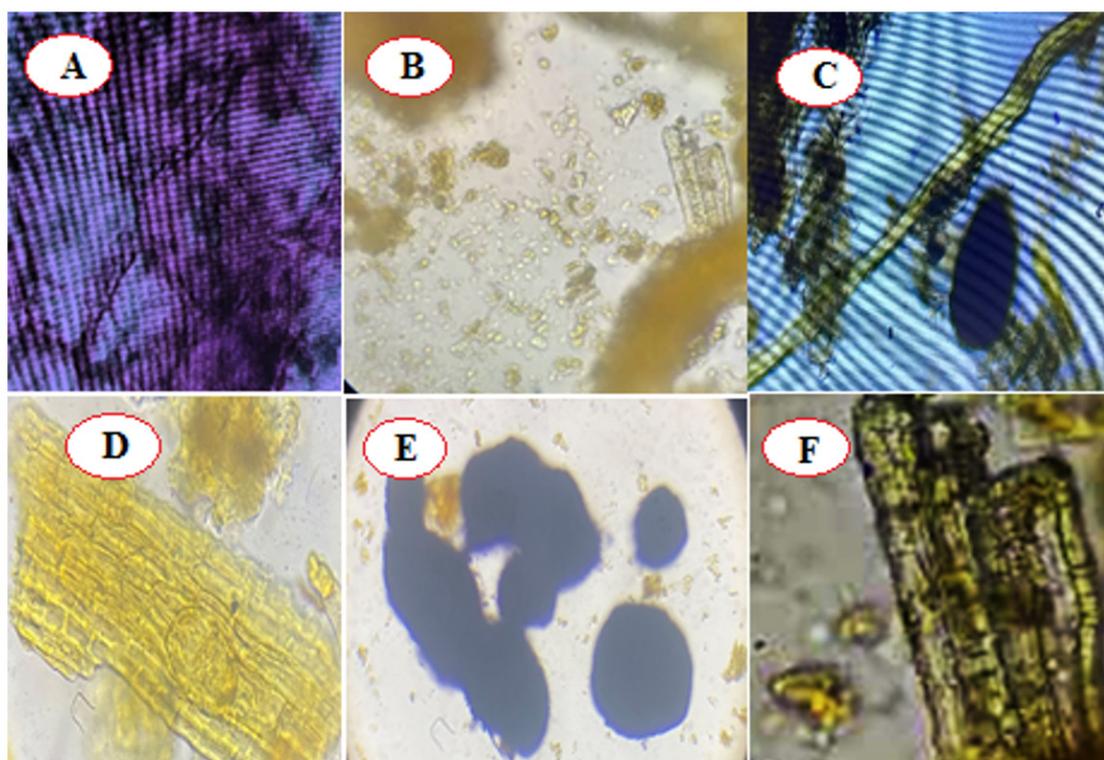


Figure 4: Micrographie de la poudre des feuilles de *Uvariadendron molundense* (A, B, C, D, E et F) observée au microscope optique (binoculaire)

± 0,20 pour les polyphénols totaux et 2,66 ± 0,48 pour les flavonoïdes (pour les extraits d'Acétate d'éthyle). Soit 116,6 ± 0,19 pour les polyphénols totaux et 1,96 ± 0,17 pour les flavonoïdes (pour les extraits de n-hexane).

La présence de ces métabolites secondaires justifie l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle. En effet, les composés phénoliques tels que les anthocyanes et les flavonoïdes sont doués des propriétés antirépanocytaires (Mpiana *et al.*, 2008; Gbolo *et al.*, 2022).

Évaluation de l'activité anti-oxydante

L'évolution du taux d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration de la drogue est reprise dans la figure 6.

Il ressort de cette figure que le taux d'inhibition du radical DPPH est dose-dépendant. La concentration de la drogue qui inhibe 50% de radical DPPH en solution est de 42,3 µg/mL. Il faut cependant noter que cette activité antiradicalaire peut être affectée par la chaleur. En effet, la décoction réduit de plus de 50% l'activité antioxydante des feuilles de *Uvariadendron molundense*, comme on peut le constater dans le tableau 2.

Il est ainsi conseillé aux utilisateurs de cette plante alicamentaire de l'utiliser sous forme d'infusion en lieu et place de la décoction afin de prévenir la dénaturation thermique des principes actifs et ainsi garantir ses effets biologiques.

En comparant les deux drogues à base des feuilles de *Uvariadendron molundense* (percolât et décocté) (Figure 12), on peut clairement voir cette différence d'activité. En effet, la figure 16 indique que le percolât est plus actif que le décocté. A 100 µg/mL, l'inhibition du radical DPPH par le percolât est 5 fois supérieure à celui du décocté (Figure 7).

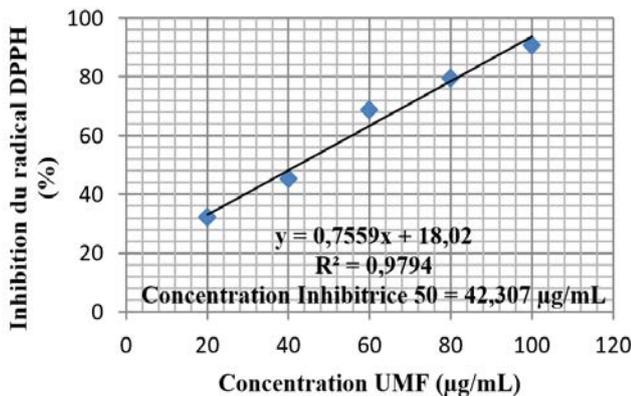


Figure 6: Taux d'inhibition du radical DPPH

Les résultats de la présente étude montrent que *U. molundense* constitue une source d'antioxydants naturels pour lutter contre le stress oxydatif généré par les maladies chroniques telles que la drépanocytose.

L'une des principales caractéristiques de la drépanocytose est la production d'une grande quantité de radicaux libres, conduisant à un stress oxydatif grave et à la consommation du monoxyde d'azote par des radicaux libres de l'oxygène. Le stress oxydatif affecte également le rapport Fe³⁺/Fe²⁺, assez élevé dans les cellules falciformes, et est impliqué dans l'hémolyse des drépanocytes. Les propriétés antioxydantes d'une plante indiqueraient donc également son action sur la drépanocytose (Mpiana *et al.*, 2016).

Les résultats de l'inhibition du radical ABTS sont donnés dans la figure 8.

Il ressort de cette figure que l'inhibition du radical ABTS par les extraits de *Uvariadendron molundense* est directement proportionnelle à leur concentration; et ces extraits ont montré une meilleure activité. Le radical ABTS est un modèle qui réagit aussi bien avec les composés polaires qu'apolaires alors que le radical DPPH ne réagit qu'avec les composés polaires (Heroual *et al.*, 2020). Les résultats de ce travail montrent que nos extraits possèdent un effet réducteur, qui pourrait être dû à sa richesse en composés polyphénoliques (Melakhessou, 2019).

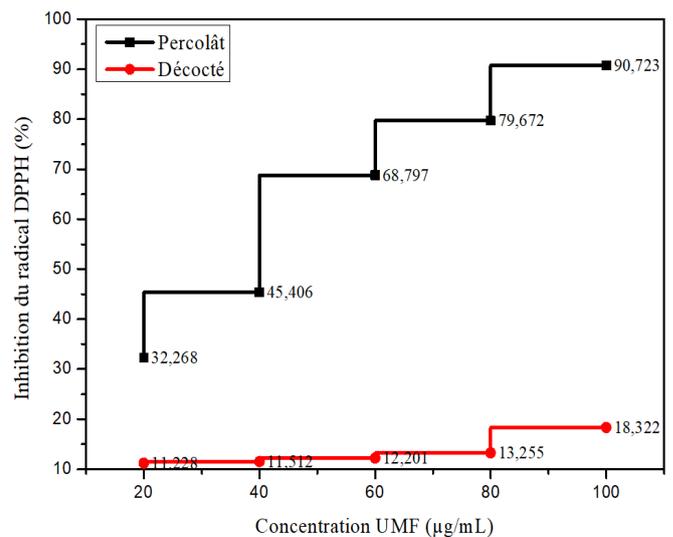


Figure 7: Inhibition du radical DPPH par les extraits de *Uvariadendron molundense*

Tableau 1: Teneur en polyphénols totaux et flavonoïdes des feuilles de *Uvariadendron molundense*

Polyphénols totaux			Flavonoïdes totaux		
Absorbance	Concentration	Moyenne ± Écart-type	Absorbance	Concentration	Moyenne ± Écart-type
1,656	441,7	441,7 ± 1,10 mg EAG/g d'extrait	0,333	6,821	6,987 ± 0,185 mg EQ/g d'extrait
1,661	443,0		0,337	6,895	
1,651	440,3		0,356	7,245	

Légende: EGA/g: Équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec; EQ/g: Équivalent de quercétine par gramme d'extrait sec

Tableau 2: Résultats de l'inhibition du radical DPPH

Ci (mg/mL)	Cf (µg/mL)	%I Percolât	%I Décocté	Réduction activité (%Δ)
2	20	32,3	10,0	69,0
4	40	45,4	10,7	76,5
6	60	68,8	13,2	80,7
8	80	79,7	16,3	79,5
10	100	90,7	19,7	78,2

Légende: Ci: Concentration initiale; Cf: Concentration finale et %I: Pourcentage d'Inhibition

Test de cytotoxicité

Les résultats du test de cytotoxicité qualitative réalisé avec la drogue à base de *Uvariadendron molundense* sont repris dans la figure 9.

L'évaluation de la cytotoxicité a montré que les feuilles de *Uvariadendron molundense* n'a aucun effet sur les érythrocytes attestant que la plante n'est pas toxique vis-à-vis de ces cellules. En effet, les bords des globules rouges sont lisses.

Les résultats du test de cytotoxicité quantitative de *Uvariadendron molundense* sont représentés dans la figure 10.

Il ressort de la figure 10 que le décocté est plus hémolytique que le percolât (%H 25,3 ± 4,40 vs 17,6 ± 6,03). Cependant, à 1000 µg/mL, le taux d'hémolyse est <50% et que cette différence n'est pas significative ($p > 0,05$). Ceci montre le caractère moins toxique de cette plante garantissant ainsi son innocuité en médecine traditionnelle. Il n'existe donc pas de différence significative entre le décocté et le percolât de *Uvariadendron molundense* quant à leur pouvoir hémolytique, celui-ci étant inférieur à 50%.

Test anti-inflammatoire

Les résultats de l'effet de drogues sur la dénaturation thermique de l'ovalbumine *in vitro* sont donnés dans la figure 11.

L'activité anti-inflammatoire d'une drogue peut être évaluée à partir de son taux d'inhibition de la dénaturation thermique de l'ovalbumine *in vitro* (%I). Ainsi, lorsque %I < 0 (Effet hyperchrome), le produit est dit inactif; Lorsque $0 < \%I < 46,7 \pm 19,1$ (Diclofenac sodique: contrôle positif), le produit est faiblement actif; Lorsque $46,7 \pm 19,1 < \%I < 75$, le produit est actif et si $75 < \%I < 100$, il est très actif. Il ressort de cette étude que le décocté des feuilles de *Uvariadendron molundense* (UMFD: $35,8 \pm 4,95$ %) est faiblement actif tandis que le percolât (UMFP: $50,3 \pm 3,63$ %) est actif (Figure 11).

La drépanocytose est associée à une inflammation chronique qui peut à terme provoquer des insuffisances au niveau des organes vitaux tels que le foie, les reins, le cœur, etc. Cette inflammation peut être due à une activation anormale des monocytes. En effet, l'hémoglobine malade (Hb S) libérée lors de l'hémolyse de l'érythrocyte peut se lier aux récepteurs TLR4 localisés à la surface des monocytes et déclencher l'inflammation (Dembele, 2020). Cette dernière est une composante clé que l'on doit prendre en compte lors de la définition des stratégies thérapeutiques pour la prise en charge symptomatologique de la drépanocytose. Il faut en outre noter que l'inflammation est entretenue chez les sujets drépanocytaires par la falciformation des érythrocytes, les infections microbiennes et les radicaux libres. Elle se caractérise sur le plan clinique par une élévation du taux sérique de la protéine C-réactive, de l'alpha 1 glycoprotéine acide et une diminution du taux de la transferrine (Dembele, 2020).

Dans le cas particulier du stress oxydatif, l'organisme considère les radicaux libres excessifs comme des agents pathogènes (responsables de l'hyperplasie intinale des vaisseaux sanguins) et déclenche une réponse inflammatoire pour tenter de les éliminer (Masengo *et al.*, 2021b). Il a été ainsi démontré que l'inflammation chez les drépanocytaires peut être modulée par le facteur de transcription NF-κB via les voies de transduction des signaux impliquant les protéines p38 MAPK et JNK ainsi que les éicosanoïdes (Masengo *et al.*, 2021b).

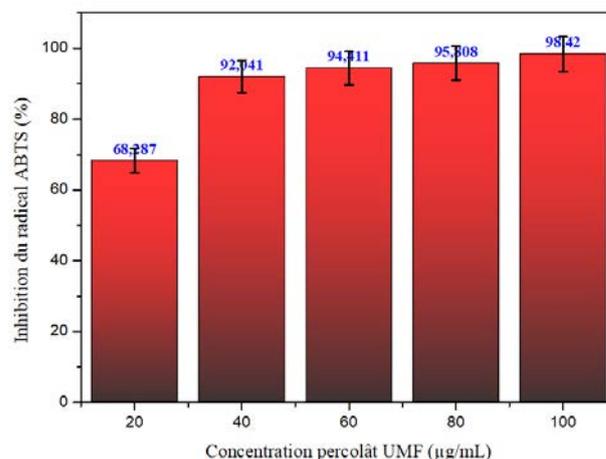


Figure 8: Inhibition du radical ABTS par les extraits des feuilles de *U. molundense* (UMF)

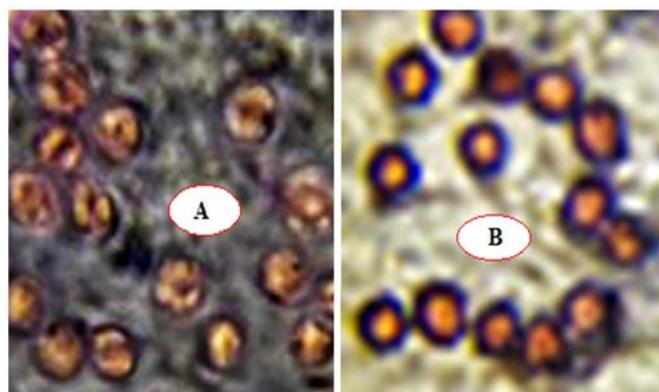


Figure 9: Effet de la drogue (1000 µg/mL) sur les érythrocytes (cytotoxicité) (500x): percolât (A) et décocté (B)

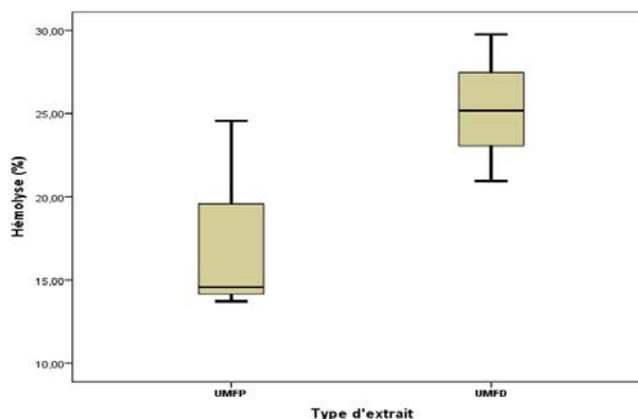


Figure 10: Taux d'hémolyse érythrocytaire de *Uvariadendron molundense*

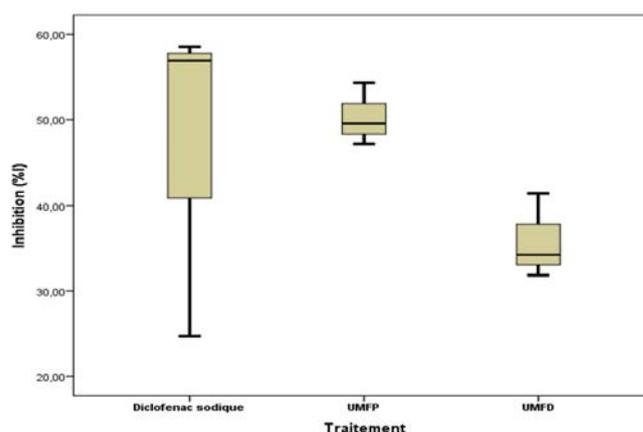


Figure 11: Effet de drogues sur la dénaturation thermique de l'ovalbumine *in vitro*

A cet effet, la protéine C-réactive, l'alpha 1 glycoprotéine acide, le facteur de transcription NF-kB, la xanthine oxydase et la cyclo-oxygénase constituent des cibles moléculaires de choix pour le développement des médicaments anti-drépanocytaires en sus de l'hémoglobine S, la 2,3-DPG mutase et le canal potassique de Gardos. La présence de flavonoïdes dans *Uvarioidendron molundense* lui confère cette activité anti-inflammatoire. En effet, les flavonoïdes possèdent des propriétés anti-inflammatoires et sont capables de moduler le fonctionnement du système immunitaire par inhibition de l'activité des enzymes qui peuvent être responsables de l'inflammation. Ils peuvent aussi moduler l'adhésion des monocytes durant l'inflammation athérosclérotique en inhibant l'expression des médiateurs inflammatoires et certains sont capables d'inhiber l'histamine (Melakhessou, 2019).

Évaluation de l'activité anti-drépanocytaire

La figure 12 donne la morphologie d'érythrocytes drépanocytaires non traités et traités avec des extraits de *Uvarioidendron molundense*.

L'analyse de la figure 12 montre que toutes les cellules du témoin sont en forme de faucille, ce qui confirme que le sang provient d'un sujet drépanocytaire. Cependant, en présence d'extrait (décocté/percolât) les drépanocytes reprennent la forme circulaire biconcave en conditions d'hypoxie. Ces résultats indiquent que nos principes actifs réduisent l'ellipsoïdité des drépanocytes en conditions hypoxiques. Ainsi nos drogues pourraient prévenir toutes les complications liées à la falciformation. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Ngbolua *et al.* (2017).

La bio-activité observée pourrait être due aux métabolites secondaires tels que les anthocyanes qui agit en empêchant la polymérisation des molécules de désoxyhémoglobine S en tactoïdes (polymère responsable de la falciformation des drépanocytes) comme précédemment rapporté dans les travaux de Gbolo (2010); Mpiana *et al.* (2016); Ngbolua *et al.* (2017).

La République démocratique du Congo (RDC) est un réservoir de la biodiversité (Asimonyio *et al.*, 2015 a,b; Kambale *et al.*, 2016 a,b,c; Omatoko *et al.*, 2015). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, plus de 80% de la population en Afrique d'une manière générale et en RDC en particulier, recourent aux PFNLs à propriétés médicinales pour résoudre le problème de santé primaire (WHO, 2002). Le regain d'intérêt pour les plantes médicinales dans la prise en charge des maladies est non seulement un choix, mais aussi une conséquence de la pauvreté et des coûts élevés des médicaments modernes (Ngbolua *et al.*, 2011 a,b). C'est pourquoi, il est urgent d'évaluer l'activité bio-thérapeutique de ces ressources phytogénétiques à haut potentiel biopharmaceutique en vue de leur valorisation à travers la création des usines pour la production et la commercialisation des médicaments issus des connaissances traditionnelles (Ngbolua, 2014). La valorisation des plantes à valeur ajoutée permet aux chercheurs d'aider les détenteurs du savoir traditionnel à améliorer leurs conditions de vie conformément au protocole de Nagoya sur l'accès et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques (Ngbolua *et al.*, 2016). Ainsi, *Uvarioidendron molundense* est un PFNL à valeur économique potentielle énorme dont la transformation en revenu réel et son exploitation durable peut contribuer au bien-être humain.

CONCLUSION

La présente étude avait pour but l'étude phytochimique et évaluation des activités antirépanocytaire, anti-inflammatoire, antiradicalaire et cytotoxique *in vitro* des feuilles de *Uvarioidendron molundense* de la famille d'Annonaceae.

Il ressort de cette étude que:

- La poudre des feuilles de *U. molundense* contient les fragments de parenchyme, les cristaux d'oxalates de calcium, les fibres, les vaisseaux annelés, les grains d'amidon et les fragments de vaisseaux ponctués;
- Ces feuilles contiennent les tanins, les saponosides, les flavonoïdes, les acides phénols, les iridoïdes, les anthocyanes, les anthrones, les anthraquinones et les terpènes;
- La teneur en polyphénols totaux est de $441,7 \pm 1,10$ mg EAG/g d'extrait et tandis que celle des flavonoïdes totaux est de $6,99 \pm 0,185$ mg EQ/g d'extrait;
- L'activité antiradicalaire du percolât est supérieure à celle du décocté;
- Les feuilles de *U. molundense* ne sont pas cytotoxique (%Hemolyse <50 à 1000 $\mu\text{g/mL}$);
- Les feuilles de *U. molundense* sont douées des propriétés anti-inflammatoires. Cette activité est cependant faible pour le décocté (%I = $35,8 \pm 4,95$) et moyenne pour le percolât (%I = $50,3 \pm 3,31$);
- Le décocté et percolât des feuilles de *U. molundense* sont douées des propriétés antifalcémiantes *in vitro*.

Il est donc souhaitable qu'une étude phytochimique plus approfondie soit réalisée sur les feuilles de *Uvarioidendron molundense* afin d'identifier les molécules actives.

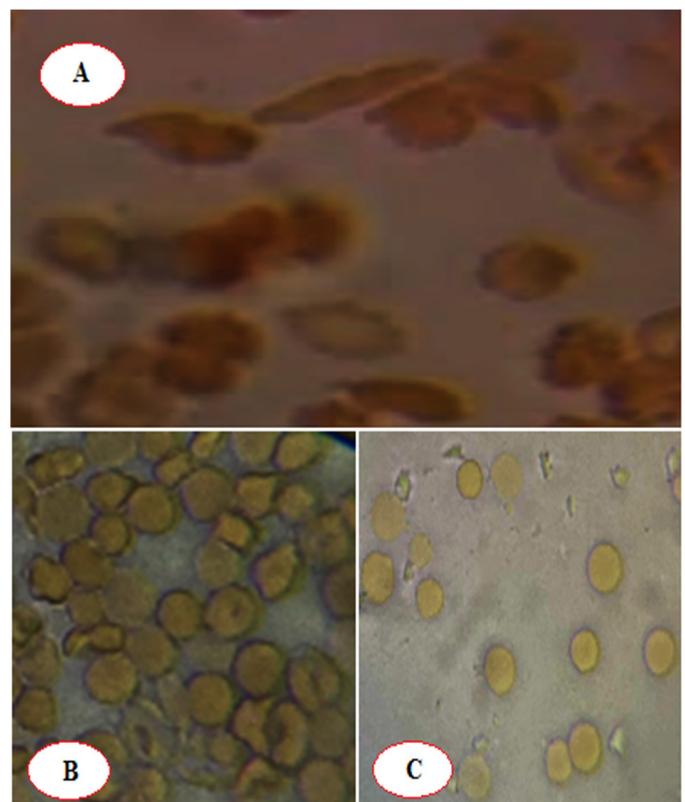


Figure 12: Microphotographie optique du sang drépanocytaire témoin (A) et traité avec les extraits de *Uvarioidendron molundense* à la concentration de 100 $\mu\text{g/mL}$, NaCl 0,9 %, $\text{Na}_2\text{S O}_5$ 2 %, 500x: Décocté (B) et Percolât (C)

RÉFÉRENCES

- Asimonyio J.A., Kambale K., Shutsha E., Bongo G.N., Tshibangu D.S.T., Mpiana P.T., Ngbolua K.N. (2015a). Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I2.
- Asimonyio J.A., Ngabu J.C., Lomba C.B., Falanga C.M., Mpiana P.T., Ngbolua K.N. (2015b). Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 18: 241-251.
- Cheikhouna K. (2021). Étude des propriétés anti-drépanocytaires d'un extrait hydro-alcoolique de feuilles de *Oxytenanthera abyssinica* munro (Poaceae). Thèse, Université El Hadji Ibrahima Niassé. 119 p.
- Dembele A. (2020). Vasculopathie et inflammation dans la drépanocytose: i) étude des déterminants de la vasculopathie chronique en Afrique sub-saharienne: ii) dynamique inflammatoire des polynucléaires neutrophiles sous thérapeutiques transfusionnelles au sein d'une cohorte française. Biochimie, Biologie Moléculaire. Université Paris Cité. p. 172.
- Djolu R. D., Ashande C. M., Ngbolua K.N., Monizi M., Bekomo J. L., Tshibangu D. S.-T., Tshilanda D. D., Mpiana P. T., Virima M. (2021). Ethnobotanical Study and Vulnerability of *Uvariadendron molundense* (Annonaceae) in Gbado-Lite City (Ubangi Ecoregion), Democratic Republic of the Congo. *Journal of Botanical Research*, 3: 41-48.
- Gbolo Z., Ciala N., Ngbolua K., Tshibangu D., Tshilanda D., Memvanga B., Mpiana P. (2022). Profilage phytochimique par chromatographie sur couche mince haute performance d'extraits de flavonoïdes totaux du Drepanoalpa® et évaluation de leur activité antidrépanocytaire *in vitro*. *Annales Africaines de Médecine*, 16:e4882-e4898.
- Giroit R., Begué P., Galacteros F. (2003). La drépanocytose. Éditions John LIBBEY Eurotext, Paris: France.
- Gueyraud K., Hriday P., Pankaj S., Allico D. (2019). Technique d'étude de la toxicité des extraits de plante par la méthode du MTT. *Am. J. Innov. Res. Appl. Sci.*, 9: 30-32.
- Heroual K. (2020). Les polyphénols: Structure, pouvoir antioxydant et méthodes *in vitro* de l'évaluation de l'activité antioxydante. DEA, Université des Frères Mentouri Constantine I. 93 p.
- Inkoto C.L., Ngbolua K.N., Masunda A.T., Kabengele C.N., Itoku J.B., Tshilanda D.D., Tshibangu D.S.T., Mpiana P.T. (2021). Microscopic features and phytochemistry of two Congolese medicinal plants: *Aframomum albobolaleum* (Ridley) K. Schum. and *Aframomum angustifolium* (Sonn.) K. Schum. (Zingiberaceae). *International Journal of Life Science Research Archive*, 1: 043-052.
- Kambale J.K., Feza F.M., Tsongo J.M., Asimonyio J.A., Mapeta S., Nshimba H., Gbolo B.Z., Mpiana P.T., Ngbolua K.N. (2016a). La filière bois-énergie et dégradation des écosystèmes forestiers en milieu périurbain: Enjeux et incidence sur les riverains de l'île Mbiye à Kisangani (République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 21: 51-60.
- Kambale J.-L.K., Asimonyio J.A., Shutsha R.E., Katembo E.W., Tsongo J.M., Kavira P.K., Yokana E.I., Bukasa K.K., Nshimba H.S., Mpiana P.T., Ngbolua K.N. (2016b). Études floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 24: 309-321.
- Kambale J.-L.K., Shutsha R.E., Katembo E.W., Omatoko J.M., Kirongozi F.B., Basa O.D., Bugentho E.P., Yokana E.I., Bukasa K.K., Nshimba H.S., Ngbolua K.N. (2016c). Étude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 24: 300-308.
- Kumari S., Yasmine N., Hussain M.R., Babuselvam M. (2015). *In vitro* anti-inflammatory and anti-arthritis property of *Rhizopora mucronata* leaves. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6: 482-485.
- Lagnika L., Amoussa A., Adjilèyè R., Lalèye A., Sanni A. (2016). Antimicrobial, antioxidant, toxicity and phytochemical assessment of extracts from *Acmella uliginosa*, a leafy-vegetable consumed in Bénin, West Africa. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16: 34.
- Masengo, A.C., Ngbolua, K.N., Gbolo, B.Z., Inkoto, L.C., Baholy, R., Itoku, B.J., Ilumbe, B.G., Mpiana, P.T. (2021a). Drépanocytose: Approche Bioclinique, Cibles Biologiques d'Intérêt Thérapeutique et Perspectives. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 28: 539-545.
- Masengo C., Bongo G., Robijaona B., Ilumbe G., Ngbolua K., Mpiana P. (2021b). Étude ethnobotanique quantitative et valeur socioculturelle de *Lippia multiflora* Moldenke (Verbenaceae) à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9:93-101.
- Melakhessou A. (2019). Évaluation des activités biologiques des extraits de la plante: *Atractylis flava* Desf. Thèse Doctorat, Université de Batna 2. 149 p.
- Mpiana P.T., Tshibangu D.S.T., Shetonde O.M., Ngbolua K.N. (2007). *In vitro* antidrepanocytary activity (anti-sickle cell anaemia) of some Congolese plants. *Phytomedicine*, 14: 192-195.
- Mpiana P., Mudogo V., Tshibangu D., Kitwa E., Kanangila A., Lumbu J., Ngbolua K., Atibu E., Kakule M. (2008). Antisickling activity of anthocyanins from *Bombax pentadrum*, *Ficus capensis* and *Zizphus mucronata*: photodegradation effect. *Journal of Ethnopharmacology*, 12: 413-418.
- Mpiana P.T., Bokota M.T., Ndjele M.B.L., Mudogo V., Tshibangu D.S.T., Ngbolua K.N., Atibu E.K., Kwembe J.T.K., Makelele L.K. (2010a). Antisickling activity of three species of *Justicia* from Kisangani (DR Congo): *Justicia tenella*, *J. gendarusa* and *J. insularis*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4: 1953-1961.
- Mpiana P.T., Makelele L.K., Oleko R.W., Bokota M.T., Tshibangu D.S.T., Ngbolua K.N., Mbala M.B., Atibu E.K., Nshimba S.M. (2010b). Antisickling activity of medicinal plants used in the management of Sickle cell Disease in Tshopo district, D.R.Congo. *Australian Journal of Medical Herbalism*, 22: 132-137.
- Mpiana P.T., Ngbolua K.N., Bokota M.T., Kasonga T.K., Atibu E.K., Mudogo V. (2010c). *In vitro* Effects of Anthocyanins Extracts From *Justicia secunda* VAHL on the Solubility of Hemoglobin S and Membrane Stability of Sickle Erythrocytes. *Blood Transfusion*, 8: 248-254.
- Mpiana P.T., Ngbolua K.N., Mudogo V., Tshibangu D.S.T., Atibu E.K., Tshilanda D.D., Misengabu N.M. (2011). Antisickler erythrocytes haemolysis properties and inhibitory effect of anthocyanins extracts of *Trema orientalis* (ULMACEAE) on the aggregation of human deoxyhemoglobin S *in vitro*. *Journal of Medical Sciences*, 11: 129-137.
- Mpiana P., Ngbolua K., Tshibangu D. (2016). Les alicaments et la drépanocytose: une mini-revue. *C. R. Chimie*, 19: 884-889.
- Ngbolua K.N., Rakotoarimanana H., Rafatro H., Urverg R.S., Mudogo V., Mpiana P.T., Tshibangu D.S.T. (2011a). Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two *Vernonia* species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea* subsp vialis endemic to Madagascar. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5: 345-353.
- Ngbolua K.N., Rafatro H., Rakotoarimanana H., Urverg R.S., Mudogo V., Mpiana P.T., Tshibangu D.S.T. (2011b). Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5: 1797-1804.
- Ngbolua K.N., Kambale J., Mpiana P., Mudogo V., Tshibangu D., Wumba D., Mvumbi L., Kalala L., Mesia K., Ekutsu E. (2013). Evaluation *in vitro* de l'activité anti falcémiant et effet antioxydant des extraits d'*Uapaca heudelotii* Baill. (Euphorbiaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7: 523-534.
- Ngbolua K.N. (2014). Activité antifalcémiant (antisickling activity) des plantes utilisées contre la drépanocytose en Médecine Traditionnelle Congolaise. Rapport de Recherche. International Foundation For Science (F/4921-1 & 2), Stohkolm, Sweden, 25 p.

- Ngbolua K.N., R. Herintsoa, R. Hajatiana, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu, Tshilanda D.D. (2015). *In vitro* anti-erythrocyte sickling effect of lunularic acid of natural origin. *International Blood Research & Reviews*, 4:1-6.
- Ngbolua K.N., Shetonde O.M., Mpiana P.T., Inkoto L.C., Masengo C.A., Tshibangu D.S.T., Gbolo Z.B., Baholy R., Fatiany P.R. (2016). Ethno-pharmacological survey and Ecological studies of some plants used in traditional medicine in Kinshasa city (Democratic Republic of the Congo). *Tropical Plant Research*, 3: 413-427.
- Ngbolua K.N., Tshilanda D., Djoza D., Falanga C., Ashande M., Tshibangu D., Iteku J., Mudogo V., Mpiana P. (2017). Anti-Sickle Cell Anemia and Bacterial Inhibitory Effects of *Uvariadendron molundense* (Diels) R.E.Fr. (Annonaceae) from Ubangi River Basin, DR Congo. *Journal of Biosciences and Medicines*, 5: 71-84.
- Ngbolua K.N. (2019). Évaluation de l'activité anti-drépanocytaire et antipaludique de quelques taxons végétaux de la République démocratique du Congo et de Madagascar. Éditions Universitaires Européennes, Riga: Latvia.
- Ngbolua K., Inkoto C., Mongo N., Masengo C., Masens Y., Mpiana P. (2019). Étude ethnobotanique et floristique de quelques plantes médicinales commercialisées à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 7:118-128.
- Ngbolua K.N., Molongo M.M., Libwa M.T.B., Amogu J.J.D., Kutshi N.N., Masengo, C.A. (2021a). Enquête ethnobotanique sur les plantes sauvages alimentaires dans le Territoire de Mobayi-Mbongo (Nord-Ubangi) en République Démocratique du Congo. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 9: 261-267.
- Ngbolua K.N., Behundo, M., Mbembo B., Inkoto C., Masengo A.C., Kilembe J., Amogu, J., Falanga C., Asimonyio J., Mutwale P., Ngombe, N., Mpiana, P. (2021b). Micrographic Profiling and Phytochemical Analysis of Some Plants Consumed by *Okapia johnstoni* (Giraffidae: Mammalia) in Democratic Republic of the Congo. *Journal of Biomedical and Life Sciences*, 1(1).
- Omatoko J., Nshimba H., Bogaert J., Lejoly J., Shutsha R., Shaumba J.P., Asimonyio J., Ngbolua K.N. (2015). Études floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13: 452-463.
- Prajitha V., Thoppil J.E. (2017). Cytotoxic and apoptotic activities of extract of *Amaranthus spinosus* L. in *Allium cepa* and human erythrocytes. *Cytotechnology*, 69:123-133.
- Tshilanda D.D., Onyamboko D.N.V., Babady P.V., Ngbolua K.N., Tshibangu D.S.T., Dibwe E.F., Mpiana P.T. (2015). Anti-sickling Activity of Ursolic Acid Isolated from the Leaves of *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae). *Nat. Prod. Bioprospect*, 5: 215-221.
- Tshilanda D.D., Onyamboko D.V.N., Babady P.B., Mutwale P.K., Tsalu P.V., Tshibangu D.S.T., Ngombe K.N., Ngbolua K.N., Pius T., Mpiana P.T. (2016). Chemical fingerprint and anti-sickling activity of Rosmarinic acid and Methanolic extracts from three Species of *Ocimum* from DR Congo. *Journal of Biosciences and Medicines*, 4: 59-68.
- World Health Organization (2002). Traditional medicine strategy 2002-2005.

Évaluation de performances agronomiques de nouvelles variétés de cotonnier introduites dans le bassin cotonnier du Sénégal

M. SARR¹, B. NIANG¹, A. TRAORÉ¹, G. KANFANY², M. O. LY³, S. KANE¹

(Reçu le 03/04/2023; Accepté le 06/05/2023)

Résumé

Face à la variabilité inter et intra-annuelle de la pluviométrie en zone cotonnière sénégalaise, l'amélioration de la productivité repose en grande partie sur la stratégie de choix et de diffusion de matériel végétal performant et adapté à la zone. Ainsi, une étude comparative des performances agronomiques de quatre nouvelles variétés de cotonnier en fonction des différentes zones agro-climatiques du bassin cotonnier du Sénégal a été initiée. L'expérimentation a été réalisée entre 2015 et 2016 dans trois Antennes Multilocales d'Expérimentation (AMEX). Un dispositif en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions a été utilisé. Les observations ont porté sur la précocité à la floraison, la précocité à la maturité des capsules et le rendement et ses composantes. Les résultats ont montré que les variétés FK 37 et FK 64 sont au même niveau de précocité que le témoin vulgarisé (Stam 129) et enregistrent de bons niveaux de production (coton graine et fibres). La variété IRMA-L484 s'est caractérisée par une maturité tardive et une faible production en fibre. IRMA-L457 a une capacité productive en coton graine et en fibre, mais elle présente une maturité tardive. En plus des performances agronomiques, l'étude des caractéristiques technologiques de la fibre pourrait renforcer le critère de choix des variétés en substitut de celle vulgarisée en zone cotonnière.

Mots clés: Production, Variété, Rendement, Coton graine, Zone cotonnière, Sénégal

Evaluation of the agronomic performance of new cotton varieties introduced in the Senegalese cotton basin

Abstract

In view of the inter- and intra-annual variability of rainfall in the Senegalese cotton zone, improving productivity depends largely on the strategy of choosing and disseminating high-performance plant material adapted to the zone. Thus, a comparative study of the agronomic performance of four new cotton varieties according to the different agro-climatic zones of the Senegalese cotton basin was initiated. The experimentation was carried out between 2015 and 2016 in three Multilocal Experimentation Antennas (AMEX). A randomized complete block design with four replications was used. Observations focused on earliness at flowering, earliness at boll maturity and yield and its components. The results showed that the varieties FK 37 and FK 64 are at the same level of earliness as the popularized control (Stam 129) and have good production levels (seed cotton and lint). The variety IRMA-L484 was characterized by a late maturity and a low fiber production. IRMA-L457 has a productive capacity in seed cotton and lint, but presents a late maturity. In addition to agronomic performances, the study of the technological characteristics of the fiber could reinforce the criterion of choice of the varieties in substitute of the one popularized in the cotton zone.

Keywords: Production, Variety, Yield, Seed cotton, Cotton zone, Senegal

INTRODUCTION

Au Sénégal, le coton sert de moteur de développement dans les zones d'implantations et fournit d'importantes ressources financières à la population rurale et urbaine. Il fait partir des dix premiers produits d'exportation du pays et contribue à 1,4% du PIB national (Fall, 2013). La culture du coton constitue en effet le principal moyen d'accès aux ressources de production (engrais, les pesticides et matériels agricoles) et un moyen de revenu d'une large frange de la population.

Toutefois, depuis 2007, la filière cotonnière fait face à de nombreuses contraintes qui affectent la production, et amoindri le revenu des producteurs (Sarr *et al.*, 2021). Les contraintes liées à la production de coton sont nombreuses et varient d'une zone de production à une autre (Traoré *et al.*, 2021). Il s'agit principalement de l'inadaptation des variétés actuellement cultivées qui sont vulnérables aux conditions agro-écologiques et parasitaires du bassin cotonnier sénégalais. Par conséquent, la base de la production cotonnière est la lutte contre les ravageurs (Badiane *et al.*, 2015) et l'amélioration variétale pour de meilleurs

rendements, indispensables pour la rentabilité du secteur. La production en coton-graine à l'hectare en Afrique est parmi les plus faibles au monde et ne dépasse souvent pas une tonne (UEMOA 2010). Il s'y ajoute que les pays africains payent fort les exigences du marché internationale (Bourgou *et al.*, 2013) et particulièrement au Sénégal, les rendements se situent à des niveaux peu compatibles avec le coût élevé du paquet technique préconisé.

Pour faire face à cette situation, les sélectionneurs font appel à de nouvelles variétés ayant de hauts potentiels de rendements (Ndoye *et al.*, 2011 et Bourgou *et al.*, 2013). Les sociétés cotonnières sont donc amenées à adapter leur mode de production et en particulier leur stratégie de choix des variétés à diffuser et de leur aire de culture dans les zones de production (Ndour *et al.*, 2017).

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude dont l'objectif est de comparer les performances agronomiques de quatre nouvelles variétés de coton en fonction des conditions agro-climatiques du Sénégal. Il s'agit spécifiquement de trouver un matériel végétal alternatif à la variété actuellement vulgarisée (Stam 129 A).

¹ Société de Développement et des Fibres Textiles, Cellule Recherches Développement, Sénégal

² Université Gaston Berger de Saint Louis, Unité de Formation et de Recherche (UFR) S2ATA, Sénégal

³ Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) de Kolda, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Sénégal

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sites d'étude

L'étude a été menée durant l'hivernage 2015 et 2016 dans trois Antennes Multilocales d'Expérimentation (AMEX) de la zone cotonnière (Figure 1). Il s'agit de:

- AMEX de Koussanar, dans la région de Tambacounda (13°52' de latitude Nord et à 14°05' de longitude Ouest). Cette AMEX se situe en zone sèche du bassin cotonnier. Le climat est de type soudano sahélien et la pluviométrie annuelle qui varie entre 600 et 700 mm.
- AMEX de Vélingara (région de Kolda), qui s'étend entre 13° 09' de latitude Nord, 14° 07' de longitude Ouest. Vélingara se trouve sur la zone médiane du bassin cotonnier avec un climat soudanien et une pluviométrie annuelle entre 700 et 800 mm.

- AMEX de Syllacounda, dans la région de Kédougou (12° 33' Nord, 12° 11' Ouest). Ce site se trouve dans la zone humide du bassin cotonnier, avec un climat soudano guinéen recevant entre 800 et 1200 mm de pluie par an.

Globalement, les pluies de l'hivernage 2015 et 2016 sont enregistrées en fin mai début juin (Tableau 1). Les cumuls des quantités d'eau relevées tournent en moyenne autour 600 mm à Koussanar, 800 mm à Vélingara et 1000 mm à Syllacounda.

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de quatre variétés introduites (FK 37, FK 64, IRMA-L457 et IRMA-L484) et d'un témoin vulgarisé, Stam 129A (Tableau 2).

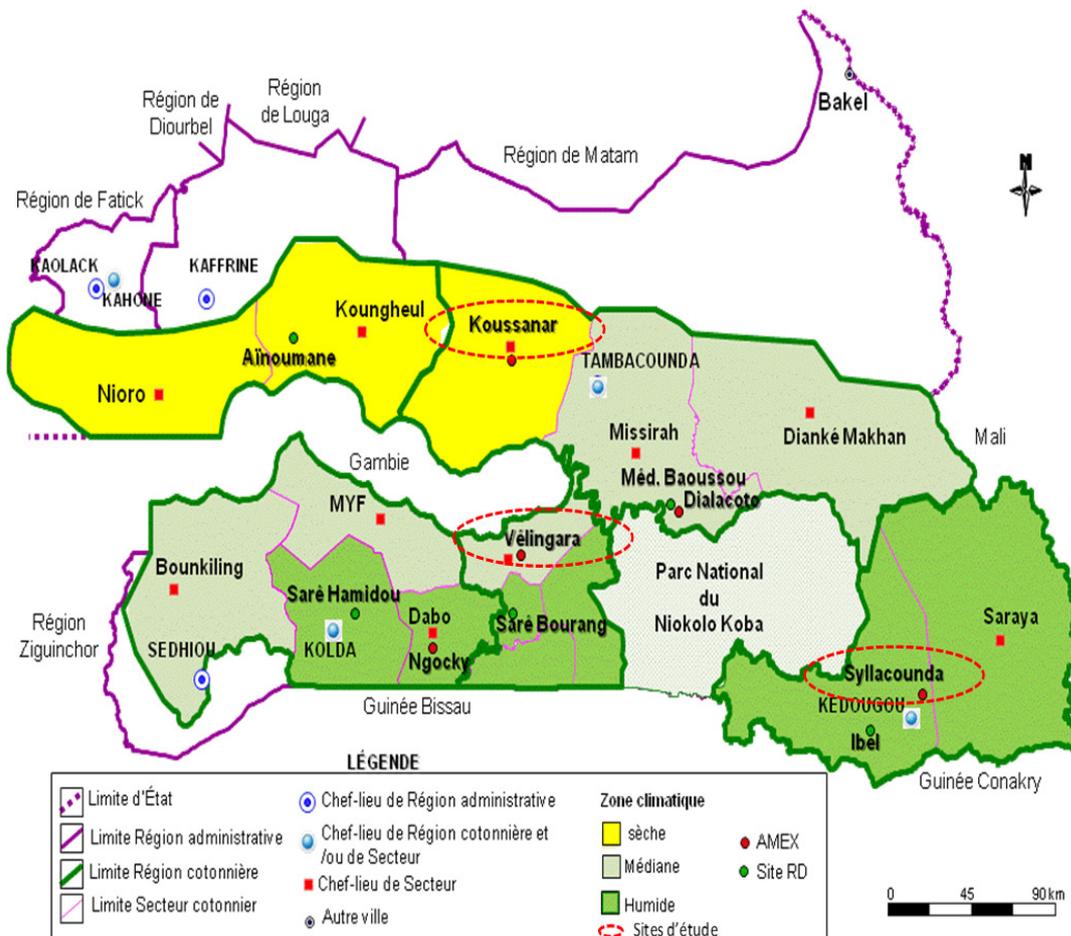


Figure 1: Localisation des sites expérimentaux dans la zone cotonnière sénégalaise

Tableau 1: Pluviométrie de la campagne

Sites	Quantité de pluie enregistrée (mm)		Nombre de jour de pluie		Mois	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Koussanar	666,9	529,2	44	36	Mai-octobre	Mai-octobre
Vélingara	1033,0	723,0	59	61	Juin-octobre	Juin-octobre
Syllacounda	1529,9	1009,6	83	70	Juin-octobre	Mai-octobre

Tableau 2: Caractéristique des variétés

Variété	Précocité	Rendement potentiel (Kg/ha)	% Fibres	Origine	Référence
Stam 129 A (témoin)	Précoce	1431	44,3	Togo	CIRAD, 2012; Dessauw, 2014
FK 37	Précoce	3500	43,4	Burkina Faso	INERA, 2014; Dessauw, 2014; Sountara, 2014
FK 64	Précoce	2600	44	Burkina Faso	Catalogue des variétés du Burkina Fasso
IRMA-L457	Tardive	1562	44,7	Cameroun	CIRAD, 2015
IRMA-L484	Tardive	1341	41,5	Cameroun	CIRAD, 2015

Dispositif expérimental

Un dispositif en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions a été installé. Chaque parcelle élémentaire comporte six (6) lignes de cotonniers de quinze mètres. Les écartements de semis sont de 80 cm entre les lignes et 15 cm entre les poquets sur la ligne. Les blocs sont séparés par une allée large de deux (2) mètres. La parcelle utile est représentée par les quatre (4) lignes centrales.

Conditions de culture

L'essai a été conduit conformément à l'itinéraire technique vulgarisé en zone cotonnière. Toutes les opérations culturales, en dehors des modalités testées (variétés) ont été réalisées de manière uniforme sur tous les objets. Les dates de semis, de levée et les doses de fertilisation sont consignées dans le tableau 3.

Observation et mesures

- **La précocité de floraison** (en jours après la levée) est la date à laquelle le cumul du nombre de fleurs est égal à la moitié du nombre de plants sur la ligne (Date de 50% de floraison). Le nombre de plants portant une fleur du jour est compté séparément dans chaque ligne.
- **La précocité d'éclatement de capsules** (en jours après la levée) correspond à la date pour laquelle le nombre de capsules ouvertes est égal à la moitié du nombre de plants sur la ligne (Date de 50% de d'éclatement).
- **Le rendement coton graine** est le rapport du poids coton graine récolté sur la surface des quatre (4) lignes centrales.

• **Le rendement fibre et le poids des cents (100) graines** (Seed index) sont déterminés au niveau de l'usine d'égre-nage. Ceux-ci sont obtenus à partir de cinq (5) plants, pris au hasard au niveau de la parcelle utile de chaque répétition.

Traitement et analyse des données

Les analyses statistiques sont faites avec le logiciel GenStat Discovery 10.3.0.0 (Payne *et al.*, 2007). Des analyses de la variance sont effectuées et les moyennes par variété sont comparées à l'aide du test de Newman Keuls. Les graphes sont obtenus avec le logiciel R (R i386 3.2.1) (Cornillon *et al.*, 2010).

RÉSULTATS

Précocité de floraison et de maturité

La floraison est asymétrique et significativement ($P < 0,05$) différentes entre les variétés testées (Figure 2). Quel que soit le site et l'année, les variétés FK 37 et FK 64 sont plus précoces que le témoin vulgarisé (Stam 129 A). La variété FK 64 est très homogène dans sa floraison comparée aux variétés IRMA-L457 et IRMA-L484.

La durée entre la levée de cotonniers et l'ouverture des capsules (Figure 3) est significativement différente entre les variétés (zone médiane et humide $P < 0,001$, zone sèche $P < 0,05$) quel que soit le site et l'année. Les variétés FK 37 et FK 64 sont statistiquement plus précoces et sont au même titre que le témoin vulgarisée (Stam 129 A). Toutefois, la variété Stam 129 A semble être beaucoup moins homogène dans sa maturité.

Tableau 3: Calendrier cultural appliqué

Zone agro-écologique	AMEX	Année	Date de semis	Date de levée	Dose NPKSB (kg/ha)	Dose Urée (kg/ha)
Zone sèche	Koussanar	2015	02/07/2015	06/07/2015	200	50
		2016	28/06/2016	05/07/2016	200	50
Zone médiane	Vélingara	2015	01/07/2015	07/07/2015	200	50
		2016	27/06/2016	02/07/2016	200	50
Zone humide	Syllacounda	2015	03/07/2015	09/07/2015	200	50
		2016	24/06/2016	28/06/2016	200	50

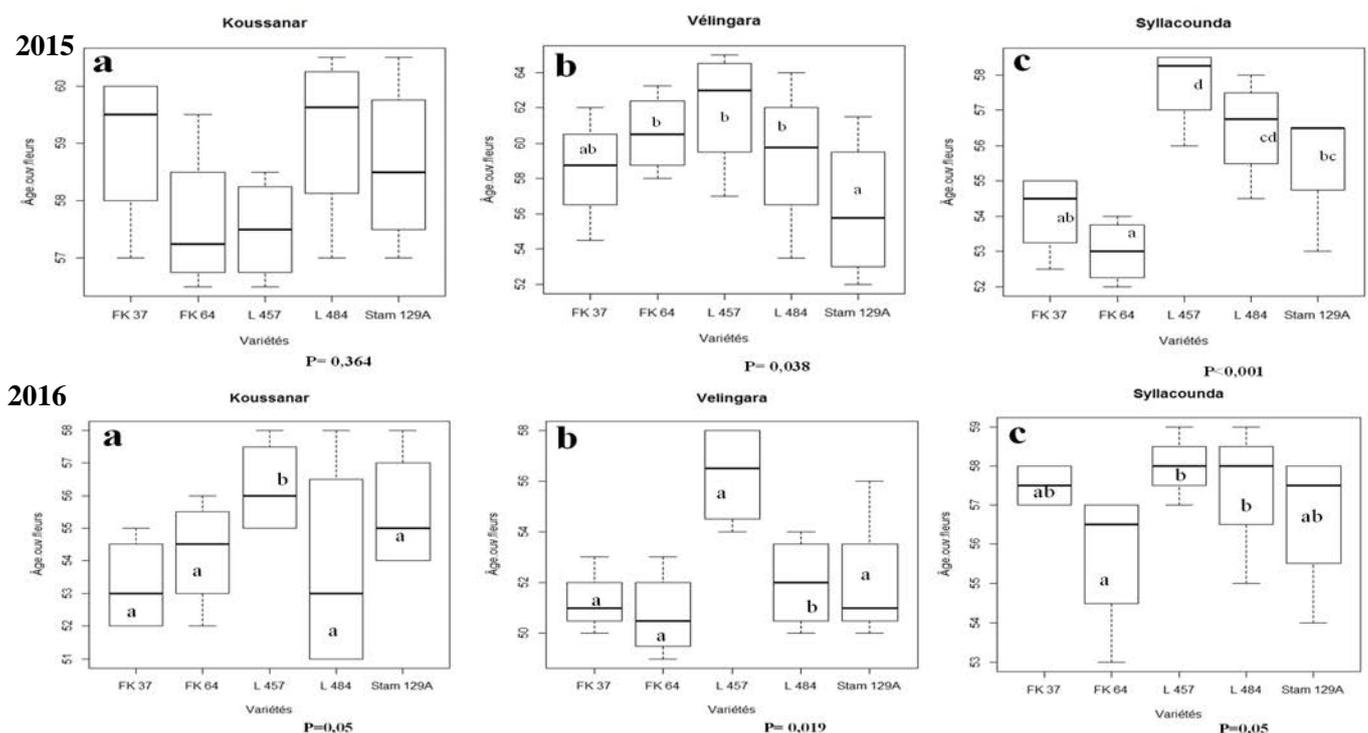


Figure 2: Age moyen de 50% floraison en fonction des variétés en 2015 et 2016 à Koussanar (a), Vélingara (b) et Syllacounda (c) Age.ouv.fleur = nombre de jours après la levée des cotonniers et la floraison; L457 = IRMA-L457; L484 = IRMA-L484; P=probabilité au seuil de 5%; Les box plot affectées des mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%

Rendement coton graine, pourcentage fibre et Seed Index (SI)

L'analyse de la variance réalisée sur le rendement en coton graine montre que ce paramètre distingue moins les variétés (Tableau 4). Toutefois, en zone sèche, la variété IRMA-L484 s'est montrée significativement plus importante en première année de test (2015) avec un rendement moyen de $769 \pm 82 \text{ kg. ha}^{-1}$ contre $639 \pm 42 \text{ kg. ha}^{-1}$ pour le témoin (Stam 129A). En zone humide et intermédiaire, aucune différence significative n'a été observé entre les variétés testées pour le rendement en coton graine. Cependant, la

variétés FK 64 est arithmétiquement supérieur aux autres variétés pour le rendement en coton graine.

Le rendement fibre et le poids des cent graines sont respectivement présenté dans les tableaux 5 et 6. En zone sèche et humide, les meilleurs taux de fibres sont significativement obtenus avec les génotypes FK 37, FK64 et IRMA-L457 (Tableau 5). Par contre, l'analyse de la variance du poids des cents graines montre des différences significatives ($P < 0,05$) en faveur de la variété IRMA-L484, quel que soit la zone (Tableau 6).

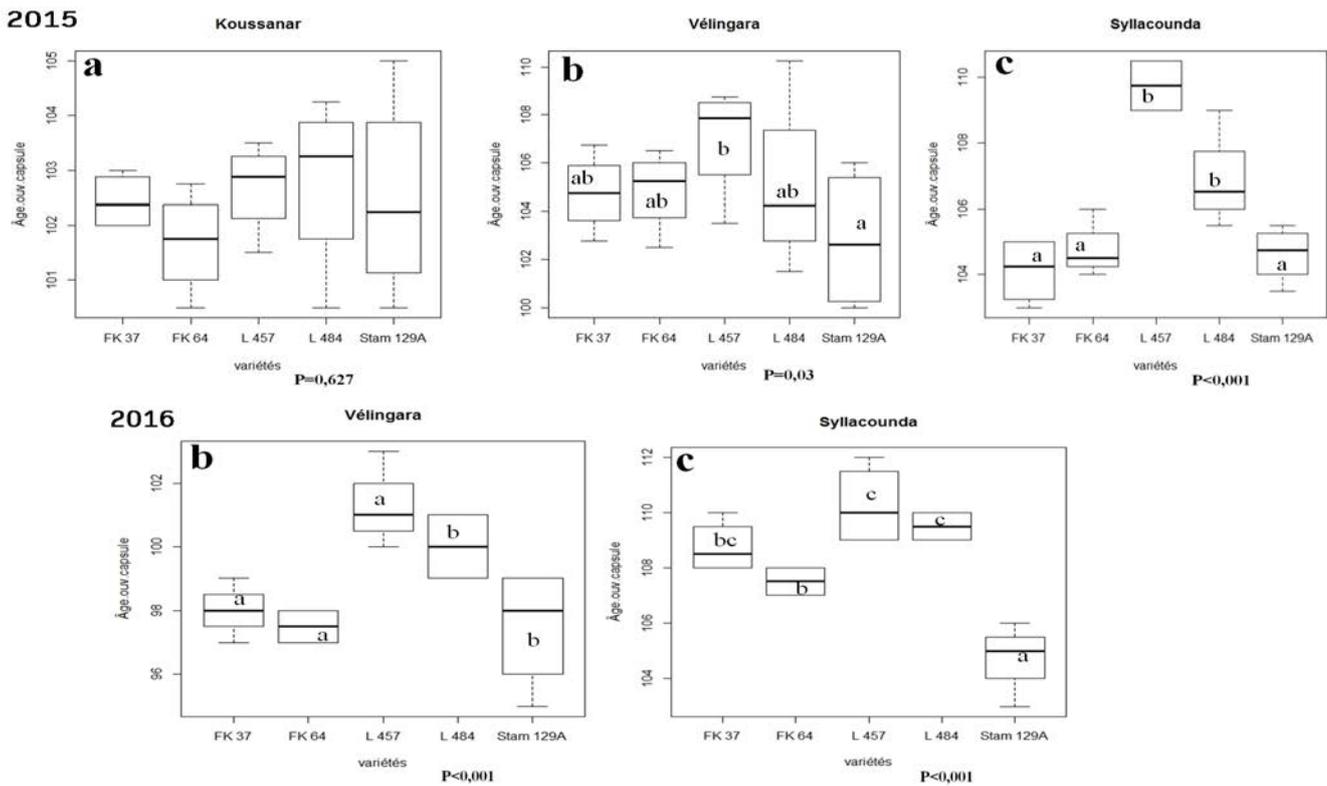


Figure 3: Age moyen d'ouverture de 50% capsules en fonction des variétés (2015 et 2016) à Koussanar (a), Vélingara (b), et Syllacounda (c), * Les données de Koussanar sur la maturité ne sont pas disponibles pour la deuxième année de test (2016)

Tableau 4: Rendement en coton en fonction des sites (kg/ha)

Objet	Koussanar		Vélingara		Syllacounda	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Stam 129 A	639 ± 42^{ab}	1484 ± 118	1307 ± 175	961 ± 208	2173 ± 151	1945 ± 250
FK 37	459 ± 86^b	1458 ± 137	1302 ± 290	1073 ± 70	2046 ± 188	1940 ± 185
FK 64	464 ± 66^b	1385 ± 130	1581 ± 273	1187 ± 133	2282 ± 61	2201 ± 53
IRMA-L457	486 ± 35^b	1411 ± 71	1262 ± 62	1013 ± 124	2509 ± 111	2081 ± 118
IRMA-L484	769 ± 82^a	1406 ± 104	1111 ± 242	1124 ± 71	2090 ± 238	1919 ± 160
Moyenne \pm Écart-type (n = 4)	$563,4 \pm 38$	1429 ± 46	1313 ± 96	1072 ± 62	2220 ± 75	2017 ± 71
Probabilité et signification	0,01**	0,958^{ns}	0,252^{ns}	0,639^{ns}	0,282^{ns}	0,477^{ns}
LSD	194	321	421	341	475	385
CV (%)	30,4	14,5	32,6	25,7	15,0	15,7

Tableau 5: Rendement fibre des variétés en fonction des sites (%)

Objet	Koussanar		Vélingara		Syllacounda	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Stam 129 A	$42,3 \pm 0,5^b$	$39,6 \pm 0,5^b$	$43,5 \pm 1,5$	$40,5 \pm 0,2$	$43,0 \pm 0,3^a$	$42,0 \pm 1,0$
FK 37	$43,5 \pm 0,4^a$	$41,6 \pm 0,5^a$	$45,0 \pm 0,5$	$41,7 \pm 0,3$	$43,5 \pm 0,4^a$	$43,6 \pm 0,6$
FK 64	$43,1 \pm 0,8^a$	$42,0 \pm 0,1^a$	$44,2 \pm 0,8$	$42,3 \pm 0,9$	$43,2 \pm 0,2^a$	$43,2 \pm 0,3$
IRMA-L457	$43,3 \pm 0,7^a$	$40,5 \pm 0,4^{ab}$	$43,5 \pm 3,2$	$42,3 \pm 0,8$	$43,3 \pm 0,4^a$	$42,6 \pm 0,4$
IRMA-L484	$40,7 \pm 0,5^b$	$39,9 \pm 0,3^b$	$42,6 \pm 1,0$	$41,0 \pm 0,8$	$41,0 \pm 0,3^b$	$42,2 \pm 0,4$
Moyenne \pm Écart -type (n = 4)	$42,6 \pm 0,3$	$40,7 \pm 0,2$	$44,0 \pm 0,4$	$41,6 \pm 0,3$	$43,0 \pm 0,2$	$43,0 \pm 0,2$
Probabilité et signification	0,010**	<0,010**	0,369^{ns}	0,380^{ns}	0,002**	0,421^{ns}
LSD	1,4	1,3	2,5	2,2	1,1	1,9
CV (%)	3,2	2,9	4,4	3,5	2,7	2,9

DISCUSSION

Les variétés FK 37 et FK 64 ont le même cycle de floraison que la variété témoin (Stam 129 A) en zone sèche, médiane et humide et sont plus précoces que les variétés IRMA-L457 et IRMA-L484. Selon le site et la date de semis, la durée entre la levée des cotonniers et la floraison varie généralement entre 50 à un peu plus de 60 jours dans le bassin cotonnier du Sénégal (Ndour *et al.*, 2007). Les variétés testées sont dans cette gamme de cycle. Toutefois, IRMA-L457 et IRMA-L484 fleurissent et entrent en maturité tardivement par rapport aux variétés FK 37, FK 64 et au témoin vulgarisé (Stam 129 A). La précocité des variétés FK 64 et FK 37 pourrait donc être un atout face aux déficits hydriques souvent enregistrés en campagne (Traoré *et al.*, 2021). En effet, en conditions aléatoires (durée du jour et température très variables au cours des saisons), des variétés à maturité groupée et dans certains cas, à cycle très court sont demandées (Sement, 1986). La FK 64 semble donc être la variété qui répond à ces caractéristiques dans toutes les zones de test.

Le rendement en coton graine contraste moins les variétés alors que le rendement fibre et le poids des cents graines ont permis de les distinguer. Ces résultats ont été aussi obtenus par Clouvel *et al.*, (2007), qui soulignent une faible amélioration du rendement en coton graine de variétés testées alors qu'un effet marqué a été observé sur leurs rendements égrenage et leurs caractéristiques commerciales.

Par ailleurs, selon Munk et Kurby (1993) et Xiang *et al.*, (1994), la distinction des variétés pour la production de fibre, est de nature génétique; ceci expliquerait, les différences de rendements fibres observées, en faveur des variétés, FK 64, FK 37 et IRMA-L457, qui pourrait signifier que celles-ci s'adaptent le mieux dans la zone cotonnière pour l'industrie textile. Ces résultats sont en harmonies avec ceux obtenus avec Bourguou *et al.*, (2020), identifiant la variété FK 64 comme une variété répondante aux attentes du marché international de la fibre au Burkina Faso. Le pourcentage fibre et le poids des 100 graines (SI) sont faiblement liés et évoluent en sens inverse (Hougni *et al.*, 2016), ce qui expliquerait la supériorité de la variété IRMA-L484 pour le poids des 100 graines, qui était en retard dans la production de fibre.

CONCLUSION

L'objectif de notre étude est d'évaluer les performances agronomiques de nouvelles variétés de cotonnier en provenance des systèmes nationaux de recherches agricoles (SNRA), particulièrement du Burkina Faso et du Cameroun, dans les conditions agro-écologiques du Sénégal. Pour ce faire, des essais ont été menés en zone sèche, médiane et humide du bassin cotonnier sénégalais.

Il ressort des comparaisons effectuées que la variété FK 37 est une variété précoce et a un potentiel de production en coton graine et fibre, mais ses périodes de floraison et de maturation ne sont pas homogènes d'une zone à une autre. La variété IRMA-L484 est très tardive dans sa maturité et moins régulière que les autres variétés en termes de précocité. Elle est aussi en retard pour la production en fibre. Il serait donc important de suivre davantage ces deux variétés dans les campagnes à venir. La capacité productive en coton graine et en fibre de IRMA-L457 est importante, mais elle se caractérise par une maturité tardive. La variété FK 64 de par sa précocité et son bon niveau de production a donné les meilleurs résultats et semble être plus une alternative au témoin vulgarisée (Stam 129 A).

Les résultats obtenus sont certes encourageants et porteurs d'espoir pour l'amélioration de la production dans la zone cotonnière sénégalaise mais le travail doit être poursuivi sur la technologie de la fibre.

RÉFÉRENCES

- Badiane D, Gueye M.T, Coly E.V., Faye O. (2015). Gestion intégrée des principaux ravageurs du cotonnier au Sénégal et en Afrique occidentale. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9: 2654-2667.
- Bourguou L., Sanfo D., Diané K.S. (2013). Apports génétiques potentiels de variétés de cotonniers du Brésil à l'amélioration des variétés cultivées des pays du C4: 2. Analyse des caractéristiques technologiques de la fibre. *Tropicicultura*, 31: 231-237.
- Bourguou L., Tarpaga W.V., Diane S.K., Sanfo D. (2020). Évaluation et sélection d'une variété de cotonnier (FK64, *Gossypium hirsutum* L.) au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14: 869-882.
- Clouvel P., Michel-Dounias I., Pichot J.P., Crétenet M. (2007). Organisation de la production cotonnière africaine: de la décolonisation à la libéralisation des filières. In : Paul R. *et al.* (eds). *Histoire et agronomie: entre ruptures et durée*. IRD, Paris , 229-246.

Tableau 6: Seed Index (SI) des variétés en fonction des sites (g)

Objet	Koussanar		Vélingara		Syllacounda	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Stam 129 A	8,5 ± 0,2 ^{ab}	7,75 ± 0,4	7,5 ± 0,5	7,2 ± 0,2 ^b	8,7 ± 0,1 ^b	8,7 ± 0,5
FK 37	8,0 ± 0,1 ^b	8,0 ± 0,7	7,8 ± 0,3	8,5 ± 0,1 ^a	8,4 ± 0,3 ^b	8,5 ± 0,2
FK 64	8,5 ± 0,3 ^{ab}	8,2 ± 0,2	7,9 ± 0,3	7,7 ± 0,2 ^{ab}	8,9 ± 0,1 ^b	8,5 ± 0,2
IRMA-L457	8,2 ± 0,4 ^b	8,7 ± 0,2	8,2 ± 0,2	7,2 ± 0,2 ^b	8,9 ± 0,2 ^b	8,7 ± 0,2
IRMA-L484	9,1 ± 0,1 ^a	8,2 ± 0,2	8,1 ± 0,5	8,2 ± 0,4 ^a	9,6 ± 0,1 ^a	9,0 ± 0,0
Moyenne ± Écart-type (n = 4)	8,5 ± 0,1	8,2 ± 0,1	7,9 ± 0,1	7,8 ± 0,1	8,9 ± 0,1	8,7 ± 0,1
Probabilité et signification	0,050*	0,623^{ns}	0,724^{ns}	0,030*	0,016*	0,691^{ns}
LSD	0,9	1,3	1,1	0,9	0,6	0,8
CV (%)	7,4	10,1	9,8	9,8	5,9	6,5

- Cornillon P.A., Guyader A., Husson F., Jégou N., Josse J., Kloareg M., Matzner-Lober E., Rouvière L. (2010). Statistiques avec R. 2e édition augmentée. France. 263 p.
- Dessauw D. (2014). Le coton africain: évolution des principaux facteurs de production en zone cotonnière. Séminaire du 29 septembre au 03 octobre. Geocoton: Paris, 32 p.
- Ehsan F., Ali A., Muhammad M., Nadeem A., Tahir M., Majeed A. (2008). Comparative Yield Performance of New Cultivars of Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.). *Pak. J. Life Soc. Sci.*, 6: 1-3.
- Fall P.A. (2013). Dossier sur le coton. Disponible sur «http://www.vipeoples.net/dossier-sur-le-coton-bachir-diop-dg-sodefitex-bachir-diop-dg-sodefitex_a2185.html» (Consulté le 11 avril 2017).
- Hofs J.L., Hau B., Marais D. (2006). Boll distribution patterns in Bt and non-Bt cotton cultivars: I. Study on commercial irrigated farming systems in South Africa. *Field Crops Res.* 98: 203-209.
- Hougni A., Imorou L., Dagoudo D., Zoumarou W.N. (2016). Caractérisation agro-morphologique de variétés de cotonnier (*Gossypium hirsutum*) pour une régionalisation économique pour la production du coton au Bénin. *Eur. Sci. Journal*, 12: 210-227.
- MRSI (2014). Catalogue national des espèces et variétés Agricoles du Burkina Faso; 81 p.
- Munk D.S., Kerby T.A. (1993). Acala cotton varietal response to late season water stress. *Proc. Cotton Conf.*, 1340-1341.
- Ndour A., Badiane D., Dia A., Faye A., Kanté M., Khouma O.S. (2007). Rapport d'activité annuel (Campagne 2006/2007); Tambacounda: SODEFITEX-FNPC-ISRA, 98 p.
- Ndour A., Loison R., Gourlot J.P., Ba K.S., Dieng A., Clouvel P. (2017). Changement climatique et production cotonnière au Sénégal: concevoir autrement les stratégies de diffusion des variétés. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 21: 22-35.
- Ndoye O., Roy-Macauly H., Faye M.D., Sangare A., Sérémé P. (2011). La recherche cotonnière en Afrique de l'Ouest et du Centre. In *Glocal, revue africaine sur le commerce et le développement*, N° 4 mars-avril N° 4 mars-avril 2011, Numéro spécial sur le coton, 37-39.
- Payne R.W., Murray D.A., Harding S.A., Baird D.B., Soutar D.M. (2007). GenStat for Windows (10th Edition) Introduction. VSN International, Hemel Hempstead.
- Sarr M., Traoré A., Kanfany G., Ly M.O., Kane S., Gueye M. (2021). Évolution de la production cotonnière au cours des onze dernières années au Sénégal: Études des contraintes liées à la production. *Journal of Applied Biosciences*, 165: 17078 – 17091.
- Sement G. (1986). Le cotonnier en Afrique tropicale. [en ligne]. Paris: Maisonneuve et Larose. Disponible sur «<http://www.nzdl.org/gsdllmod?a=p&p=home&l=en&w=utf-8>».
- SODEFITEX (2014). Carte variétale sur la base du plan de campagne 2013/2014. SODEFITEX: Tambacounda, 1 p.
- Traoré A., Sarr M., Loison R., Diouf L., Ndiaye S. (2021). Contraintes et perspectives de la culture du coton en Afrique de l'Ouest dans un contexte de changement climatique: cas du Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 166: 17168– 17179.
- UEMOA (2010). Coton de l'UEMOA., l'or blanc d'Afrique de l'Ouest à la conquête du marché mondial. Ouagadougou (Burkina Faso): UEMOA- ITC (Centre du Commerce International), 15 p.
- Xiang M.O., Genyuan L.I., Rong G., Fand C.X., Shuljin Z. (1994). The selection of new cotton variety of zongmiansuon. *China Cottons*, 21: 18-20.

Stratégies alimentaires des poulets de chair basées sur des compléments mis au point au Bénin

E. GANGBEDJI¹, M.F. HOUNDONOUGBO¹, F. DOKUI¹, V.P. HOUNDONOUGBO¹, A.F. SOVISSI², K. TONA²

(Reçu le 08/04/2023; Accepté le 29/04/2023)

Résumé

L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'effet de la forme de présentation et du mode de distribution des aliments sur les performances des poulets de chair nourris à base de compléments mis au point au Bénin. L'essai a porté sur 400 poussins Ross, répartis en 5 traitements alimentaires de 4 répétitions de 20 poussins élevés sur litière pendant 7 semaines. Les traitements étaient basés sur deux aliments présentés sous forme farineuse et granulée. Il s'agit d'un aliment complet et d'un complément alimentaire protéique au maïs grain. Les traitements ont été respectivement, les aliments complets farineux et granulé (ACF et ACG) qui ont été les témoins et servi en continu; le complément farineux et le complément granulé servi en séquentiel (CFm et CGm) et le complément granulé mélangé au maïs servi en continu (CGM). Les résultats ont montré que le complément granulé permet une meilleure croissance pondérale alors que le complément farineux donne une meilleure rentabilité en mode séquentiel.

Mots clés: Compléments alimentaires, mode de distribution, Forme de présentation, poulets de chair, Bénin

Broilers feeding strategies based on supplements developed in Benin

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of feed form and delivery mode on the performance of broilers fed supplements developed in Benin. The trial involved 400 Ross chicks, divided into 5 feed treatments of 4 replicates of 20 chicks raised on litter for 7 weeks. The treatments were based on two feeds presented in mash and pellet form. These were a balanced feed and a protein feed supplemented with corn grain. The treatments were respectively, the balanced mashed and pelleted feed (ACF and ACG) which were the control and fed continuously; the mashed and pelleted supplement fed sequentially (CFm and CGm) and the pelleted protein supplement mixed with corn fed continuously (CGM). The results showed that the pelleted protein supplement provided better weight growth while the mashed supplement provided better profitability in sequential mode.

Keywords: Feed complements, distribution mode, presentation form, broilers, Benin

INTRODUCTION

Dans de nombreux pays du Sud, la croissance démographique, l'urbanisation ainsi que les changements d'habitudes alimentaires ont entraîné une augmentation de la demande en produits animaux Rae et Ngaya (2010). Pour satisfaire cette demande sans cesse croissante, la production avicole est sollicitée de par sa capacité à mettre à la disposition de la population de la protéine animale dans un cycle de production très court. Ainsi, les poulets de chair à croissance rapide qui sont des souches élevées pour atteindre 2,5 kg de poids corporel à l'âge de cinq à sept semaines est une solution pour répondre à cette demande en produits carnés. Cependant, le développement de cette filière est limité par certaines contraintes telles que l'alimentation. Selon Houndonougbou *et al.*, (2012), Les coûts liés à l'alimentation sont les principaux facteurs des élevages commerciaux de volailles. Le coût alimentaire est en effet une préoccupation majeure pour toute industrie avicole puisqu'il compte pour environ 60 à 70% du coût total de production des poulets de chair (Khdr *et al.*, 2019). La rareté et la cherté de certaines matières premières comme le maïs et surtout du tourteau de soja, principale source de protéine en aviculture, constituent une limite au développement de ce secteur en Afrique subsaharienne et particulièrement au Bénin Adouko *et al.*, (2019). En plus, le renchérissement du coût de l'alimentation est aggravé par la volatilité des prix des matières premières, ce qui fragilise les éleveurs et particulièrement les producteurs d'animaux à cycle court tels que les porcs et les volailles dont l'alimentation est composée de 75% de céréales

(Kambashi *et al.*, 2010). A ce propos, Noirot *et al.*, (1998) ont affirmé qu'en production avicole, comme chez la plupart des monogastriques, les céréales représentent 60 à 70% des aliments composés. Cependant, le maïs qui occupe une part prépondérante dans la composition des aliments est malheureusement peu stocké par les fournisseurs de matières premières pour volaille; ce qui entraîne une perpétuelle fluctuation du prix des aliments complets agissant ainsi sur la rentabilité. Pour y remédier, chaque aviculteur cherche à composer ces aliments selon une formule de son choix malgré leur manque de compétence en formulation d'aliment. Or, ce type d'élevage est grand consommateur d'intrants dont certains sont importés (FAO, 2015).

Au Bénin, une bonne part des éleveurs est également producteur de céréales telles que le maïs et l'autre part est en mesure de s'en procurer dans son environnement immédiat à un prix plus bas que le prix auquel le fabricant d'aliment le leur vend dans l'aliment complet ou seul. Dans ce cas, la mise au point d'un aliment pouvant respecter les combinaisons nécessaires d'ingrédients difficiles à réaliser par le commun des éleveurs et utilisable en complément au maïs peut s'avérer une opportunité pour booster la production des poulets de chair au Bénin. Pour cela, des techniques innovantes d'alimentation autres que l'alimentation complète en continu sont nécessaires. Au cours des dernières décennies, de nouvelles méthodes de fractionnement du régime alimentaire telles que l'alimentation séquentielle, l'alimentation séparée et l'alimentation mélangée ont été étudiées et ont montré leurs avantages et limites (Bouvarel *et al.*, 2004; Bouvarel, 2009; Chagneau *et al.*, 2009;

¹ Laboratoire de Recherche Avicole et de Zoo-Economie, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

² Centre d'Excellence Régional sur les Sciences Aviaires, Université de Lomé, Togo

Batonon, 2014; Traineau *et al.*, 2014; Fosoul *et al.*, 2016; Kpomasse *et al.*, 2020). Alors, l'alimentation de la volaille à base des compléments protéiques au maïs grain mis au point au Bénin suivant ces nouvelles méthodes d'alimentation pourrait améliorer la rentabilité l'élevage des poulets de chair et constituer d'autres ouvertures aux industries d'aliment de volaille. L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'effet de la forme de présentation et du mode de distribution des compléments alimentaires mis au point au Bénin sur les performances bio-économiques des poulets de chair afin d'améliorer la rentabilité du secteur avicole.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude s'est déroulée au Laboratoire de Recherche Avicole et de Zoo-économie (LaRAZE) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC).

Animaux et dispositif expérimental

L'essai a porté sur 400 poussins chair d'un jour, de souche Ross et d'un poids moyen de 47,6 g. Les poussins ont été répartis en 5 traitements de 80. Chaque traitement est subdivisé en 4 répétitions de 20 poussins chacune. Les poussins ont été élevés au sol sur litière à une densité de 20 poussin/m² au démarrage et de 05 poussin/m² à la phase de croissance. L'essai a duré 07 semaines, dont 03 semaines de démarrage et 04 semaines de croissance. L'expérimentation a été menée pendant la phase de croissance. Après l'étude de performance de croissance, 02 poulets de chair par répétition, soit 08 poulets de chair adultes par traitement, ont été abattus pour étudier le rendement carcasse des poulets issus des différents traitements.

Traitements et alimentation

Pendant la phase de démarrage, tous les poussins ont été uniformément nourris avec un seul aliment complet servi en continu. Mais au cours de la phase croissance ou phase expérimentale proprement dite, les traitements ont été basés sur deux aliments: un aliment complet et un complément alimentaire protéique servi en complémentarité avec le maïs grain concassé (Tableau 1). Ces deux aliments ont été présentés sous deux formes: farineuse et granulée. Les aliments complets farineux et granulés ont été les témoins de l'expérimentation. Ces traitements témoins ont été servis en continu et les traitements expérimentaux en mode séquentiel ou mélangé. Les différents traitements étaient respectivement: l'Aliment Complet Farineux (ACF); l'Aliment Complet Granulé (ACG); le Complément Granulé Mélangé au maïs (CGM); le Complément Farineux servi le matin et le maïs l'après-midi (CFm) et le Complément Granulé servi le matin et le maïs l'après-midi (CGm). Le premier repas était servi à 07 h et le second à 13 h. Le complément protéique a été formulé de manière à ce que 43% de ce dernier avec 57% du maïs puisse avoir les mêmes compositions nutritionnelles que l'aliment complet. Les traitements CFm et CGm ont été comparés pour déterminer la forme de présentation des compléments alimentaires la plus indiquée en production des poulets de chair. Les cinq différents traitements, ACF, ACG, CFm, CGm, et CGM, ont été comparés entre eux pour déterminer le mode de distribution de l'aliment le plus adéquat. Le tableau 1 présente la formule alimentaire et la composition nutritionnelle des aliments. L'abreuvement a été *ad libitum*. Les mesures de prophylaxie sanitaire et de prophylaxie médicale ont été respectées pour éviter et prévenir l'apparition d'éventuelles pathologies. Les mortalités au cours l'expérimentation ont été négligeables.

Tableau 1: Composition alimentaire et nutritionnelle des aliments

Ingrédients alimentaires	Démarrage	Croissance	
	Aliment complet de démarrage (%)	Aliment complet (%)	Complément alimentaire (%)
Maïs jaune	57,0	57,0	0,0
Son de blé	4,00	4,00	9,20
Tourteau soja	18,0	21,0	48,6
Soja graine	15,6	13,0	30,1
Coquille d'huile	2,00	1,50	3,50
Lysine	0,20	0,15	0,30
Méthionine	0,20	0,30	0,70
Phosphate bicalcique	1,10	1,25	2,90
NaCl	0,30	0,10	0,70
Concentrée chair	1,50	1,50	3,50
Premix	0,10	0,25	0,60
Constituants nutritionnels	Apports nutritionnels calculés		
Matière sèche (%)	89,3	89,2	85,3
Énergie Métabolisable (Kcal/Kg)	3093	3067	2528
Protéine brute (%)	22,3	22,6	38,6
Lysine (%)	1,17	1,15	2,34
Méthionine (%)	0,51	0,61	1,15
Acide Aminé Soufré (%)	0,85	0,95	1,71
Calcium (%)	1,08	0,92	2,09
Phosphore (%)	0,64	0,67	1,15
Sodium (%)	0,13	0,05	0,29
Cellulose brute (%)	4,18	4,22	6,38
Matière grasse (%)	5,56	5,08	6,48

Collecte et analyse de données

La consommation alimentaire et le gain de poids ont été périodiquement quantifiés. Le prix de l'aliment est collecté à chaque fabrication. Le poids vif final, le poids de la carcasse et des parties de la carcasse (cuisse, bréchet, gésier, foie, rate, cœur, tête et patte) ont été collectés également. Les données collectées ont permis de calculer les différents paramètres zootechniques tels que l'Ingestion Alimentaire (IA); le Gain Moyen Quotidien (GMQ); l'Indice de Consommation (IC); le Coût Alimentaire (CA); l'Indice d'Efficiences Alimentaire (IEA); le Rendement en Carcasse (RC) ainsi que les rendements des différentes parties de carcasse telles que: le rendement en cuisse (Rc), en bréchet (Rb), en gésier (Rg), en tête et patte (Rtp). Les données collectées ont été traitées dans Excel et analysées avec le logiciel R 3.5.1. Le test T de Student a été utilisé pour comparer les formes de présentation des compléments alimentaires. L'analyse de variance ANOVA à un facteur a été utilisée quant à elle pour comparer les différents modes de distribution d'aliment. Les valeurs moyennes des variables ont été présentées dans des tableaux avec les erreurs standards et les probabilités (P) issues de la comparaison des moyennes. L'effet du mode distribution de l'aliment est dit significatifs lorsque $P < 0,05$.

$$Y_i = \mu + R_i + \varepsilon_i$$

Y_i = Observation des variables dépendantes, μ = Moyenne générale, R_i = Effet fixe du mode.

Tableau 2: Paramètres bio-économiques des poulets de chair nourris à base de différentes formes de présentation du complément alimentaire

Paramètres étudiés	Forme des Complément alimentaire		Probabilités
	Farineuse	Granulée	
Performances de croissance			
Ingestion alimentaire (g/j/sujet)	111,3 ± 0,99	115,0 ± 2,30	0,215
Gain moyen quotidien (g/jour)	53,7 ± 0,74	57,9 ± 1,61	0,072
Indice de consommation	2,11 ± 0,02 ^a	1,99 ± 0,03 ^b	0,014
Performances économiques			
Coût alimentaire (FCFA d'alt./Kg de PV)	559,9 ± 11,8	613,1 ± 20,2	0,073
Indice d'efficacité alimentaire	2,10 ± 0,06 ^a	1,90 ± 0,03 ^b	0,038
Étude de carcasse			
Rendement carcasse (%)	78,5 ± 0,61	79,1 ± 0,74	0,583
Rendement cuisse (%)	5,98 ± 0,13	5,93 ± 0,03	0,740
Rendement bréchet (%)	24,5 ± 0,51	24,0 ± 0,93	0,599
Rendement gésier (%)	2,42 ± 0,14	2,29 ± 0,08	0,486
Rendement tête et patte (%)	7,11 ± 0,41	6,54 ± 0,26	0,297

a, b, c les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes; effet non significatif, $p > 0,05$; effet significatif, $p < 0,05$; PV: poids vif; alt: aliment.

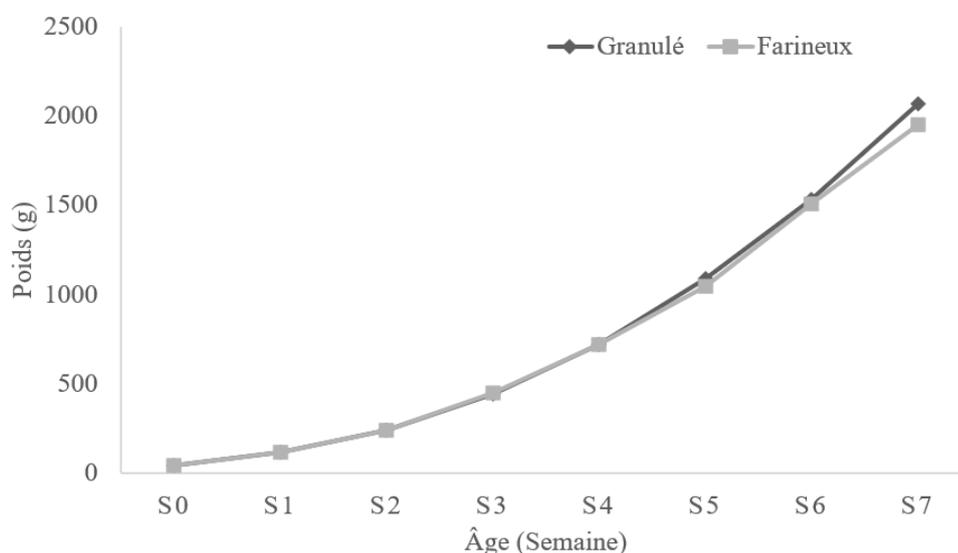


Figure 1: Évolution de la croissance pondérale des poulets de chair nourris à base de différentes formes de présentation du complément alimentaire

RÉSULTATS

Effet de la forme de présentation des compléments alimentaire sur les performances bio-économiques des poulets de chair

Le tableau 2 et la figure 1 présentent l'évolution des performances bio-économique des poulets de chair soumis à différentes formes de présentation du complément alimentaire. L'ingestion alimentaire, le gain moyen quotidien, le coût alimentaire et l'étude de rendement carcasse des poulets nourris avec le complément farineux étaient statistiquement identiques à ceux soumis au complément granulé. Cependant, l'indice de consommation des poulets nourris au complément granulé était significativement meilleur par rapport à ceux des poulets soumis au complément farineux. Par contre, l'indice d'efficacité alimentaire des poulets de chair nourris à base du complément farineux étaient significativement meilleur (+0,2) comparativement à l'indice de ceux alimentés avec du complément granulé.

Au cours de l'expérimentation, la croissance pondérale (Figure 1) des poulets de chair soumis au complément farineux était similaire à celles nourris par le complément granulé. Toutefois, à 07 semaines d'âge, le poids vif moyen des poulets était plus élevé dans le traitement alimentaire granulé (2066 g) que dans celui farineux (1953 g).

Effet du mode de distribution des aliments sur les performances bio-économiques des poulets de chair nourris à base des compléments alimentaires

Le tableau 3 et la figure 2 présentent les performances bio-économiques des poulets de chair soumis aux différents modes de distribution des aliments. En effet, l'indice de consommation et le rendement de la carcasse ainsi que le rendement des parties de la carcasse, à l'exception du rendement en bréchet, étaient statistiquement similaires entre les poulets soumis aux différents traitements. Cependant, il y avait de différence significative entre les différents traitements en ce qui concerne l'ingestion alimentaire, le gain moyen quotidien le coût alimentaire, l'indice d'efficacité alimentaire et le rendement en bréchet. En effet, les poulets soumis au CGm avaient la meilleure ingestion suivis des poulets soumis au ACF et CFm qui avaient une ingestion semblable entre eux. Les poulets ACF et CGm avaient les plus faibles ingestions. Les différences par rapport au témoin farineux (ACF) étaient de +0,61; -1,36; +4,28 et -3,15 g/j/sujet, respectivement pour CFm, ACF, CGm et

CGM. Comparé au témoin granulé (ACG), les différences étaient de +1,36; +1,97; +5,64 et -1,79 g/j/sujet, respectivement pour ACF, CFm, CGm et CGM. Le gain moyen quotidien quant à lui était meilleur chez les poulets soumis aux aliments ACF et CGm mais faible chez les poulets soumis à l'aliment ACF, CFm et CGM.

Le coût alimentaire était statistiquement plus élevé chez les poulets soumis aux aliments CFm, ACF, CGm et CGM par rapport à ceux soumis à l'aliment ACF. Cependant, les traitements ACF, CFm et ACF avaient les indices d'efficacité alimentaire les plus élevés que ceux des traitements CGM et CGM.

La figure 2 présente une différence significative entre la croissance pondérale des différents traitements. En effet, les traitements ACF et CGm ont présenté les meilleures croissances pondérales (2157 et 2066 g). Ces mêmes traitements ainsi que le traitement CFm ont montré les meilleurs rendements en bréchet (Tableau 3). La granulation de l'aliment a donc amélioré la croissance pondérale des poulets de chair.

Tableau 3: Paramètres bio-économiques des poulets de chair soumis à différents modes de distribution d'aliment à base des compléments alimentaires

Paramètres étudiés	Mode de distribution d'aliment					Pr.
	ACF	CFm	ACG	CGm	CGM	
Performances de croissance						
IA	110,7 ± 2,65 ^{ab}	111,3 ± 1,99 ^{ab}	109,4 ± 0,15 ^b	115,0 ± 4,61 ^a	107,6 ± 3,38 ^b	0,010
GMQ	54,9 ± 1,43 ^b	53,7 ± 1,49 ^b	60,7 ± 1,92 ^a	57,9 ± 3,22 ^a	53,4 ± 1,94 ^b	0,000
IC	2,03 ± 0,07	2,11 ± 0,03	1,96 ± 0,14	1,99 ± 0,05	2,03 ± 0,17	0,455
Performances économiques						
CA	461,2 ± 10,8 ^b	559,9 ± 23,6 ^a	574,8 ± 84,2 ^a	613,1 ± 40,3 ^a	591,9 ± 39,2 ^a	0,000
IEA	2,18 ± 0,07 ^a	2,10 ± 0,12 ^a	2,13 ± 0,07 ^a	1,90 ± 0,06 ^b	1,99 ± 0,13 ^{ab}	0,005
Étude de carcasse						
RC (%)	79,6 ± 1,82	78,5 ± 1,22	80,1 ± 1,30	79,1 ± 1,49	78,1 ± 0,98	0,117
Rcu (%)	5,94 ± 0,21	5,98 ± 0,27	5,76 ± 0,14	5,93 ± 0,06	5,94 ± 0,18	0,481
Rb (%)	22,5 ± 2,28 ^{ab}	24,5 ± 1,02 ^a	25,0 ± 1,16 ^a	24,0 ± 1,85 ^a	21,2 ± 1,49 ^b	0,004
Rg (%)	2,40 ± 0,09	2,42 ± 0,29	2,04 ± 0,22	2,29 ± 0,17	2,40 ± 0,22	0,078
Rtp (%)	7,11 ± 1,00	7,11 ± 0,83	6,75 ± 0,61	6,54 ± 0,52	7,81 ± 0,92	0,108

a, b, c les moyennes suivies de lettres différentes au sein d'une même ligne sont significativement différentes; effet non significatif, p > 0,05; effet significatif, p < 0,05; PV: poids vif; alt: aliment; Pr: probabilité; IA: Ingestion Alimentaire (g/j/sujet); GMQ: Gain Moyen Quotidien (g/jour); IC (g d'alt/g de gain de poids): indice de consommation; CA: coût alimentaire ((FCEA d'alt/Kg de gain de poids); IEA: indice d'efficacité alimentaire ((FCEA d'alt/ FCEA du kg de poids vif); RC: rendement carcasse comestible; Rcu: rendement en cuisson; Rb: rendement en bréchet; Rg: rendement en gésier; Rtp: rendement en tête et patte; ACF: aliment complet farineux; ACG: aliment complet farineux; CFm: complément farineux servi le matin et maïs servi dans l'après-midi; CGm: complément granulé servi le matin et maïs servi dans l'après-midi; CGM: mélange simultané du complément granulé et du maïs concassé.

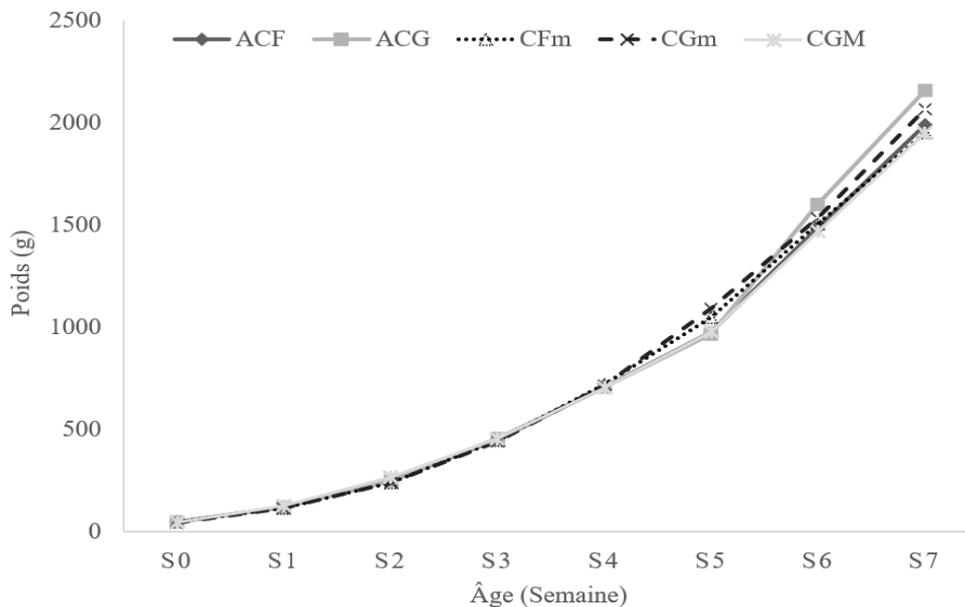


Figure 2: Évolution de la croissance pondérale des poulets de chair soumis à différents modes de distribution d'aliment à base des compléments alimentaires

DISCUSSION

Effet de la forme de présentation du complément alimentaire

En fonction de la forme de présentation du complément alimentaire, la différence significative observée au niveau de l'indice de consommation et de l'indice d'efficacité alimentaire traduit l'impact de la forme de présentation du complément alimentaire sur les performances bio-économiques des poulets de chair. En effet, les poulets soumis au complément granulé ont présenté de meilleur indice de consommation (-0,12) par rapport à ceux nourris avec le complément farineux. Ce meilleur indice de consommation traduit une meilleure utilisation du complément granulé pour un dépôt plus conséquent de chair chez le poulet de chair. Ce résultat pourrait s'expliquer par l'apport du complément qui regroupe la protéine, les acides aminés essentiels, les minéraux et vitamines sous forme de granule pour éviter le tri des particules grossières et la perte des fines particules par le poulet. Ce résultat justifierait le meilleur gain moyen quotidien et par conséquent la meilleure croissance pondérale obtenue par ce traitement. Ces résultats sur l'indice de consommation, le gain moyen quotidien et le poids vif final confirment ceux de plusieurs auteurs (Ross Tech, 2007; Chagneau *et al.*, 2009; Houndonougbo *et al.*, 2012; Massuquetto *et al.*, 2019) qui ont obtenu de meilleures performances de croissance (GMQ, Poids vif et IC) en alimentant des poulets de chair avec les aliments granulés comparativement aux aliments farineux. Les IC (1,99 à 2,11) obtenus au cours de cette étude sont meilleurs que à ceux (2,39 à 2,77 et 2,24 à 2,42) respectivement rapportés par Houndonougbo *et al.*, (2012) et Ahossi *et al.*, (2016). Ces indices sont par contre moins intéressants que ceux (1,90 à 1,94) rapportés par Zelal *et al.*, (2020) en étudiant l'effet de différente taille de granulé sur les performances de poulet de chair. Ces indices sont également moins bon que ceux (1,57 à 1,57) obtenus par Khdr *et al.*, (2019) en étudiant l'effet des aliments farineux et granulés commerciaux sur les performances des poulets de chair. Aussi, la meilleure recette obtenue dans cette étude en investissant une unité de monnaie dans l'alimentation des poulets de chair à base de complément farineux comparé au complément granulé (2,10 vs 1,90) montre-t-elle que la forme farineuse est plus rentable. Cette rentabilité est due au coût alimentaire des poulets soumis au complément granulé qui est beaucoup plus élevé que celui de ceux nourris à base du complément farineux. Ce coût élevé résulte du coût de la granulation et du mélange de l'aliment qui se révèle plus de huit fois le coût de la mouture et du mélange de l'aliment farineux au Bénin. La meilleure rentabilité obtenue au cours de cette étude avec le complément farineux concorde avec les résultats des travaux de Houndonougbo *et al.*, (2012) lorsqu'ils étudiaient l'effet du processus de fabrication des aliments sur la qualité et les performances économique des poulets de chair et ceux de Khdr *et al.*, (2019) qui ont trouvé que la granulation de l'aliment améliore la conversion alimentaire mais son inconvénient est qu'elle est 10% plus chère que les autres formes d'aliment.

Effet du mode de distribution de l'aliment

En comparant les modes de distribution des compléments, les paramètres bio-économiques tels que l'Ingestion Alimentaire (IA), le Gain Moyen Quotidien (GMQ), la croissance pondérale, le Rendement en bréchet (Rb), le Coût Alimentaire (CA) et l'Indice d'Efficacité Alimentaire (IEA) ont

été significativement influencés par le mode de distribution des aliments. En effet, l'IA a été plus élevée chez les poulets nourris au complément granulé en mode séquentiel (CGm) suivis des traitements farineux CFm et ACF; alors qu'elle était plus faible chez les poulets des traitements ACG et CGM. Ces résultats d'IA pourraient s'expliquer par l'apport des repas protéiques et énergétiques à différents moments de la journée. Les oiseaux poussés par l'effet de nouveauté, consomment plus que ceux qui sont nourris avec le même aliment en deux repas. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Chrysostome *et al.*, (2010) qui ont montré que la consommation des coquelets est plus élevée en système cafétéria qu'en système alimentation complète. Cependant, ils diffèrent de ceux de Allanonto (2011) qui a noté que les poulets ayant consommés l'aliment séparé à base de maïs grain broyé ont eu une consommation alimentaire moins importante que ceux nourris avec l'aliment mélangé à base de maïs grain broyé. Ils sont également différents de ceux de Fosoul *et al.*, (2016) et de Bizeray *et al.* (2002) qui ont trouvé une faible consommation alimentaire avec le groupe séquentiel que le groupe mélangé. Toutefois, la similarité d'ingestion les poulets des traitements d'aliment farineux (continu et séquentiel) ACF et CFm montre une absence d'influence liée au mode d'alimentation en cas de la présentation de l'aliment sous forme de farine; ce qui n'est pas le cas lorsque l'aliment est granulé. Les poulets soumis aux traitements ACG et CGm ont présenté les meilleurs GMQ, poids vifs finaux et IC. La similarité de performances de croissance obtenue entre les poulets ACG et CGm signifie que le complément granulé servi en mode complémentaire séquentiel avant le maïs permet d'avoir les mêmes performances de croissance que l'aliment complet granulé servi en continu. De plus, le rendement en bréchet qui est un morceau de choix de la viande de poulet était similaire dans ces deux traitements. Le complément granulé peut donc être bien servi dans la matinée suivi du maïs concassé en début de l'après-midi afin de soulager la tâche liée au mélange d'une part et réduire le coût de l'aliment dans des régions où le maïs est disponible à bas prix d'autre part. Toutefois, une supériorité de la croissance pondérale a été notée avec ACF par rapport à CFm. La supériorité statistique des performances de croissance observée entre le témoin (ACG) et le mélange (CGM) malgré leur similarité d'ingestion alimentaire signifie que ce dernier mode de distribution de l'aliment serait moins adapté en alimentation des poulets de chair à base de complément granulé pour booster la croissance. Les performances en IC (1,96 à 2,11), poids vif final (1949 à 2156 g) et rendement en bréchet (21,2 à 25,0 %) obtenus au cours de cette étude sont meilleurs à ceux (3,36 à 3,57; 1687 à 1757 g et 16,2 à 17,6%) rapportés par Kpomasse *et al.*, (2020) chez les poulets Sasso. Cette supériorité pourrait se justifier par le fait que le poulet Sasso est une souche à croissance lente contrairement à la souche Ross à croissance rapide utilisée dans cette étude. Ces résultats sont également plus intéressants que ceux (2,14 à 32,0; 30,5 à 36,2 g/j et 1534 à 1812 g) respectivement pour l'IC, le GMQ et le poids vif final obtenus par Houndonougbo *et al.*, (2012).

Les performances économiques quant à elles ont présenté une différence très significative entre les traitements. En effet, les poulets nourris à l'aliment complet farineux ont présenté un meilleur coût alimentaire comparativement aux autres traitements. La différence du CA entre les poulets des traitements granulés (ACG, CGm et CGM) et les poulets nourris avec ACF est due au coût de la granulation

de l'aliment. Mais, la différence de coût alimentaire entre les poulets ACF et CFm démontre un effet du mode de distribution de l'aliment. Aussi, l'utilisation du complément farineux en mode séquentiel avec le maïs concassé augmente le coût alimentaire comparativement à l'alimentation farineuse complète en continu. Ce résultat est contraire à ceux de Adzona *et al.*, (2019) qui ont obtenu de plus faible coût de production chez les poulets de chair nourris en mode séquentiel qu'en mode continu avec un aliment farineux. Cependant, la recette réalisée en investissant une unité de monnaie dans l'alimentation a été semblable et supérieure au niveau des traitements ACF, CFm et ACG par rapport au traitement CGm qui a permis d'obtenir la plus faible recette. La similarité de recette obtenue avec le témoin ACF et le complémentaire CFm signifie que le complément farineux servi en mode complémentaire séquentiel est tout autant rentable que l'aliment complet servi en continu. Par contre, la supériorité de la recette réalisée avec le témoin granulé (ACG) par rapport au mode complémentaire séquentiel pourrait s'expliquer par la différence de mode de distribution des aliments. Ainsi, la granulation conviendrait plus en alimentation complète.

Il est à noter que globalement l'alimentation à base de complément farineux en mode séquentiel est aussi rentable que l'alimentation complète en continu. Mais, l'utilisation de complément granulé offre de potentiel économique surtout dans le contexte béninois où les éleveurs sont en mesure de trouver le maïs dans leurs environnements immédiats à bas prix. Ainsi, en adoptant l'alimentation à base des compléments protéiques mis au point, l'éleveur économisera d'une part sur le coût du transport par la réduction du volume d'aliment à acheter chez le fabricant d'aliment et d'autre part sur le coût du maïs qu'il pourra trouver dans son environnement immédiat moins cher que chez le fabricant d'aliment. Par conséquent, le complément farineux peut être recommandé aux éleveurs qui visent une meilleure rentabilité de l'élevage des poulets de chair. Mais dans un contexte de diminution significative du coût de granulation, le complément granulé est à préférer pour une meilleure productivité et rentabilité.

CONCLUSION

Cette étude sur les stratégies alimentaires des poulets de chair, basée sur les compléments alimentaires mis au point au Bénin, a montré que le complément granulé permet une meilleure croissance pondérale alors que le complément farineux une meilleure rentabilité. Toutefois, d'autres études visant à varier davantage les modes de distribution ainsi que l'étude de digestibilité des compléments peuvent être réalisées pour une meilleure valorisation des résultats.

RÉFÉRENCES

- Adouko J., Koutonin B., Soha A., Ohouko F., Dougnon T. J. (2019). Évaluation de l'effet de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* sur la qualité des œufs de poule ISA Brown. *Revue Internationale des Sciences Appliquées*, 2/ 40-47.
- Adzona P.P., Bonou G.A., Bati J.B., Ndinga F.A., Onzomoko L.D., Itoua P.L., Kiki P.S., Dotchet I.O., Banga-Mboko H., Yousao A. K. (2019). Influence du tourteau de sésame en alimentation fractionnée séparée et séquentielle sur les performances zootechniques et économiques du poulet de chair standard de la souche Cobb 500. *RISA*, 2: 1-11.
- Ahossi P.K., Dougnon J.T., Kiki P.S., Houessionon J.M. (2016). Effects of Tridax procumbens Powder on Zootechnical, Biochemical Parameters and Carcass Characteristics of Hubbard Broiler Chicken. *Anim. Health Prod.*, 4: 15-21.
- Allanonto V. (2011). Alimentation séparée ou mélangée à base de maïs chez le poulet de chair en saison fraîche au Sénégal. Thèse Vétérinaire Dakar, 94 p.
- Bizeray D., Leterrier C., Constantin P., Picard M., Faure J.M., (2002). Sequential feeding can increase activity and improve gait score in meat-type chickens. *Poult. Sci.*, 81: 1798-1806.
- Bouvarel I. (2009). Variations d'ingestion chez le poulet de chair lors d'une alimentation séquentielle Thèse de doctorat de l'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, Paris, n°19, 129 p.
- Bouvarel I., Barrier-Guillot B., Larroude P., Boutten B., Leterrier C., Merlet F., Vilarino M., Roffidal L., Tesseraud S., Castaing J., Picard M. (2004). Sequential feeding programs for broiler chickens: twenty-four- and forty eight-hour cycles. *Poultry Science*, 83: 49-60.
- Chagneau A.M., Lecuelle S., Lescoat P., Guillaumin J.-M., Quentin M., Bouvarel I. (2009). Effets du mode de distribution et de la présentation de l'aliment sur les performances du poulet de chair à croissance rapide. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009: 1-4.
- Chrysostome C.A.A.M., Houndonougbo F. M., Kpomasse C.C. (2010). Stratégie alimentaire des coquelets en zone tropicale: Ration complète comparée au système cafétéria. *Livestock Research for Rural Development*, 22: 1-17.
- FAO (2015). Secteur Avicole Bénin. Revues nationales de l'élevage de la division de la production et de la santé animales de la FAO. No. 10, Rome.
- Fosoul S.S.A.S., Toghiani M., Gheisari A., Tabeidiyan S.A., Mohammadrezaei M., A. Azarfar (2016). Performance, immunity and physiological responses of broilers to dietary energy and protein sequential variations. *Poult. Sci.*, 95: 2068-2080.
- Houndonougbo M.F., Chwalibog A., Chrysostome C.A.A.M., (2012). Effect of processing on feed quality and bio-economic performances of broiler chickens in Benin. *Int. J. Appl. Poult. Res.*, 1: 47-54.
- Kambashi M.B., Boudry C., Picron P., Moulou D., Kiatoko H., Thewis A., Bindelle J. (2010). La valorisation des aliments non conventionnels dans les systèmes d'élevage porcin RDC. In "Contributions de la formation et de la recherche agronomiques et développement durable du Congo".
- Khdr N.E., Ismael T.E., Salih Fatma M. (2019). Effects of commercial pellet and mash feed on performance of broiler chickens *Benha Veterinary Medical Journal*, 36: 367-372.
- Kpomasse C.C., Sodjinou B., Voemesse K., Houndonougbo F.M. and TONAK. (2020). Effect of sequential feeding with variations in energy and protein levels on performances of sasso broilers under hot and humid climate. *Int. J. Poult. Sci.*, 19: 416-423.
- Massuquetto A., Panisson J. C., Marx F.O., Surek D., Krabbe E. L., Maiorka A. (2019). Effect of pelleting and different feeding programs on growth performance, carcass yield, and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science* 98: 5497-5503.
- Noirot V., Bouvarel I., Barrier-Guillot B., Castaing J., Zwick J. L., Picard M., (1998). Céréales entières pour les poulets de chair: le retour, *INRA Prod. Anim.*, 11: 349-357.
- Rae A., Ngaya R. (2010). Trends in consumption, production, and trade in livestock and livestock products. In: *Livestock in a changing landscape: Drivers, consequences and responses*, Vol. 1 (Eds. Steinfeld H., Mooney H.A., Schneider F., Neville L.E.). Island Press, Washington, USA, p. 11-33
- Transition pour le Développement Holistique (2010). Caractérisation et Géo référencement des exploitations avicoles commerciales et des marchés de volailles vivantes au Bénin. Rapport final, *DE/MAEP/AIDB/UA-IBAR*, Mai 2010, pp168.
- Zelal A.A. (2020). Effect of use different pellet lengths on performance of broiler chicken, *J. Bio. Innov.*, 9: 1520-1531.

Relation entre les métabolites secondaires de *Genista aspalathoides* et la production de méthane *in vitro* chez les caprins

Oumayma HAMMAMI¹, Houcine SELMI², Ali FERCHICHI¹

(Reçu le 10/04/2023; Accepté le 01/05/2023)

Résumé

La fermentation entérique est une source d'émission de gaz à effet de serre. Cette recherche a porté sur la valorisation d'une espèce arbustive *Genista aspalathoides* du Nord-Ouest de la Tunisie (Tabarka), par la détermination des métabolites secondaires (phénoliques totaux, flavonoïdes totaux et tanins condensés), ainsi que l'évaluation de la méthanogenèse *in vitro* chez les caprins. Le criblage phytochimique a été déterminé par des méthodes *in vitro*. La teneur en cellulose brute, qui limite leur digestibilité, était faible (5,79 %). La teneur en protéines brutes était de 1,88 g/kg MS. *Genista aspalathoides* était riche en composés phénoliques, en particulier en tanins condensés (11,3 mg EC/g MS) qui inhibaient la production de méthane. Les résultats élevés des paramètres de fermentation *in vitro* (digestibilité de la matière organique, énergie métabolisable et acides gras totaux) montrent l'efficacité des chèvres à ingérer des fibres alimentaires.

Mots-clés: Fermentation entérique, *Genista aspalathoides*, Nord-Ouest Tunisie, méthane, métabolites secondaires, caprins

Relationship between the secondary metabolites of *Genista aspalathoides* and *in vitro* production of methane in goats

Abstract

Enteric fermentation is a source of greenhouse gas emissions. This research focused on the valorization of a shrubby species *Genista aspalathoides* from the North-West of Tunisia (Tabarka), by the determination of secondary metabolites (total phenolics, total flavonoids and condensed tannins), as well as the evaluation of the *in vitro* methanogenesis in goats. Phytochemical screening was determined by *in vitro* methods. The crude fiber content, which limits their digestibility, was low (5.79%). The crude protein content was 1.88 g/kg DM. *Genista aspalathoides* was rich in phenolic compounds, particularly condensed tannins (11.3 mg EC/g DM) which inhibited methane production. The high results of *in vitro* fermentation parameters (digestibility of organic matter, metabolizable energy and total fatty acids) show the efficiency of goats in ingesting dietary fibre.

Keywords: Enteric fermentation, *Genista aspalathoides*, North-West Tunisia, methane production, secondary metabolites, goats

INTRODUCTION

La lutte contre le changement climatique est le grand défi à l'échelle mondiale. La réduction des émissions gazeuses d'origine entérique et leur impact environnemental est urgent en raison de la croissance du secteur d'élevage pour assurer la sécurité alimentaire et nourrir une population mondiale de plus en plus nombreuse, riche et urbanisée (Gerber *et al.*, 2014). La fermentation entérique est la principale source d'émissions de méthane (FAO, 2013; Gerber *et al.*, 2014), qui contribue à des émissions quantifiables dans les pays où l'élevage des ruminants au pâturage a un rôle économique considérable (Vermorel *et al.*, 2008) (35-40 % du PIB agricole en Tunisie). En Tunisie, l'élevage caprin est essentiellement présent dans les régions montagneuses du Nord du pays. Dans la région subéricole de Tabarka, le couvert végétal a une importance capitale dans l'alimentation des troupeaux (Kayouli et Buldgen, 2001). La végétation spontanée, notamment les arbustes fourragers, constitue une contribution majeure à la couverture des besoins des caprins au niveau des maquis en système extensif (Mebrouk-Boudechiche *et al.*, 2014). En revanche, les émissions des gaz à effet de serre sont directement liées à la consommation alimentaire. Jouany et Thivend (2008) nous ont affirmé qu'il est possible de moduler les émissions d'origine digestive via l'alimentation des animaux.

Plusieurs auteurs, avec des résultats divers mais globalement encourageants, ont rapporté l'effet anti-méthanogène des végétaux riches en métabolites secondaires (Rira, 2015). Busquet *et al.* (2005) et Rira (2015) ont signalé que certaines plantes ou extraits de plantes peuvent en effet modifier l'orientation des fermentations ruminales.

Afin de valoriser de façon optimale le potentiel nutritif de *Genista aspalathoides*, arbuste fourrager, il est nécessaire de bien connaître ses caractéristiques phytochimiques, notamment ses composés phénoliques. Établir la relation entre les composés phénoliques de *Genista aspalathoides* et la production de méthane chez les caprins *in vitro* est l'objet de ce travail.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériel végétal

Genista aspalathoides est un arbuste fourrager palatable par les caprins. L'échantillonnage de cette espèce (la partie aérienne) s'est déroulé en avril 2019 dans la région de Tabarka (Nord-Ouest Tunisien).

Matériel animal

Le jus du rumen, qui contient les micro-organismes responsables de la dégradation des aliments ingérés par les caprins, a été prélevé à partir de l'abattoir Municipal de Tabarka après l'abattage des animaux.

Composition chimique et pariétale

On a utilisé les méthodes de l'AOAC (1990) pour déterminer les teneurs en matières sèche (MS), matière minérales, matières organiques (MO) et en matières azotées totales (MAT).

Le dosage des constituants des pariétaux (NDF, ADF et ADL) a été déterminé à l'aide d'un appareil Fiber test selon Van Soest et Wine (1991). La teneur en matière azotée totale (MAT) ou en protéines brutes (PB) d'un échantillon est obtenue en dosant l'azote (N) qu'il contient selon la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1990).

¹ Institut National Agronomique de Tunisie, Université de Carthage, Tunis, Tunisie

² Institut Sylvio-Pastoral de Tabarka, Université de Jandouba, Tabarka, Tunisie

Prédiction de la valeur alimentaire

La prédiction des valeurs énergétiques et azotées d'aliments est exprimée respectivement en UFL/Kg MS et en g PDI /Kg MS. Ces valeurs ont été obtenues à l'aide des équations adoptées par Sauvart (1981).

Dosage des composés phénoliques

Le dosage des polyphénols totaux a été effectuée à l'aide de la méthode de Singleton *et al.* (1999) en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu et une solution aqueuse de carbonate de sodium Na_2CO_3 (20%). Les résultats sont exprimés en mg équivalent en acide gallique/g d'échantillon (mg Eq A G/g d'extrait).

Les flavonoïdes totaux contenus dans l'extrait aqueux sont estimés en mg Eq Q/g d'extrait, par la méthode du trichlorure d'aluminium (Yi *et al.*, 2007).

Les tanins condensés ont été déterminés en utilisant la méthode de Sun *et al.* (1998). Les résultats sont exprimés en mg équivalent Catéchine /g d'échantillon.

La production *in vitro* de gaz total

La fermentation du substrat de *Genista aspalatoides* est étudiée par la technique de production de gaz *in vitro* adoptée par Menke *et al.* (1979). Cette technique est une simulation de la digestion des aliments dans le rumen. Elle permet d'étudier la stoechiométrie et la cinétique de fermentation ruminale dans un système «batch». L'incubation des substrats en présence de l'inoculum (salive artificielle et jus de rumen de caprins) se fait dans des seringues de 100 ml de capacité. La fermentation *in vitro* aboutit par suite à des produits terminaux de la digestion en l'occurrence l'ammoniac, les acides gras volatils et les gaz, notamment le CO_2 et le CH_4 . Le déplacement du piston de la seringue au cours du processus de fermentation due à la production de gaz est mesuré par soustraction par rapport à la position initiale.

L'incubation est arrêtée lorsque la production de gaz devient quasiment stable. L'analyse qualitative des gaz produits se fait par l'injection de NaOH (10N) dans chaque seringue. La soude absorbe le CO_2 , le déplacement de piston à ce niveau correspond au volume de gaz restant CH_4 chez les caprins.

Les paramètres de fermentation

Les paramètres caractéristiques de la production de gaz sont déduits du modèle exponentiel proposé par Orskov et Mc Donald (1979).

Prédiction de la digestibilité de la Matière Organique (d MO), de la production des Acides Gras Volatils (AGV) et de l'Énergie Métabolisable (EM)

La digestibilité de la matière organique (d MO) est calculée en utilisant la formule proposée par Menke et Steingass (1988).

Le contenu en énergie métabolisable (EM) ainsi que les acides gras volatils totaux (AGV) produits ont été calculés selon la méthode de Makkar (2002).

Analyse statistique

Les résultats des effets de *Genista aspalatoides* sur les paramètres mesurés ont été soumis à une analyse de la variance selon la procédure GLM du logiciel SAS (1989) et comparés par le test des rangs multiples de Duncan (1955).

Le modèle utilisé permet de comparer l'énergie métabolisable, la concentration des acides gras volatils, la digestibilité de la matière organique en fonction des arbustes, composant les régimes expérimentaux.

Les paramètres caractéristiques de la cinétique de production de gaz sont prédits suivant la régression non linéaire par l'utilisation de la procédure du SAS (1989) selon le modèle d'Orskov et Mc Donald (1979).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Composition chimique et composition pariétale des arbustes étudiés

Les tableaux 1 et 2 illustrent la variation des caractéristiques chimiques et la composition pariétale de *Genista aspalatoides*. Ses teneurs en matière sèche et en matière organique ont été respectivement de 34,1% et 94,1%. Ces résultats ont été inférieurs à ceux rapportés par Gasmi-Boubaker et Kayouli (2008). La teneur en cellulose brute a été de 5,79% de la matière sèche. En général, les feuilles des arbustes forestiers sont fortement pourvues en parois totales qui sont susceptibles de constituer un facteur limitant leur digestibilité (Mebirouk-Boudechiche *et al.*, 2015).

Valeurs alimentaires de *Genista aspalatoides*

Les valeurs alimentaires de l'espèce étudiée prédites à partir de la composition chimique sont enregistrées dans le tableau 3. Elles montrent que *Genista aspalatoides* présente des valeurs énergétique et protéique faibles, vu ses faibles teneurs en MG (2,37%) et en MAT (2,75%).

Tableau 1: Composition chimique (% MS) de l'espèce étudiée

Espèce	%MS	MM	MO	MAT	MG
<i>Genista aspalatoides</i>	34,1	5,92	94,1	2,75	2,37

MS: Matière sèche; MM: Matière minérale; MO: Matière Organique; MAT: Matière azotée Totale; MG: Matière grasse

Tableau 2: Composition pariétale (%MS) de l'espèce étudiée

Espèce	ADF	ADL	CB	NDF	HC
<i>Genista aspalatoides</i>	36,1	30,3	5,79	45,1	8,92

ADF: Détergent Acide Fibre; ADL: Détergent Acide Lignine; CB: Cellulose Brute; NDF: Détergent Neutre Fibre; HC: Hémicellulose

Tableau 3: Variation des valeurs alimentaires de *Genista aspalatoides* prédites à partir de la composition chimique

Espèces	UFL /kgMS	PDIE (g/kg MS)	PDIN (g/kg MS)
<i>Genista aspalatoides</i>	0,058	64,8	1,876

Sarson et Salmon (1978) ont donné des arguments clairs et satisfaisants au fait qu'une alimentation uniquement composée de fourrages ligneux ne peut satisfaire aux besoins nutritionnels des ovins tandis qu'elle suffit au caprins. Ces résultats peuvent être expliqués par le mode d'échantillonnage de cette espèce.

Variation des concentrations en métabolites secondaires

Le tableau 4 illustre les résultats des analyses des métabolites secondaires de l'espèce étudiée. *Genista aspalatoides* présente une teneur en polyphénols totaux de l'ordre de 59,2 mg EAG/g MS et une teneur en tanins condensés de 11,3 mg EC/g MS. Les concentrations en phénols totaux sont élevées, ce qui peut être expliqué par ses teneurs élevées en constituants pariétaux (ADF, NDF et Lignine). En effet, Cabiddu *et al.* (2000) ont montré que les arbustes méditerranéens sont généralement considérés riches en composés phénoliques.

Cinétique de production de gaz par l'incubation du substrat

Dans le rumen, toute réaction biologique s'accompagne d'une perte d'énergie sous forme de chaleur ou de production de gaz. Cette dernière dépend essentiellement de la vitesse de dégradation et de la nature des glucides pariétaux caractéristiques de l'arbuste.

La cinétique de production de gaz de *Genista aspalatoides* suit un modèle exponentiel de 1^{er} degré (Tableau 5). En effet, la courbe de production est divisée en trois parties. Une partie où la production est négligeable qui correspond à une phase de latence où les microorganismes du rumen s'adaptent aux substrats (la fermentation de fraction immédiatement fermentescible «a»). Une phase croissante où la production atteint sa valeur maximale (dégradation de la fraction potentiellement fermentescible «b») et une phase où la production est à sa valeur minimale qu'on appelle «palier».

Le volume de gaz produit en 24 h d'incubation par l'espèce *Genista aspalatoides* est de 36 ml/ 300 mg de MS. Ce résultat est similaire à celui trouvé par Mebirouk-Boudechiche *et al.* (2015).

La vitesse de production de gaz (c) enregistrée par *Genista aspalatoides* est de 0,12 h⁻¹ provoquant la diminution du pH ruminal (5,82) au cours de l'incubation. En effet,

Soltner (1994) a mentionné qu'une fermentation rapide peut baisser le pH, ce qui est favorable à la croissance des micro-organismes qui produisent essentiellement le propionate et le lactate.

Effet de tanins sur les paramètres de fermentation

La digestibilité de *Genista aspalatoides* est de l'ordre de 48,5%. En outre, l'énergie métabolisable enregistrée par cette espèce est de 7,25 kcal/kg MS (Tableau 6). Ces valeurs sont élevées, malgré sa richesse en cellulose brute. Ces résultats nous confirment l'efficacité de l'utilisation alimentaire des fibres par les caprins. Ceci est en accord avec l'étude de Domingue *et al.* (1991). La production des AGV totaux et de méthane (CH₄) enregistrée par l'espèce sont respectivement de 0,8 ml/ 300 mg de MS et 16,3 ml/ 300 mg de MS (Tableau 6). Ces résultats peuvent être expliqués par les teneurs élevées de *Genista aspalatoides* en tanins condensés. Plusieurs auteurs ont rapporté que les tanins réduisent la méthanogénèse ruminale. Rira (2015) nous a affirmé que ces composés phénoliques s'avèrent très efficaces dans la réduction de la production de CH₄ aussi bien dans les conditions *in vivo* qu'*in vitro*. Rira *et al.* (2015) ont également indiqué une relation linéaire entre la teneur en tanins condensés et la réduction du CH₄ *in vitro*, tandis qu'Oliveira *et al.* (2007) ont montré le contraire. En revanche, l'étude de Mebirouk-Bouchiche *et al.* (2015) a confirmé que l'augmentation de la production de méthane après ajout du PEG est la résultante de l'effet bloquant du PEG sur les tanins.

CONCLUSION

Le présent travail a permis d'établir la relation entre les composés phénoliques de *Genista aspalatoides*, arbuste du maquis du Nord-ouest tunisien et la méthanogénèse chez caprins *in vitro*. Le criblage phytochimique de cette espèce a montré leur contribution dans la couverture des besoins nutritifs des animaux en extensif. Cette étude a suggéré l'importance des métabolites secondaires, notamment les tanins condensés dans la réduction de la production de méthane, gaz à effet de serre. Il est important de prendre en compte l'effet d'utilisation des arbustes fourragers, riches en métabolites secondaires, dans la stratégie d'atténuation de l'émission de méthane (GES).

Tableau 4: Variation des concentrations des métabolites secondaires des espèces étudiées

Espèce	PP	FT	TC
<i>Genista aspalatoides</i>	59,2	4,20	11,3

PP: Phénols Totaux (en mg EAG /g MS); FT: Flavonoïdes totaux (en mg EAQ /g MS); TC: Tanins Condensés (en mg EC/gMS).

Tableau 5: Effet de l'espèce pastorale sur les paramètres de production de gaz chez les caprins

Espèces	A	B	C	V ₂₄	V _{total}
<i>Genista aspalatoides</i>	-4,15 ± 0	41,6 ± 0	0,12 ± 0	36 ± 0	37 ± 0

a: gaz produit à partir de la fraction soluble (ml / 300 mg de MS); b: gaz produit à partir de la fraction insoluble mais potentiellement fermentescible (ml / 300 mg de MS); c: vitesse de production de gaz (h⁻¹); V₂₄: gaz à 24 h d'incubation (ml/300 mg de MS); V_{total}: gaz à 48 h d'incubation (ml /300 mg de MS).

Tableau 6: Les paramètres estimés à partir de gaz produit au cours d'incubation de l'espèce étudiée

Espèces	pH	CH ₄	dMO	EM	AGV _t
<i>Genista aspalatoides</i>	5,82 ± 0,09	16,3 ± 0,57	48,5 ± 0,51	7,25 ± 0,05	0,8 ± 0

pH: potentiel hydrique; CH₄: Méthane; dMO: digestibilité de la MO; EM: Énergie métabolisable; AGV_t: Acides Gras Volatils Totaux

RÉFÉRENCES

- AOAC (1990). Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, Washington, DC.
- Busquet M., Calsamiglia S., Ferret A., Cardozo P. W., Kamel C. (2005). Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *Journal of Dairy Science*, 88: 2508-2516.
- Cabiddu A., Decandia M., Sitzia M., Molle G. (2000). A note on the chemical composition and tannin content of some Mediterranean shrubs browsed by Sarda goats. In: Ledin I. (ed), Morand-Fehr P. (ed.). Sheep and goat nutrition: Intake, digestion, quality of products and rangelands. Zaragoza: CIHEAM. *Cahiers options Méditerranéennes*, 52:175-178.
- Domingue F.B.M., Dellow D.W., Wilson P.R., Barry T.N. (1991). Comparative digestion in deer, goats and sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 34: 45-53.
- Duncan D.B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11:1-42.
- FAO (2013). Tackling climate change through livestock.
- Gasmi-Boubaker A., Kayouli C. (2008). Composition chimique de quelques espèces du maquis du Nord-Ouest de la Tunisie. Programme Azahar: Systèmes agroforestiers comme technique pour la gestion durable du territoire.
- Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., Tempio G. (2014). Lutter contre le changement climatique grâce à l'élevage—Une évaluation des émissions et des opportunités d'atténuation au niveau mondial. FAO, Rome.
- Jouany J.P., Thivend P. (2008). La production de méthane d'origine digestive chez les ruminants et son impact sur le réchauffement climatique. *Management et Avenir*, 20: 259-274.
- Kayouli C., Buldgen A. (2001). Élevage durable dans les petites exploitations du nord ouest de la Tunisie. Faculté universitaire des sciences agronomiques (FUSAGx), unité de zootechnie, p. 52-78.
- Makkar H.P.S. (2002). Development and field evaluation of animal feed supplementation packages. Proceedings of the final review meeting of an IAEA Technical Cooperation Regional AFRA Project, November 25-29, 2000, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Cairo, Egypt, p. 1-66.
- Mebirouk-Boudechiche L., Cherif M., Boudechiche L., Sammar F. (2014). Teneurs en composés primaires et secondaires des feuilles d'arbustes fourragers de la région humide d'Algérie. *Revue Méd. Vét.*, 165: 344-352.
- Mebirouk-Boudechiche L., Chemmam M., Boudechiche L., Matalah S. (2014). Caractéristiques nutritionnelles de quelques arbustes fourragers du nord est algérien. *Renc. Rech. Ruminants*, 21.
- Mebirouk-Boudechiche L., Abidi S., Cherif M., Bouzouraa I. (2015). Digestibilité *in vitro* et cinétique de fermentation des feuilles de cinq arbustes fourragers du Nord-Est Algérien. *Revue Méd. Vét.*, 166: 350-359.
- Menke K.H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D., Schneider W. (1979). The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science*, 93: 217- 222.
- Menke K.H., Steingass H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 7- 55.
- Oliveira S.G., Berchielli T.T., Pedreira M.S., Primavesi O., Frighetto R., Lima M.A. (2007). Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 135: 236-248.
- Orskov E.R., Macdonald I. (1979). The estimations of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. *Journal Agriculture Science*, 92: 499-502.
- Rira M. (2015). Impact de plantes riches en métabolites secondaires sur la méthanogénèse ruminale et les activités fermentaires du microbiome ruminal chez des ovins. Thèse, Université Des Frères Mentouri Constantine.
- Rira M., Morgavi D.P., Archimède H., Marie-Magdeleine C., Popova M., Bousseboua H., Doreau M. (2015). Potential of tannin-rich plants for modulating ruminal microbes and ruminal fermentation in sheep. *Journal of Animal Science*, 93: 334-347.
- Sarson M., Salmon P. (1978). Rôle des arbres et des arbustes fourragers dans l'aménagement des pâturages naturels en Afrique du Nord. Mimeo. Supporting paper no. 10, 8th world Forestry Congress, Jakarta.
- SAS User's Guide (1989). Version 6.10 for Windows, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Sauvant D. (1981). Prévission de la valeur énergétique des aliments concentrés et composés pour les ruminants. In Prévission de la valeur nutritive des aliments des ruminants (Eds. C. dimarquilly.), ZIS7-258, (France), p 580.
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method. Enzymol*, 299: 152-178.
- Sun B., Richardo-da-Silvia J.M., Spanger I. (1998). Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 4267-4274.
- Van Swinderen H.V. (1991). Les arbres et arbustes fourragers: rêve ou réalité ? *Tropicultura*, 8: 36-39.
- Vermorel M., Jouany J.P., Eugène M., Sauvant D., Noblet J. (2008). Évaluation quantitative des émissions de méthane entérique par les animaux d'élevage en 2007 en France. *Productions Animales*, 21: 403-418.
- Yi Z.B., Yu Y., Liang Y.Z., Zeng B. (2007). *In vitro* antioxidant and antimicrobial activities of the extract of *Pericarpium Citri Reticulatae* of a new Citrus cultivar and its main flavonoids. *LWT-Food Science and Technology*, 4: 597-603.

Régime alimentaire des poissons de la rivière Lomami, RD du Congo

J-G.N. WEMBODINGA¹, I.Y. AMBALE¹, N.N. APAMATO², J.B.Z. BOSANZA³, K.N. NGBOLUA²

(Reçu le 08/02/2023; Accepté le 27/04/2023)

Résumé

Une étude sur le régime alimentaire des poissons de la rivière Lomami a été menée sur une période de 8 mois, Février à Octobre 2012, dans le territoire de Katako-kombe pour évaluer les préférences alimentaires de son ichthyofaune. Ainsi, l'observation qualitative des contenus des estomacs de différents poissons capturés a été faite au laboratoire pour trouver les préférences alimentaires des poissons en calculant le taux d'occurrence ou de préférence. Les résultats obtenus ont montré que les poissons de la rivière Lomami ont un régime alimentaire diversifié: les espèces *Tilapia nyongana* et *Oreochromis niloticus* sont phytophages à tendance omnivore; le *Clarias angolensis* et le *Chanallabes apus* sont polyphage à tendance vorace le *Chrysichthys wagenarii* est benthophage à tendance vorace et enfin le *Mormyrops zanclirostris* est polyphage à tendance herbivore. Ces résultats en rapport avec le régime alimentaire de poissons capturés vont permettre aux pisciculteurs intéressés de faire le choix du type des poissons à élever, en rapport avec la disponibilité de l'aliment localement.

Mots clés: Régime alimentaire, poisson, rivière Lomami

Diet of fish in the Lomami River, DR of Congo

Abstract

A study on the diet of fish from the Lomami River was conducted over a period of 8 months, from February to October 2012, in the territory of Katako-kombe to evaluate the food preferences of its ichthyofauna. Thus, the qualitative observation of the stomach contents of different fish caught was made in the laboratory to find the food preferences of the fish by calculating the rate of occurrence or preference. The results showed that the fish of the Lomami River have a diversified diet: the species *Tilapia nyongana* and *Oreochromis niloticus* are phytophagous with omnivorous tendency; *Clarias angolensis* and *Chanallabes apus* are polyphagous with voracious tendency, *Chrysichthys wagenarii* is benthophage with voracious tendency, and finally *Mormyrops zanclirostris* is polyphagous with herbivorous tendency. These results in relation to the diet of fish caught will allow interested fish farmers to make the choice on the type of fish to be raised, based on the local feed availability.

Keywords: Diet, fish, Lomami river

INTRODUCTION

Les poissons sont une source importante de nutriment, vitamines et minéraux et pris uniquement avec certains produits végétaux, il constitue un aliment complet (Adjanke, 2011). Les poissons constituent des sources non négligeables de protéines, de revenus et de travail, soutenant ainsi les ménages (Kpogue *et al.*, 2013). Ils sont également une opportunité d'affaires tant pour la pêche que pour l'aquaculture et l'industrie (Bosanza *et al.*, 2019). Mais des prélèvements de plus en plus conséquents pour satisfaire les besoins nutritionnels sans aucune considération pour les stocks exploités, conduisent non seulement à la destruction de ces écosystèmes, mais également à l'extinction de certaines espèces (Mukabo *et al.*, 2017).

En République Démocratique du Congo, depuis toujours, la pêche constitue une source importante d'aliments, assurant un emploi et des bénéfices économiques à ceux qui la pratiquent. Toutefois, avec l'enrichissement des connaissances et le développement dynamique du secteur des pêches, on commence à comprendre que les ressources aquatiques, quoique renouvelables, ne sont pas infinies et doivent être gérées correctement si l'on veut maintenir leur contribution au bien être nutritionnel, économique et social de la population croissante de la planète.

En outre, les activités anthropiques, les engins de pêche utilisés et la pression de plus en plus croissante sur la biodiversité, poussent l'humanité à entreprendre des études beaucoup plus poussées pour sauvegarder les habitats des poissons et de les conserver pour les générations à venir

(Bosanza *et al.*, 2023). Les méthodes artisanales de pêche, séculairement pratiquées, sont loin de pallier à la situation d'insuffisance alimentaire en produits halieutiques (Bosanza *et al.*, 2018) et l'aquaculture apparaît donc comme la seule solution pour augmenter la disponibilité en produits aquatiques (Teletchea, 2015).

La province de Sankuru compte de nombreux cours d'eaux (Lokenye, Sankuru, Lubefu, Lomami, Lomela, etc.) très poissonneux regorgeant de familles de poissons (*Distichodontidae*, *Claroteidae*, *Clariidae*, *Chanidae*, etc.) à valeur commerciale et nutritionnelle très importante (Wembodinga *et al.*, 2013a et 2014). Ces poissons, qui peuplent ces écosystèmes aquatiques, n'ont pas encore fait l'objet d'étude particulière en ce qui concerne leur régime alimentaire. Pourtant, la connaissance de celui-ci permettra aux pisciculteurs de faire le choix du type de poisson à élever, en rapport avec la disponibilité de l'aliment localement.

Face à cette préoccupation, il s'avère nécessaire de mener une étude pour déterminer le régime alimentaire des quelques espèces des poissons capturées dans la rivière Lomami afin de mettre à la disposition de pisciculteurs, les données y afférentes étant donné que l'alimentation constitue l'épine dorsale de tout élevage.

L'idée soutenue dans cette étude est que les poissons de la rivière Lomami auraient un régime alimentaire varié. La connaissance du régime alimentaire des espèces à élever va permettre à l'exploitant piscicole de réaliser un bon rendement à la vidange, ce qui va constituer une source de revenu et de protéines pour les ménages.

¹ Département de Gestion des ressources naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lodja, RD Congo

² Département de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

³ Institut Supérieur d'Études Agronomiques de Bokonzi, Gemena, RD Congo

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Localisation

La présente étude couvre une période de 8 mois, de Février à octobre 2012. Elle a eu lieu dans le territoire de Katako-kombe où se trouve la rivière Lomami qui prend sa source dans la province de Lomami et déverse ses eaux sur le fleuve Congo à Isangi, dans la Province de Tshopo.

Le village Olota (22°03'S et 23°04'E) a été choisi comme terrain d'étude, en raison d'une part de l'affluence des pêcheurs et des commerçants (milieu de transaction intense entre les pêcheurs et les commerçants Tetela et Nkusu) et d'autre part, de l'immense élargissement de la rivière à son niveau et du nombre élevé des pêcheurs (au moins 150 pêcheurs) de la place.

Il est situé dans le territoire de Katako-kombe, aux croisements des routes qui mènent de Wembo-Nyama vers le village proche nommé Mbanda. Le village Olota est entouré par trois groupements: Mbanda et Ndjadi situés dans le territoire de Katako-kombe et Djundu dans le territoire de Lubefu.

C'est le long de la rive gauche de la rivière Lomami qu'on trouve des pêcheurs, particulièrement ceux du Sankuru (Tetela) et ceux de la province de Tshopo (Wagenia et Lokele), tandis que la rive droite est dans la partie de la province de Maniema habitée par les Nkusu (Wembodinga, 2014). La rivière a été également exploitée sur une distance de 5 Km.

Matériel

Le matériel biologique de cette étude était constitué des poissons sauvages, capturés dans la rivière Lomami. Les contenus stomacaux et intestinaux provenant de poissons frais capturés tout au long de la période expérimentale ont été prélevés grâce au matériel classique de dissection pour identification au laboratoire à l'aide de la binoculaire de marque Eleitz Wetzlar, grossissement de 10 fois.

Méthodes du travail

Au Laboratoire, l'examen des récoltes a consisté à trier et identifier les espèces des poissons capturés et détecter le régime alimentaire. Pour le tri et l'identification des espèces de poissons, certaines familles ou genres de poissons africains ont déjà fait l'objet d'une révision systématique et on dispose de clés de détermination à leur sujet. C'est le cas par exemple du genre *Clarias* (Teugels, 1986), du genre *Alestes* (Paugy, 1986), du genre *Tilapia* (Thys, 1964), du genre *Hemichromis* (Loiselle, 1969) et des *Characidés* nains (Poll, 1967). Pour d'autres familles ou genres dont la clé n'est pas disponible, quelques ouvrages et publications éparses ont servi de guide, notamment Poll (1945 et 1957), Matthes (1969), Lévêque *et al.*, (1990) et Wamuini (2010).

A propos du régime alimentaire, il a été déterminé par le retrait de l'estomac et en le déposant sur les boîtes de pétri contenant la solution de lugol. En ouvrant l'estomac à l'aide d'un bistouri et d'une spatule, l'observation des différentes proies a été faite une à une pour mieux les identifier qualitativement.

Les préférences alimentaires de l'ichtyofaune de la rivière Lomami ont été obtenues en calculant l'indice d'occurrence ou de préférence (I, exprimée en pourcentage

d'estomacs examinés) en appliquant la formule donnée par Plisnier (1984) à savoir:

$$I (\%) = (NA/NT) \times 100$$

où NA est la fréquence d'estomac retiré et NT, la fréquence totale.

Pour effectuer le prélèvement des aliquotes intestinaux, après l'identification de l'espèce, les spécimens ont subi une laparotomie, de la mandibule rostrale à l'anus. Les deux joues abdominales incisées étaient écartées par le pouce et l'index pour permettre de bien retirer le tube digestif au moyen de la pince. Le tube digestif retiré est déposé dans une boîte de pétri. La partie du tube située près du pharynx bien chargée en contenu était retirée, ouverte et son contenu déversé dans une autre boîte de Pétri ne contenant que de l'eau distillée. L'identification et/ou la différenciation des proies ingérées a été facilité l'agitation du contenu dans l'eau en vue de le séparer. Chaque contenu a ensuite été déposé sur le papier duplicateur blanc.

L'identification des grandes proies se faisait par perception visuelle à l'aide d'une loupe, tandis que celle des petites proies se réalisait à la binoculaire. Quant à l'identification analytique des proies, les proies ont été décelées au niveau stomacal par le dénombrement. Pour rendre compte des résultats des tris, la méthode d'occurrence a été utilisée. Cette méthode est qualitative et donne une idée des préférences alimentaires. Elle consiste à compter le nombre d'estomacs dans lesquels une proie ou une catégorie de proies est présente ou absente. Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport au nombre d'estomacs examinés (% occurrence).

Enfin, la taille de l'échantillon d'étude a été de 1 606 spécimens de poissons capturés durant la période de l'étude. Le recours au tableur Excel (version 2010) sous Microsoft Windows 8 a été nécessaire générer les graphiques.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Au total 1 606 poissons ont été capturés pendant la période d'étude. Ils sont répartis en familles (*Mormyridae*, *Clariidae*, *Cichlidae*, et *Claroteidae*) et 7 espèces (Figure 1).

Avec 19% d'individus, l'espèce *Chrysichthys wagenaarii* a été la plus capturée tandis que l'espèce *Tilapia nyongana* a été la moins représentée (9%).

Les résultats des indices d'occurrence ou de préférence des différents types de proies sont présentés et illustrés sous forme de camembert et graphique pour chaque type de poissons capturés.

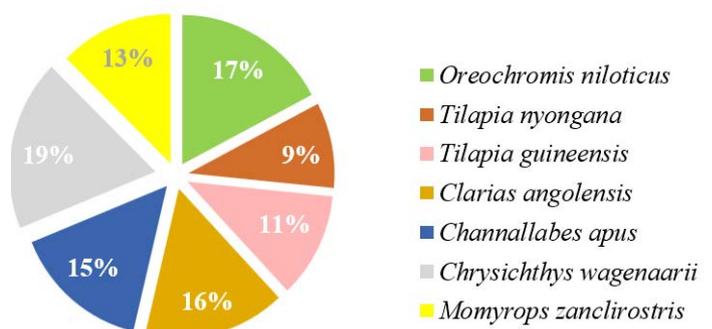


Figure 1: Proportion des espèces des poissons capturées

Il ressort de la figure 2 que les proies dominantes sont d'origine végétale (37,5%) puis les proies d'origine animale (33,9%) et enfin les autres proies n'ont contribué qu'à 28,6%.

Tenant compte de l'importance de chaque type de proies décelées, les débris végétaux sont les plus représentés (soit 10,4%), suivis des algues vertes (8,6%), des matières organiques et des débris divers (7,1% respectivement), de la boue et des fibres (6,4% chacun) puis des débris végétaux (6,1%), le gravier/sable (5,7%) et les hyménoptères (soit 5,4%). Les diptères, les coléoptères, les particules indéfinies, les alevins et les restes de poissons, les poils ou soie et les écailles de poissons ont contribué respectivement à 5%, 5%, 5%, 4,6%, 4,3% et 3,9% chacun. Au regard de nos résultats, nous pouvons dire que le *Oreochromis niloticus* est phytophage à tendance omnivore.

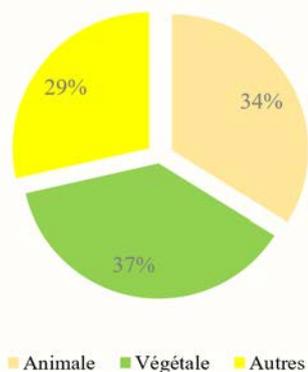


Figure 2: Taux d'occurrence des proies retrouvées dans l'estomac d'*Oreochromis niloticus* (n = 280)

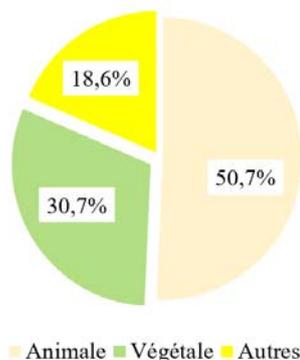
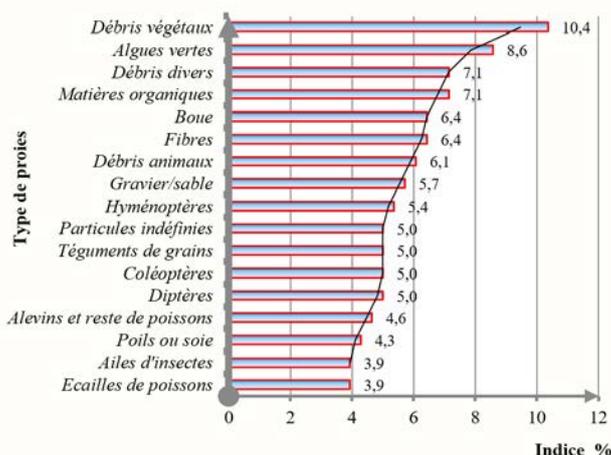


Figure 3: Taux d'occurrence des proies retrouvées dans l'estomac de *Tilapia nyongana* (n = 140)

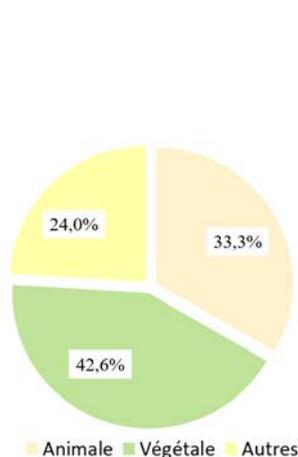
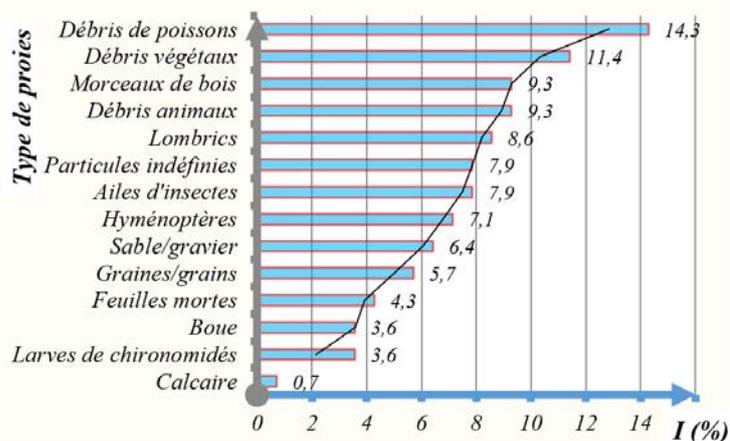
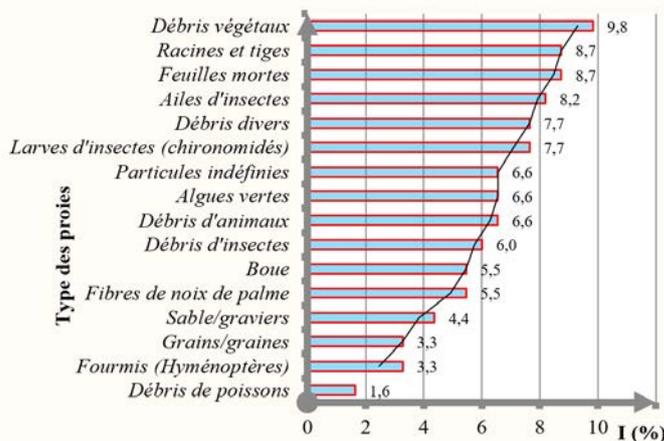


Figure 4: Taux d'occurrence des proies retrouvées dans l'estomac de *Tilapia guineensis* (n = 183)



Régime alimentaire de quelques poissons du genre *Tilapia* capturés dans la rivière Lomami

De la figure 3, il s'observe que les proies d'origine animale sont les plus dominantes avec 50,7%, suivies des proies d'origine végétale (30,7%) et enfin les autres proies (soit 18,6%). Les proies les plus fréquentes dans l'estomac de *Tilapia nyongana* sont les débris de poissons, suivi de débris végétaux, de débris animaux et morceaux de bois. Ce qui révèle que l'espèce *Tilapia nyongana* est polyphage à tendance omnivore dans la rivière Lomami.

Les résultats de la figure 4 montrent que les proies d'origine végétale sont les plus dominantes (42,6%), suivies de celles d'origine animale (33,3%). Les autres proies n'ont contribué que pour 24,0%. Ceci traduit que l'espèce *Tilapia guineensis* est phytophage à tendance omnivore.

Régime alimentaire de quelques poissons du genre *Clarias* capturés dans la rivière Lomami

Concernant quelques poissons du genre *Clarias* capturés dans la rivière Lomami, la figure 5 donne les indicateurs sur leur régime alimentaire.

Pour *Clarias angolensis*, les proies dominantes sont d'origine animale (38,6%), suivi des autres proies (33,1%) puis les proies d'origine végétale (28,3%). Il apparaît clairement que cette espèce est polyphage à tendance vorace.

Pour le régime alimentaire de quelques poissons du genre *Channallabes* capturés dans la rivière Lomami, la figure 6 illustre clairement que les proies d'origine animale sont les plus dominantes (45,7%), suivi des proies d'origine végétale (31,8%), les autres proies n'ont contribué qu'avec 22,4%.

Pour cette espèce, les proies les mieux représentées sont les ailes d'insectes (11,0%), les pattes d'insectes (8,9%), les écailles de poissons et la boue (8,6% chacun), les algues vertes (8,1%), suivi des matières organiques (6,9%), des débris végétaux (6,1%) enfin les particules indéfinies et les hyménoptères (5,7% et 5,3% pour chaque cas). On peut conclure que *Channallabes apus* est polyphage à tendance vorace dans la rivière Lomami.

Régime alimentaire de quelques poissons du genre *Chrysiichthys* capturés dans la rivière Lomami

L'examen de la figure 7, montre que les proies d'origine animale se sont avérées plus dominantes (soit 45,0%), suivi des autres proies (soit 32,3%), puis les proies d'origine végétale (soit 22,7%).

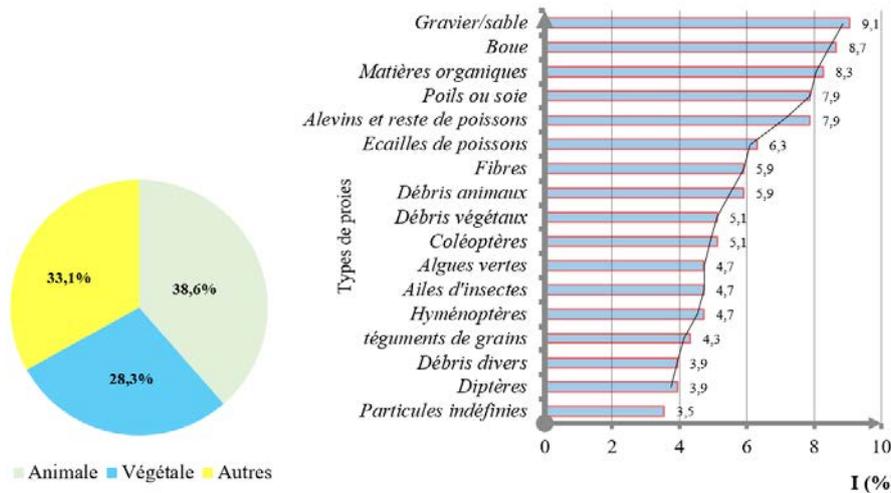


Figure 5: Taux d'occurrence des proies retrouvées dans l'estomac de *Clarias angolensis* (n = 254)

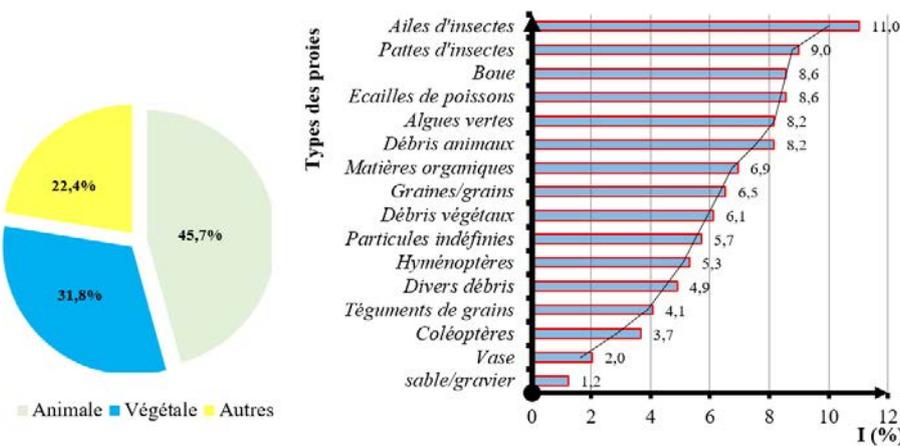


Figure 6: Taux d'occurrence des proies retrouvées dans l'estomac de *Channallabes apus* (n = 245)

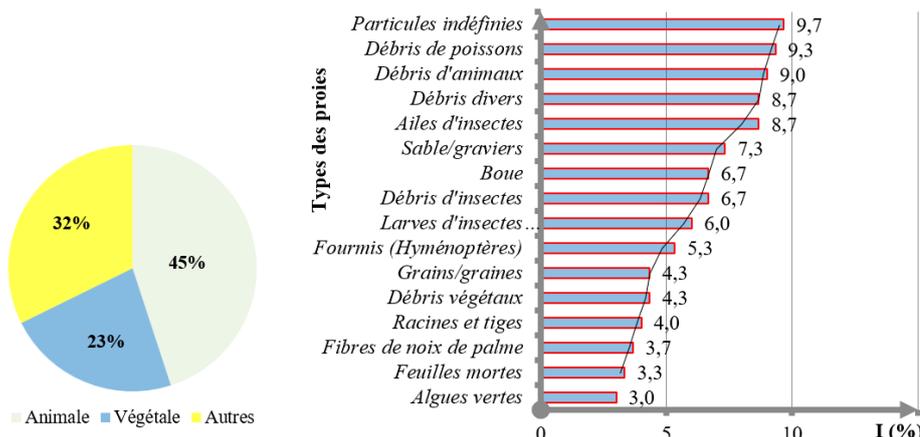


Figure 7: Taux d'occurrence des proies retrouvées dans l'estomac de *Chrysiichthys wagenaraarii* (n = 300)

En outre, les résultats montrent que les proies les plus représentées sont les particules indéfinies (9,7%), les débris de poissons (soit 9,3%), les débris animaux (9,0%), puis les ailes d'insectes et les débris divers (8,7% chacun), le sable/graviers (7,3%), les débris d'insectes, la boue, les Chironomidés, et hyménoptères ont contribué chacun à 6,7%, 6,7%, 6,0% et 5,3% respectivement. Comme on peut le remarquer l'espèce *Chrysichthys wagenaarii* est polyphage à tendance vorace.

Régime alimentaire de quelques poissons du genre *Mormyrops* capturés dans la rivière Lomami

A la lumière de la figure 8, il sied de constater que les proies dominantes sont d'origine animale (37,3%), les proies d'origine végétale et les autres proies ont contribué avec 31,4% chacune. Il se dégage également que les proies les plus abondantes sont les graviers/sable, la boue, les poils ou la soie, les particules indéfinies (7,8% chacun), suivi des débris végétaux, des téguments de grains, des algues vertes et des matières organiques (respectivement 6,9%). Les restes ont contribué respectivement à 4,9% et 4,4%. Il est évident que *Mormyrops zanclirostris* est polyphage à tendance herbivore.

Au regard de nos résultats sur le régime alimentaire des poissons de la rivière Lomami, il sied de constater que les sources de nourritures ont essentiellement deux origines; c'est-à-dire endogène (aquatique) et exogène (terrestre). La source endogène comprend les insectes et larves d'insectes (chironomidés), les vers, les crustacés (crabes, crevettes) et les poissons. Tandis que la source exogène comprend les grains et graines d'arbres, les insectes (fourmis), les racines et tiges d'arbres et les détritus.

L'analyse des contenus stomacaux montre l'importance prépondérante que prend la faune entomologique dans l'alimentation de ces poissons. Ils se nourrissent presque tous d'insectes. Une simplification extrême permet de distinguer du point de vue régime alimentaire, les groupes suivants:

- Les poissons exophages qui se nourrissent principalement des insectes qui tombent dans l'eau. C'est le cas par exemple de *Characidae*;
- Les poissons entomophages de fond tel est le cas de *Clariidae*, *Synodontidae*;
- Les poissons carnassiers riverains dont la nourriture comprend principalement les larves et adultes d'insectes et des crustacés; nous citons les *Protopteridae* et *Channidae*;
- Les poissons carnassiers mixtes dont la nourriture comprend des vertébrés (poissons), des gros invertébrés

(crevettes, crabes) et des larves d'insectes, c'est le cas de la plupart de *Claroteidae*, *Mochokidae*.

La variation dans le régime alimentaire des poissons dépendrait ici de trois facteurs: l'âge, l'activité sexuelle et la saison. A propos de l'activité sexuelle, de nombreuses espèces non seulement peuvent changer leurs habitudes trophiques, généralement en élargissant et en variant leur régime. Par exemple, chez les Protoptères le mâle adopte un régime omnivore pendant qu'il garde le nid (Poll, 1967), mais souvent aussi ne mangent guère ou très peu durant la période du frai. Chez les *Cichlidae* pratiquant l'incubation buccale (*Oreochromis* et *Sarotherodon*), la femelle ou le mâle ne mange pratiquement pas pendant la durée d'incubation buccale et peut considérablement maigrir. Certains poissons présentent même une atrophie intestinale partielle durant la période d'activité sexuelle, comme c'est le cas chez *Phractolaemus* (Wembodinga et al, 2013b).

CONCLUSION

Une étude sur le régime alimentaire des poissons de la rivière Lomami a été menée sur une période de 8 mois ; soit de Février à Octobre 2012 dans le territoire de Katakombé. L'idée soutenue dans cette étude a été que les poissons de la rivière Lomami auraient un régime alimentaire diversifié. Pour trouver les préférences alimentaires de l'ichtyofaune de la rivière Lomami, l'observation qualitative des contenus des estomacs de différents poissons capturés a été faite au laboratoire.

Les résultats obtenus ont révélé différents types de régimes alimentaires au sein des espèces capturées durant la recherche. Ainsi, les espèces *Tilapia nyongana* et *Oreochromis niloticus* sont phytophages à tendance omnivore. Les espèces *Clarias angolensis* et *Chanallabes apus* sont polyphage à tendance vorace. Le *Chrysichthys wagenaarii* est benthophage à tendance vorace et enfin le *Mormyrops zanclirostris* est polyphage à tendance herbivore.

Ces résultats en rapport avec le régime alimentaire de poissons capturés vont permettre aux pisciculteurs intéressés de faire le choix sur le type des poissons à élever, cela par rapport à la disponibilité de l'aliment local. Considérant que la présente recherche n'a pas couvert toute l'année, il est souhaitable que des études similaires se poursuivent au cours des quatre mois restants car hormis l'âge et l'activité sexuelle, la variation dans le régime alimentaire des poissons dépendrait aussi de la saison.

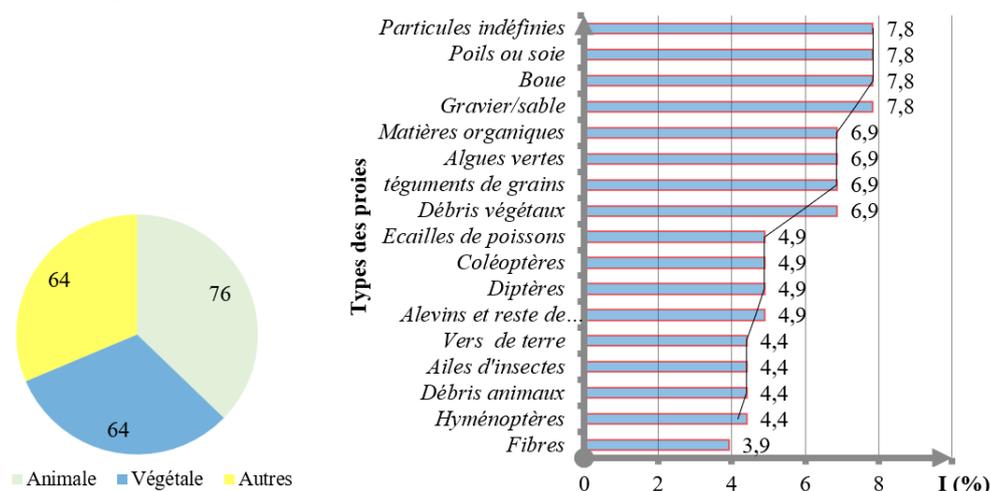


Figure 8: Taux d'occurrence des proies retrouvées dans l'estomac de *Momyrops zanclirostris* (n = 204)

RÉFÉRENCES

- Adjanke A. (2011). Formation en pisciculture: production d'alevins et gestion de ferme piscicole. Coordination togolaise des organisations paysannes et de producteurs agricoles. Lomé. <http://www.roppa.info/>
- Bosanza J.B., Wembodinga J.G., Ndomba N., Ngbolua J. P., Nyongombe N.-F. (2023). Inventaire systématique des poissons capturés par la pêche aux claies du type «Ndobo» dans le secteur de Bomboma (Province du Sud-Ubangi) en République Démocratique du Congo. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 11:128-134.
- Bosanza J. B., Mongeke M., Bobuya P., Bedi B., Maboga S., Bongo G., Koto-Te-Nyiwa Ngbolua (2018). Effect of nourishment and organic fertilization on the growth of *parachanna insignis* (sauvage, 1884) (channidae) bred in no-drained ponds in Democratic Republic of the Congo. *International Journal of Animal and Biology*, 4: 32 -38.
- Bosanza Z.J.B., Mongeke M.M., Dongo P.E., Bobuya N.P., Zwave K.N., Ngbolua K.N. (2019). Effets de nourrissage et de la fertilisation minérale sur la croissance du poisson serpent (*Parachanna insignis*) en étang. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 7:52-57.
- Kpogue D.N.S., Mensah G.A., Fiogbe E.D. (2013). A review of biology, ecology and prospect for aquaculture of *Parachanna obscura*. *Reviews. Fish Biology and Fisheries*, 23: 41-50.
- Lèvéque C., Paugy D., Teugels G.G. (1990). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'ouest. Tome 1, MRAC Tervuren, collection faune tropicale n°XXVII, pp.122-183
- Loiselle P.V. (1969). A revision of genus *Hemichromis* Peters 1958 (Teleostéen: Cichlidae), *Annales MRAC*, 228p.
- Mukabo O.G., Micha J.-C., Bokassa H.J., Ntakimazi G., Nshombo M.V., Bizuru N.P., B. Muhirwa B.G. (2017). Socio-économie de la pêche artisanale dans les eaux burundaises du lac Tanganyika à Mvugo et Muguruka. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11: 247-265.
- Paugy D. (1986). Révision systématique des Alestes et *Brycinus* africains (Pisces Characidae). Ed. ORSTOM, Paris, 295p.
- Plisnier P.D. (1984). Étude de la biologie de *Tilapia macrochir* Blg (Sarotheron) et comparaison avec le *Tilapia nilotica* L. deux espèces commercialement exploitées au lac Ihema (Rwanda). Mémoire de fin d'études, inédit UIL/LIM, pp. 66-93.
- Poll M. (1945). Description de Mormyridae et Characidae nouveaux du Congo belge avec une étude du genre *Stomatohinus* et des genres de Characidae nains africains. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 39: 36-77.
- Poll M. (1957). Les genres des poissons d'eau douce de l'Afrique. Publ. Dir. Agr. Forêt et élevage, Bruxelles, 191p.
- Poll M. (1967). Révision des Characidae nains africains. MRAC, Tervuren, Belgique, annales série IN8-sciences zoologiques n°162, 158p.
- Teletchea F. (2015). Les poissons d'aquaculture: un groupe d'espèces en cours de domestication. Université de Lorraine – UR AFPA.-Equipe «Domestication en Aquaculture continentale», Nancy.
- Thys Van Den Audenaerde, O.F.E. (1964). Revision of the genus *Eutropiellus* Nichols et Lamonte (*Pisces Schilbeidae*) with description of a new species from lower Nigeria. *Revue zool. Bot. Afr.*, 63: 214-30.
- Wamuini L.S. (2010). Ichtyofaune de l'Inkisi (Bas-Congo/RDC): diversité et écologie. Thèse de doctorat, ULG, Liège, 315p.
- Wembodinga N.J., Pongombo S.C., Nyongombe U.N.F. (2014). Étude sur l'Ichtyofaune du Sankuru: cas de la rivière LOMAMI dans le territoire de Katakoko-Kombe. *Revue Shalom de Développement*, 2:1-17.
- Wembodinga N.J. (2014). Ichtyofaune et biologie des poissons du district de Sankuru (cas des rivières Lokenye et Lomami). Thèse de doctorat, UNILOD, 194 p.
- Wembodinga N.J., Ambale Y.I., Nyongombe U.N.F. (2013a). Aperçu sur l'ichtyofaune du Sankuru (cas de la rivière Lokenye dans le territoire de Lodja). *Revue Shalom de Développement*, 1: 37-46.
- Wembodinga N.J., Ambale Y.I., Nyongombe U.N.F. (2013b). Détermination du régime alimentaire des poissons de la rivière Lokenye à Lodja. *RDS*, 1:30-45.