



RAMRES

ISSN 2424-7235

Revue Africain et Malgache de REcherches
Scientifiques

Science de la vie, de la terre et agronomie (SVT-A)

Année 2019, Volume 07, Numéro Spécial



Science de la vie, de la terre et agronomie

CAMES

Historique

Plusieurs réunions de spécialistes chargés de définir le rôle et les fonctions de l'Enseignement Supérieur ont conduit à la constitution d'une "Commission consultative d'expert pour la réforme de l'Enseignement en Afrique et à Madagascar". Une résolution de la Conférence des Ministres de l'Éducation nationale tenue à Paris en 1966 donnait mandat à la commission d'entreprendre une recherche approfondie sur les structures et les enseignements des Universités Africaines et malgaches, dans un large esprit de coopération interafricaine. Les conclusions de la réflexion menée par la Commission leur ayant été soumises à la Conférence de Niamey, tenue les 22 et 23 janvier 1968, les Chefs d'Etats de l'OCAM décidèrent la création du "Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur", regroupant à ce jour seize (16) Etats francophones d'Afrique et de l'Océan Indien. La convention portant statut et organisation du CAMES fut signée par les seize (16) Chefs d'Etat ou de Gouvernement, le 26 Avril 1972 à Lomé. Tous les textes juridiques ont été actualisés en 1998-1999 et le Conseil des Ministres du CAMES, a lors de la 17ème Session tenue à Antananarivo en Avril 2000, adopté l'ensemble des textes juridiques actualisés du CAMES, qu'on peut retrouver sur le site web <http://www.lecames.org/spip.php?article1>

Missions

- Promouvoir et favoriser la compréhension et la solidarité entre les Etats membres ;
- Instaurer une coopération culturelle et scientifique permanente entre les Etats membres ;
- Rassembler et diffuser tous documents universitaires ou de recherche : thèses, statistiques, informations sur les examens, annuaires, annales, palmarès, information sur les offres et demandes d'emploi de toutes origines
- Préparer les projets de conventions entre les États concernés dans les domaines de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et contribuer à l'application de ces conventions ;
- Concevoir et promouvoir la concertation en vue de coordonner les systèmes d'enseignement supérieur et de la recherche afin d'harmoniser les programmes et les niveaux de recrutement dans les différents établissements d'enseignement supérieur et de recherche, favoriser la coopération entre les différentes institutions, ainsi que des échanges d'informations.

Organisation

Le Conseil des Ministres

Le Conseil des Ministres est l'instance suprême du CAMES. Il regroupe tous les Ministres ayant en charge l'Enseignement Supérieur et/ou la Recherche Scientifique des pays membres. Il se réunit une fois l'an en session ordinaire et peut être convoqué en session extraordinaire. L'actuel Président du Conseil des Ministres est le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche de Côte d'Ivoire.

Le Comité des Experts

Le Comité des Experts prépare la session ministérielle. Il est composé de deux représentants par pays membre ou institution membre. Il se réunit une fois l'an en session ordinaire et peut être convoqué en session extraordinaire.

Le Comité Consultatif Général (CCG)

Il supervise et contrôle l'application de l'Accord portant création et organisation des Comités Consultatifs Interafricains. Ses membres sont des Recteurs ou Présidents d'Universités et des Directeurs des Centres Nationaux de Recherche. Les organismes signataires de l'Accord y sont représentés par leurs Directeurs.

SOMMAIRE

- Diversité, ethnobotanique et état de conservation des espèces de sous-bois des plantations de *Tectona grandis* L.f. au sud du Bénin.** 06
Hervé K. HESSOU^{1*}, Akouavi L. AÏTONDJ², Clément SEWADE^{2,3}, Gaudence J. DJEGO², Brice A. TENTE¹
- Caractérisation structurale des peuplements naturels de *Detarium senegalense* J.F. Gmel. (Caesalpiniaceae) au Bénin, Afrique de l'Ouest** 15
Benjamin A.K. DOSSA¹, Gérard N. GOUWAKINNOU², Bienvenue Nawan SOUROU¹, Towanou HOUETCHEGNON¹, Appolinaire A. WEDJANGNON¹, Bernard K. ODRADO¹, Christine OUINSAVI¹
- CARACTERISATION ET VALEUR NUTRITIONNELLE DES POISSONS FUMÉS CONSOMMÉS A BRAZZAVILLE: CAS DE *PROTOPTERUS DOLLOÏ*, *DISTICHODUS SPP* ET *CLARIAS SPP*** 24
MANANGA Vital^(1,2,3), ITOUAOKOUANGO Yvon Simplicie^(1,2), ZOLATCHINA Patience Amelia⁽¹⁾, ELENGA Michel^(1,2)
- Itinéraire technique et évaluation de la qualité du poisson-chat, *Clarias gariepinus* (Siluriformes, Clariidae) fumé et commercialisé au Bénin** 29
Adébayo Depo ; Joseph Dossou ; Victor Anihouvi
- Transformation du lait en fromage traditionnel «Tchoukou» par les coagulants des extraits des organes de *Calotropis procera*** 35
Issoufou Amadou^{1*}, Oumarou S. Samna^{1,2}, Mahamadou E. Gounga¹ et Abdou G. Adamou¹
- Impact de la conservation post récolte sur la taille et la digestibilité *in vitro* des granules de l'amidon de *Dioscrea alata* cultivar «brazo».** 40
SORH Souleymane¹, LIBRA Michel Archange^{2*}, DOSSO Mamadou², N'GUESSAN Kouadio Jean-Parfait¹, KOUAME Lucien Patrice¹
- Impact de la conservation post récolte sur la taille et la digestibilité *in vitro* des granules de l'amidon de *Dioscrea alata* cultivar «brazo».** 47
SORH Souleymane¹, LIBRA Michel Archange^{2*}, DOSSO Mamadou², N'GUESSAN Kouadio Jean-Parfait¹, KOUAME Lucien Patrice¹

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Politique éditoriale

La Revue CAMES publie des contributions originales (en français et en anglais) dans tous les domaines de la science et de la technologie et est subdivisée en 9 séries :

- **Sciences des structures et de la matière.** Elle couvre les domaines suivants : mathématiques, physique, chimie et informatique,
- **Sciences de la santé :** médecine humaine, médecine vétérinaire, pharmacie, odonto-stomatologie, productions animales ;
- **Sciences de la vie, de la terre et agronomie ;**
- **Sciences appliquées et de l'ingénieur ;** Littérature, langues et linguistique ;
- **Sciences humaines :** Philosophie, sociologie, anthropologie, psychologie, histoire et géographie ;
- **Sciences économiques et de gestion ;**
- **Sciences juridiques et politiques ;**
- **Pharmacopée et médecine traditionnelles africaines ;**

Toutes les séries publient en moyenne deux numéros par an.

Les contributions publiées par la Revue CAMES représentent l'opinion des auteurs et non celle du comité de rédaction ou du CAMES. Tous les auteurs sont considérés comme responsables de la totalité du contenu de leurs contributions.

Soumission et forme des manuscrits

La soumission d'un manuscrit à la Revue CAMES implique que les travaux qui y sont rapportés n'aient jamais été publiés auparavant, ne soient pas soumis concomitamment pour publication dans un autre journal et qu'une fois acceptés, ne fussent plus publiés nulle part ailleurs sous la même langue ou dans une autre langue, sans le consentement du CAMES.

Les manuscrits, dactylographiés en interligne double en recto sont soumis aux rédacteurs en chef des séries.

Les manuscrits doivent comporter les adresses postales et électroniques et le numéro de téléphone de l'auteur à qui doivent être adressées les correspondances. Les manuscrits soumis à la Revue CAMES doivent impérativement respecter les indications cidessous:

Langue de publication

La revue publie des articles rédigés en français ou en anglais. Cependant, le titre, le résumé et les mots-clés doivent être donnés dans les deux langues.

Ainsi, tout article soumis en français devra donc comporter, obligatoirement, «un titre, un abstract et des keywords», idem, dans le sens inverse, pour tout article en anglais (un titre, un résumé et des mots-clés).

Page de titre

La première page doit comporter le titre de l'article, les noms des auteurs, leur institution d'affiliation et leur adresse complète. Elle devra comporter également un titre courant ne dépassant pas une soixantaine de caractères ainsi que l'adresse postale de l'auteur, à qui les correspondances doivent être adressées.

Résumé

Le résumé ne devrait pas dépasser 250 mots. Publié seul, il doit permettre de comprendre l'essentiel des travaux décrits dans l'article.

Introduction

L'introduction doit fournir suffisamment d'informations de base, situant le contexte dans lequel l'étude a été entreprise. Elle doit permettre au lecteur de juger de l'étude et d'évaluer les résultats acquis.

Corps du sujet

Les différentes parties du corps du sujet doivent apparaître dans un ordre logique.

Conclusion

Elle ne doit pas faire double emploi avec le résumé et la discussion. Elle doit être un rappel des principaux résultats obtenus et des conséquences les plus importantes que l'on peut en déduire.

La rédaction du texte

La rédaction doit être faite dans un style simple et concis, avec des phrases courtes, en évitant les répétitions.

Remerciements

Les remerciements au personnel d'assistance ou à des supports financiers devront être adressés en terme concis.

Références

Les noms des auteurs seront mentionnés dans le texte avec l'année de publication, le tout entre parenthèses.

Les références doivent être listées par ordre alphabétique, à la fin du manuscrit de la façon suivante:

- **Journal** : noms et initiales des prénoms de tous les auteurs, année de publication, titre complet de l'article, nom complet du journal, numéro et volume, les numéros de première et dernière page.

- **Livres** : noms et initiales des prénoms des auteurs et année de publication, titre complet du livre, éditeur, maison et lieu de publication.

- **Proceedings** : noms et initiales des prénoms des auteurs et année de publication, titre complet de l'article et des proceedings, année et lieu du congrès ou symposium, maison et lieu de publication, les numéros de la première et dernière page.

Tableaux et figures

Chaque tableau sera soumis sur une feuille séparée et numéroté de façon séquentielle. Les figures seront soumises sur des feuilles séparées et numérotées,

selon l'ordre d'appel dans le texte.

La numérotation des tableaux se fera en chiffres romains et celle des figures en chiffres arabes, dans l'ordre de leur apparition dans le texte.

Photographies

Les photographies en noir & blanc et couleur, sont acceptées.

Procédure de révision

Les manuscrits sont soumis à la révision des pairs. Chaque manuscrit est soumis au moins à deux référés spécialisés. Les auteurs reçoivent les commentaires écrits des référés. Il leur est alors notifié, par la même occasion, l'acceptation ou le rejet de leur contribution.

NB : Le manuscrit accepté doit, après correction conformément aux recommandations des référés, être retourné aux différents rédacteurs en chef des séries, en format WORD ou DOC.

REDACTEURS EN CHEF DES REVUES

Les auteurs sont invités à envoyer directement leurs articles aux rédacteurs en chef des différentes séries:

- **Sciences des structures et de la matière:**

Pr ABDOULA YB Alassane: aabdouy@yahoo.com (Niamey)

- **Sciences de la santé:**

Pr TOURE Meissa mtoure@ised.sn (Dakar)

- **Sciences de la vie, de la terre et agronomie:**

Pr GLITHO Adolé I. iglitho@yahoo.fr (Lomé)

- **Sciences appliquées et de l'ingénieur:**

Pr FALL Meissa meissaJall@univ-thies.sn (Thiès)

- **Littérature, langues et linguistique:**

Pr AINAMON augustin ainamonaugustin@yahoo.fr (Cotonou)

- **Sciences humaines:**

Pr KADANGA Kodjona kkadanga59@yahoo.fr (Lomé)

- **Sciences économiques et de gestion:**

Pr ONDO Ossa Albert saon4@yahoo.fr (Gabon)

- **Sciences juridiques et politiques:**

Pr SOMA Abdoulaye tikansonsoma@yahooJr (Ouagadougou)

- **Pharmacopée et médecine traditionnelles africaines**

Pr OUAMBA Jean Maurille jm_maurille@yahoo.fr (Brazzaville)

Conformément à la **note d'information N° 0011.2018//CAMES/SG/KP du 28/02/2018**, adressée aux Rédacteurs en chef des Revues du **CAMES** (qui devient **RAMres : Revue Africaine et Malgache de Recherches Scientifiques**). Vous êtes priés de bien vouloir vous acquitter des **frais d'évaluation** de votre article qui s'élèvent à **25 000 F CFA** et d'envoyer votre reçu de paiement et une copie de votre manuscrit à l'adresse **iglitho_at_yahoo.fr**. Si votre article est accepté pour publication, après révision, vous paierez des **frais de publication** qui s'élèvent à **75 000 F CFA** avant sa parution dans la revue sur la plate-forme de gestion des publications.

NB: Les frais d'évaluation (25 000 F CFA) et de publication (75 000 F CFA) seront payés par envoi Wari au SG du CAMES (M. COULIBALY O. Pascal) et le code par SMS au +226 70 29 58 08, les reçus doivent être scannés et envoyés à l'adresse suivante <pocoulibaly_at_yahoo.fr>. avec copie au professeur GLITHO A. <iglitho_at_yahoo.fr> (PS: Prendre soin de remplacer _at_ par @ dans les e-mail ci-dessus.)

Diversité, ethnobotanique et état de conservation des espèces de sous-bois des plantations de *Tectona grandis* L.f. au sud du Bénin.

Hervé K. HESSOU^{1*}, Akouavi L. AÏTONDJ², Clément SEWADE^{2,3}, Gaudence J. DJEGO², Brice A. TENTE¹

Résumé

Au sud du Bénin, particulièrement en milieu rural, les populations utilisent les espèces du sous-bois pour satisfaire des besoins multiples. Cette étude effectuée dans les plantations domaniales de teck (*Tectona grandis* L.) du Sud Bénin vise à analyser l'importance des espèces de sous-bois utiles pour les populations locales. Un échantillon aléatoire de 379 personnes appartenant à quatre groupes socio-culturels (Holli, Fon, Aïzo et Goun) a été interviewé au moyen d'une enquête semi-structurée, dans trois Districts Phytogéographiques (DP) du Bénin. Les différentes catégories d'usages des espèces ont été identifiées et utilisées pour calculer les taux d'usages. Les espèces ayant un taux d'usage d'au moins 2 % ont été considérées pour une Analyse Canonique des Correspondances (ACC) dans le logiciel R version 3.3.2. Cette analyse a permis d'apprécier l'importance des catégories d'usage au sein des groupes socio-culturels. Les facteurs de menaces ont été appréciés à l'aide d'indices de vulnérabilité (IV). Les résultats ont révélé que sur un total de 245 espèces recensées, 41 d'entre elles sont les plus utilisées. Ces dernières sont regroupées en 40 genres et 29 familles dominées par des Leguminosae (23,80 %). Les Holli du plateau utilisent beaucoup plus les espèces *Andropogon tectorum*, *Annona senegalensis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Dichapetalum madagascariense* en médecine traditionnelle. Par contre, les Aïzo et les Goun de l'Ouémé utilisent *Psidium guajava* dans l'alimentation. Par ailleurs, *Azelia africana*, *Andropogon tectorum*, *Bryophyllum pinnatum*, *Daniellia oliveri* sont plus utilisées par les Fon du zou dans les pratiques cultuelles. Aucune des espèces de sous-bois n'a une valeur de vulnérabilité élevée (indice compris entre 1 et 3). Vu l'importance des espèces de sous-bois de plantations de teck pour les populations locales, il est nécessaire de mettre en place des mesures de conservation durable de ces ressources à travers la sensibilisation et les techniques d'aménagement approprié du sous-bois.

Mots-clés : plantation domaniale ; catégories d'usage ; groupes socio-linguistiques ; phytodiversité, sous-bois.

Abstract

Diversity, ethnobotany and conservation status of undergrowth species in the plantations of *Tectona grandis* L.f. in southern Benin.

In southern Benin, particularly in rural areas, people use underbrush species to meet multiple needs. This study, carried out in the south of Benin Republic in *Tectona grandis* state plantations, aims to analyze importance of useful undergrowth species for local populations. A random sample of 379 people from four socio-cultural groups (Holli, Fon, Aïzo and Goun) was interviewed using a semi-structured survey in three Phytogeographical Districts (PD) of Benin. The different use categories were identified and used to calculate use rates. Species with a use rate of at least 2 % were considered for a Canonical Correspondence Analysis (CCA) in R statistical software version 3.3.2. This analysis made it possible to assess importance of use categories within socio-cultural groups in three Phytogeographic Districts (DP) of Benin. Threat factors were assessed using vulnerability indices (IV). Results revealed that out of a total of 245 species recorded, 41 are the most commonly used. These are grouped into 40 genera and 29 families dominated by Leguminosae (23.80 %). The Holli of the plateau most use species like *Andropogon tectorum*, *Annona senegalensis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Dichapetalum madagascariense*, in traditional medicine. On the other hand, the Aïzo and Goun of Ouémé use *Psidium guajava* in food. In addition, *Azelia africana*, *Andropogon tectorum*, *Bryophyllum pinnatum*, *Daniellia oliveri* are more commonly used by Fon of zou in religious practices. None of the undergrowth species is a high vulnerability value (index between 1 and 3). Given the importance of undergrowth species in teak plantations for the local population, it is necessary to put in place measures for the sustainable conservation of these resources through awareness-raising and appropriate undergrowth management techniques.

Keywords: domain planting; use categories; socio-linguistic groups; undergrowth species

¹Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE), Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP : 526 Recette Principale, Cotonou (Bénin), République du Bénin

²Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP : 526 Recette Principale, Cotonou (Bénin), République du Bénin

³Ecole de Foresterie Tropicale (EFoT), Université Nationale d'Agriculture

(UNA), BP : 43 Kétou (Bénin), République du Bénin

*Auteur correspondant : hervehessou3@gmail.com

HESSOU Kokou Hervé¹, hervehessou3@gmail.com

Akouavi L. AÏTONDJ², leaitondji@gmail.com

Clément SEWADE^{2,3}, sewadec@yahoo.fr

Gaudens J. DJEGO², [gdjego@yahoo.fr](mailto:g djego@yahoo.fr)

Brice A. TENTE¹, tentebrice@gmail.com

1. INTRODUCTION

Au Bénin, les aires ont été gérées de manière répressive et exclusive par les Etats depuis la période coloniale jusqu'aux années 1990 (Djogbénu, 2010). L'interdiction d'accès aux forêts classées sans les moyens de la faire respecter a ouvert la voie à l'accès libre au profit d'une déforestation accrue (Andriananja, 2006). Ces écosystèmes forestiers cibles étaient depuis plusieurs décennies le théâtre de maintes activités

anthropiques : agriculture, élevage, exploitation forestière incontrôlée, braconnage, feux de végétation (Djogbénu *et al.*, 2011) avec pour corollaire une perte annuelle d'environ 75.000 ha de terre entre 1990 et 2010 (FAO, 2010). Face à cette situation, le Bénin a opté depuis 1986 pour un vaste programme de reboisement en teck dans les plantations domaniales de l'Etat pour produire de bois d'œuvre. La richesse spécifique de ces plantations domaniales de teck (20 000 hectares) environ au sud et centre du Bénin (Ganglo, 2005)

est estimée environ au dixième de la flore du Bénin (Ganglo, 2001). Ainsi les nouvelles formes d'exploitation forestière locales sont exclusivement reportées aux essences du sous-bois des plantations de teck et aux perches émanant des éclaircies des plantations domaniales. A cet effet, le sous-bois apparaît comme une végétation développée sous la strate supérieure constituant la canopée des formations forestières et jouant le rôle d'écran à la pénétration du rayonnement solaire (Ganglo *et al.*, 2001 ; Djègo *et Sinsin*, 2006 ; Ngueguim *et al.*, 2010). Par ailleurs, le sous-bois représente la végétation, la régénération d'espèces ligneuses indigènes sous les canopées des plantations d'arbres (Senbeta *et Teketay*, 2001). Dans la présente étude, le sous-bois regroupe toutes espèces, herbes, arbustes et lianes y compris les espèces de régénération. Ces sous-bois, identifiés comme des essences d'usage ethnobotanique, un intérêt croissant leur est désormais accordé. Cet intérêt vise leur utilisation comme bois de service, bois alimentaire, bois spirituel, et comme médicament (phytothérapie) pour satisfaire les besoins des populations autochtones (Bellefontaine *et al.*, 2015). Cette dépendance des populations locales africaines vis-à-vis des ressources forestières pourrait être une menace pour la survie de ces espèces végétales soumise aux pressions humaines (Adjahossou *et al.*, 2018). De nombreuses études au Bénin (Assogbadjo *et al.*, 2008 ; Fandohan *et al.*, 2010 ; Houéhanou *et al.*, 2011) et ailleurs (Dourma, 2011) se sont intéressés à concilier les moyens de subsistance des populations locales et l'exploitation des ressources locales vulnérable, en se focalisant sur les aspects ethnobotaniques et socio-économiques. De nos jours, l'exploitation de sous-bois de teck connaît des restrictions au point où les essences de valeurs (*Khaya senegalensis*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Adansonia digitata*, *Azizelia africana*, etc...) sont en train de subir des opérations de mise en défend aux usagers. Cette dépendance avérée vis-à-vis de ces ressources peut constituer à moyen terme une source de vulnérabilité pour des espèces végétales négligées et sous utilisées du sous-bois des plantations domaniales (*Rourea coccinea*, *Abrus precatorius*, *Paullinia pinnata*, *Senna alata*). Mieux, au cours des dernières années, la place de la diversification dans les stratégies communautaires a été largement reconnue, notamment en Afrique au Sud du Sahara (Bigsten *et Tengstam*, 2011 ; Hilsen, 2011 ; Zinsoukhan *et al.*, 2014). Dans ce cadre, les essences négligées ou sous utilisées offrent des potentialités pour la diversification des sources de revenus. En effet, en dehors des essences de valeur, il existe de nombreuses espèces dites négligées ou sous utilisées (Bioversity International, 2013). Elles sont exploitées par les populations locales, mais ne bénéficient que d'une faible attention de la part des décideurs et des chercheurs (Zinsoukhan, 2014). Les essences négligées ou sous utilisées présentent un potentiel considérable pour accroître la production alimentaire, assurer la sécurité alimentaire des populations, assurer la couverture des besoins en soins de santé, et contribuer à l'effort de réduction de la pauvreté (Kahane *et al.*, 2013 ; Mayes *et al.*, 2012). Les formes d'utilisation, inspirées de l'ethnobotanique, permettent de comprendre l'utilité d'une espèce pour les populations (Fandohan *et al.*, 2010 ; Vodouhé *et al.*, 2009). Ainsi, l'ethnobotanique quantitative s'avère impérieuse pour capitaliser les savoirs traditionnels dans les stratégies de gestion des ressources forestières (Yaoitcha *et al.*, 2015 ; Akpona *et al.*, 2017). De même, les connaissances sur la manière dont les populations locales déterminent l'exploitation des ressources de sous-bois de tecks apparaissent capitales pour apprécier la vulnérabilité des ressources biologiques et envisager une

exploitation durable avec les acteurs spécifiques concernés au niveau local. Eu égard de ce qui précède, le développement des mesures d'accompagnement pour la conservation durable de la phytodiversité du sous-bois des plantations au Bénin, nécessite une amélioration des connaissances ethnobotaniques et de vulnérabilité. Face à la problématique soulevée par plusieurs auteurs (Djègo *et Sinsin*, 2006) et qui rend compte des interactions négatives des plantations vis-à-vis des essences de sous-bois forestier en contraste aux revenus communautaires, il est nécessaire d'explorer la diversité de ces espèces ainsi que les fonctions et usages qu'elles revêtent à l'échelle locale. Les enjeux actuels liés à l'utilité du sous-bois ou sa capacité à fournir des services écosystémiques et à répondre aux besoins des communautés soulèvent les questions de recherche ci-après :

– le contexte ethnobotanique explique-t-il la diversité floristique des espèces de sous-bois forestier ?

– la valeur d'usage actuelle des espèces de sous-bois des plantations de *Tectona grandis* révèle-t-elle leur vulnérabilité ?

Ainsi, la présente étude vise à analyser la diversité floristique, l'importance ethnobotanique et la vulnérabilité des espèces de sous-bois.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Milieu d'étude

La sélection des informateurs a été faite de façon aléatoire et a porté sur huit localités (Awaya, Agadjaligbo, Agrimey, Zalimey, Atchérigbé, Toffo-gare, Djigbé-agué, Agonko) en tenant compte de la distribution des villages dans le milieu d'étude et de leur effet de proximité par rapport aux plantations domaniales de *Tectona grandis* de la Lama, Dogo-Kétou, Agrimey, Toffo, Bonou, Atchérigbé et de Djigbé. Ces plantations se situent dans les départements de l'Atlantique, du Zou, de l'Ouémé et du Plateau, entre les latitudes 6° 20 et 8° 42 Nord et entre les longitudes 1° 38 et 2° 37 Est (figure 1). Les huit villages considérés hébergent une population de 50414 habitants (INSAE, 2016). Le climat est bimodal avec deux saisons de pluie et deux saisons sèches d'inégale durée. Les hauteurs moyennes annuelles des pluies varient entre 1000 et 1200 mm. Les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 25,86 à 27,7°C avec des valeurs extrêmes pouvant aller de 24°C de Décembre à Janvier et 30,06°C de Février à Mars ; et une humidité relative basse 10 à 50 % de Décembre à Janvier et à forte de 70 à 80 % de Juillet à Août. La végétation du sous-bois des plantations de *Tectona grandis* occupe le dixième de la flore du Bénin (Ganglo, 2001). Les espèces les plus fréquentes sont *Lecaniodiscus cupanioides*, *Paullinia pinnata*, *Deinbollia pinnata*, *Chassalia kollyi*, *Cremaspora triflora*, *Morinda lucida*, *Mallotus oppositifolius*, *Monodora tenuifolia* (Houngnon *et Mounouni*, 1992), mais elles n'en demeurent pas les seules. Les populations locales autour des plantations appartiennent principalement aux groupes socio-linguistiques Holli, Fon, Goun et Aïzo. Les principales activités autour des forêts sont l'agriculture, l'élevage, la chasse et le petit commerce.

2.2. Échantillonnage et source des données

Deux principaux types de données ont été utilisés : les données primaires (issues des enquêtes) et les données secondaires (issues de la littérature). Les données primaires ont été collectées au moyen d'enquêtes ethnobotaniques. En prélude à la collecte de données primaires, un sondage préliminaire a été fait au niveau de 80 personnes choisies au hasard dans la population pour savoir si elles utilisent des espèces de sous-bois.

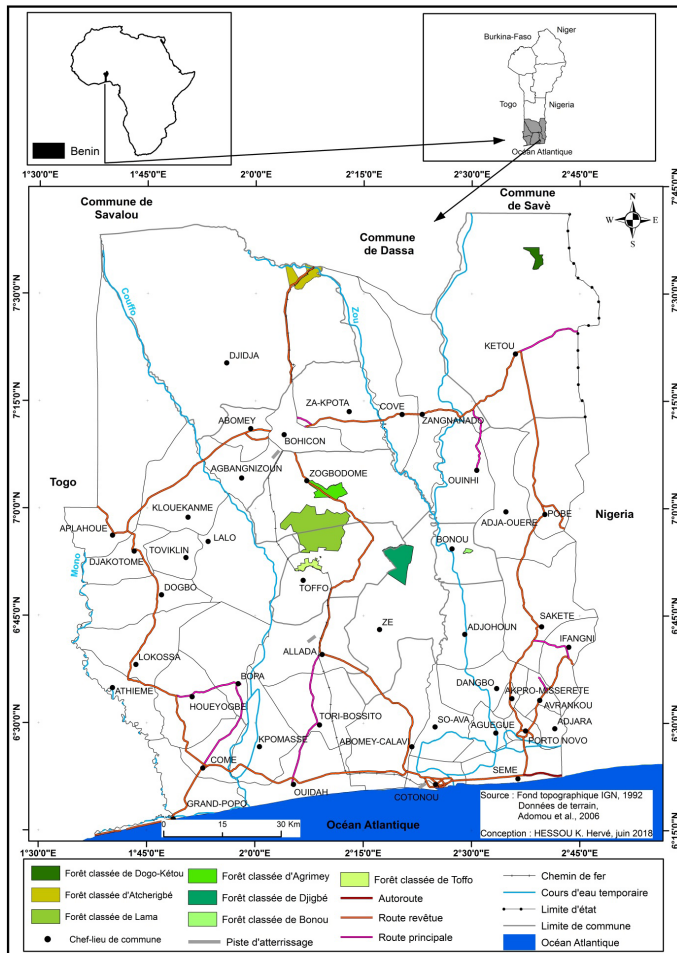


Figure 1 : Milieu d'étude (plantations et villages riverains)

Pour cette première phase, la proportion p (%) des personnes utilisant des espèces de sous-bois a été estimée à 56,25 %. La taille de l'échantillon des enquêtés, n_1 a été calculée en utilisant l'approximation Normale de la distribution binomiale (Dagnelie, 1998) :

$$n_i = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 \cdot xP(1-P)}{d^2}$$

$U_{1-\alpha/2}^2 - \frac{\alpha}{2} = 1,96$ (pour un risque $\alpha = 0,05$); $P = 45/80 = 0,5625$ est la proportion de personnes enquêtées connaissant ou utilisant les espèces de sous-bois; d est l'erreur marginale fixée à 0,05. La valeur de n_i calculée est de 378,15 et a été arrondie à 379.

La démarche d'enquête ethnobotanique dans son ensemble a permis de rassembler des informations quantitatives et qualitatives sur :

- la diversité de sous-bois;
- les fonctions, les usages possibles et spécifiques des différentes espèces utiles ainsi que des services fournis aux populations;
- les paramètres d'appréciation de la vulnérabilité des espèces connues et sollicitées par les populations dans le milieu d'étude ;
- les noms vernaculaires des espèces et l'importance de l'utilisation de chaque espèce ;

Au cours des enquêtes pour la collecte des données, certaines espèces citées et décrites en langue locale par les communautés n'ont pas pu être identifiées immédiatement. Pour ce faire, des randonnées ethnobotaniques ont été organisées avec des enquêtés pour la collecte des échantillons de ces espèces. Les échantillons ont été identifiés à l'aide de la flore analytique du Bénin (Akoegninou *et al.*, 2006) et de la flore de de Souza (1988).

2.3. Traitement et analyse des données ethnobotaniques

À partir du traitement des données ethnobotaniques et des données socio-démographiques, il a été réalisé des analyses sur :

- les valeurs d'usage des espèces ;
- la disponibilité des espèces ou l'abondance de celles-ci ;
- l'évaluation de la vulnérabilité des espèces de sous-bois des plantations. Les différents paramètres pour le calcul des valeurs d'usage sont les suivants.

La fréquence de citation (F) d'une espèce correspond au rapport entre le nombre d'enquêtés (n) ayant cité l'espèce et le nombre total d'enquêtés (N) : $F = \frac{n}{N} \cdot 100$

Pour évaluer l'intensité des usages en relation avec les facteurs sociaux investigués, la valeur d'usage total (VU) a été calculée pour chaque essence. La (VU) est la moyenne des nombres d'usages assignés par les enquêtés à chaque essence.

$$VU = \sum_{i=1}^n \frac{U_i}{N} \text{ (Philips et Gentry, 1993) avec :}$$

U_i : Nombre d'usages mentionnés par l'informateur i du groupe social, variant de 0 à 4;

N : Nombre total d'informateurs interviewés par modalité de chaque facteur.

L'espèce ayant la valeur la plus élevée est celle dont l'usage est le plus reconnu. Le calcul des valeurs d'usage basé sur le nombre des usages et le nombre de personnes ayant cité une espèce donnée permet de connaître les espèces les plus importantes pour une communauté (Albuquerque *et al.*, 2006). Ainsi, plus la valeur d'usage est élevée, plus l'espèce est importante. Les espèces considérées importantes dans cette étude sont celles ayant un taux d'usage d'au moins 2 %. Une Analyse Canonique des Correspondances (ACC) a été réalisée avec le logiciel R version 3.3.2 sur le tableau croisé des données liées aux groupes socio-linguistiques et les espèces les plus citées suivant les catégories d'usage et district phytogéographique. Cette analyse a permis d'apprécier le comportement des groupes socio-linguistiques en relation avec les formes d'usage des espèces dans le milieu d'étude

2.4. Analyse des facteurs de vulnérabilité des espèces du sous-bois

Pour faire ressortir les principales espèces potentiellement vulnérables, l'indice du risque de vulnérabilité des espèces a été calculé (IV) (Betti, 2001 ; Traoré *et al.*, 2011 ; Badjaré *et al.*, 2018). Ainsi, le risque de vulnérabilité, dont l'évaluation repose essentiellement sur les sollicitations des espèces et de leurs organes et pas directement sur la rareté ou l'abondance de l'espèce, a été calculé sur la base de quatre paramètres que sont :

- la fréquence de citation de l'espèce ;
- le nombre de catégories d'usage dans lequel se retrouve l'espèce ;
- le mode de prélèvement ;
- l'organe utilisé.

Ces paramètres représentent des indicateurs majeurs des pressions et menaces exercées sur les espèces de sous-bois sollicitées dans le milieu d'étude. Une échelle de 1 à 3 a été attribuée à ces paramètres (tableau I). La valeur 1 indique un

faible risque de vulnérabilité de l'espèce pour les paramètres indiqués, la valeur 2 représente un risque moyen de vulnérabilité et 3 caractérise une espèce à risque élevé de vulnérabilité. Lorsque plusieurs parties d'une plante sont sollicitées dans un usage, seule la partie qui a la plus grande valeur issue de l'échelle de vulnérabilité est prise en compte dans le calcul des indices (Traoré *et al.*, 2011). Sur la base des informations contenues dans le tableau I, l'indice de vulnérabilité est calculé à partir de la formule (Betti, 2001 ; Traoré *et al.*, 2011 ; Badjaré *et al.*, 2018): $IV =$

Tableau I : Paramètres majeurs pris en compte pour le calcul de l'indice de vulnérabilité (adapté de Betti, 2001 ; Traoré *et al.*, 2011)

Paramètres retenus	Faible (échelle = 1)	Moyenne (échelle = 2)	Forte (échelle = 3)
Fréquence de citation : P1	$P1 < 5 \%$	$5\% \leq P2 < 15\%$	$P3 \geq 15 \%$
Nombre d'usages : P2	$P2 < 2$	$2 \leq P2 \leq 4$	$P2 \geq 5$
Organe végétal utilisé : P3	Feuille, latex	Fruit	Bois, graine, écorce, racine, fleur
Mode de collecte de l'organe : P4	Ramassage	-	Cueillette, coupe

En définitive, la vulnérabilité forte est attribuée pour des indices totaux strictement supérieurs à 6, celle caractérisée de moyenne est attribuée pour des indices totaux compris entre 3 et 6 et la vulnérabilité relativement faible correspond aux indices compris entre 1 et 3 (Betti, 2001 ; Traoré *et al.*, 2011 ; Badjaré *et al.*, 2018).

3. RÉSULTATS

3.1. Diversité floristique des espèces de sous-bois de *Tectona grandis* utiles aux populations

Au total 245 espèces ont été recensées auprès des populations dont 41 présentent une valeur d'usage qui atteint un seuil minimum critique (0,02). Ces essences retenues sont réparties en 40 genres et 29 familles. La figure 2 indique l'effectif des espèces par famille. Elle montre une prédominance des Leguminosae (19,51 %), suivi des Solanaceae (7,31 %), des Hippocrateaceae, des Malvaceae et des Poaceae (4,87 % chacune). Les 24 autres familles ont une valeur constante de représentativité (3,44%) des taxons (figure 2)

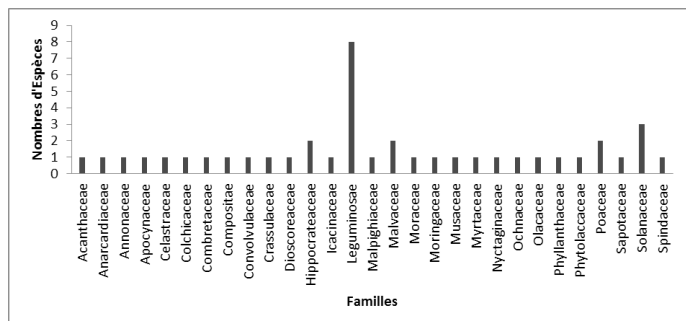


Figure 2 : Effectif des espèces par famille (Akouègninou *et al.*, 2006)

3.2. Usages des espèces de sous-bois de *Tectona grandis*

La typologie des utilisations possibles fait ressortir des 1407 citations enregistrées dans huit principaux usages reconnus par les populations riveraines des plantations domaniales de la Lama, de Dogo-Kétou, d'Agrimey, de Toffo, de Bonou, d'Atchéribé et de Djigbé. L'ensemble des citations donnent,

comme fréquence 63 % pour l'utilisation médicinale (avec 40 espèces inventoriées), 8,84 % pour l'utilisation fourragère (28 espèces répertoriées), 7,96 % pour le commerce (avec 21 espèces identifiées), 7,96 % pour les besoins rituels (23 espèces répertoriées), 6,19 % pour les besoins alimentaires (avec 10 espèces identifiées), 4,42 % (5 espèces identifiées) pour la construction, 0,88 % pour brosse végétale (4 espèces répertoriées), et 0,75% (3 espèces répertoriées) pour le service bois de feu. Les principales espèces médicinales rapportées sont: *Khaya senegalensis*, *Senna alata*, *Momordica charantia*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, et *Ocimum gratissimum*. Les espèces fréquemment citées comme espèces sollicitées sur le plan alimentaire sont, entre autres *Ocimum gratissimum*, *Uvaria chamae*, *Spigelia anthelmia*, *Adansonia digitata*, *Dialium guineense*, *Mangifera indica*, *Vitellaria paradoxa*. Les espèces fourragères fréquemment citées sont *Khaya senegalensis*, *Uvaria chamae*, *Chromolaena odorata*, *Senna siamea*, *Mangifera indica*, *Vitellaria paradoxa*. Les espèces à valeur commerciale sont *Khaya senegalensis*, *Momordica charantia*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Sacocephalus latifolius*, *Acridocarpus smeathmanii*, *Caesalpinia bonduc*, *Adansonia digitata*, *Prosopis africana*, *Dialium guineense*, *Mangifera indica*. Les espèces citées comme faisant objet d'usage dans le cultuel sont *Khaya senegalensis*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Uvaria chamae*, *Spigelia anthelmia*, *Chromolaena odorata*, *Abrus precatorius*, *Acridocarpus smeathmanii*, *Adansonia digitata*, *Prosopis africana*. Les espèces comme *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Prosopis africana* sont utilisées sous formes de brosse végétale.

3.3. Valeurs d'usage des principales espèces sollicitées

Suivant les valeurs d'usage (tableau II), il apparait que sur les 41 premières essences utiles répertoriées, *Khaya senegalensis* (6,00) est l'espèce dont l'usage est le plus connu dans le sous-bois et donc

Tableau II : Valeurs (VUsp) et nombres (NUsp) d'usages des principales espèces

Espèce	NUsp	VUsp
<i>Khaya senegalensis</i>	42	0,06
<i>Senna alata</i>	41	0,06
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	39	0,06
<i>Momordica charantia</i>	34	0,05
<i>Ocimum gratissimum</i>	30	0,05
<i>Imperata cylindrica</i>	29	0,04
<i>Uvaria chamae</i>	28	0,04
<i>Spigelia anthelmia</i>	27	0,04
<i>Nauclea latifolia</i>	26	0,04
<i>Chromolaena odorata</i>	25	0,04
<i>Abrus precatorius</i>	22	0,03
<i>Acridocarpus smeathmanii</i>	22	0,03
<i>Caesalpinia bonduc</i>	22	0,03
<i>Adansonia digitata</i>	21	0,03
<i>Prosopis africana</i>	18	0,03
<i>Senna siamea</i>	18	0,03
<i>Dialium guineense</i>	16	0,02
<i>Mangifera indica</i>	16	0,02
<i>Mallothus oppositifolius</i>	16	0,02
<i>Vitellaria paradoxa</i>	15	0,02
<i>Azadirachta indica</i>	15	0,02
<i>Heliotropium indicum</i>	15	0,02
<i>Andropogon tectorum</i>	14	0,02
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	14	0,02
<i>Pavetta crassipes</i>	14	0,02
<i>Annona senegalensis</i>	13	0,02
<i>Phyllanthus amarus</i>	13	0,02
<i>Spondias mombin</i>	13	0,02
<i>Azelia africana</i>	12	0,02
<i>Dracaena arborea</i>	12	0,02
<i>Jatropha curcas</i>	12	0,02
<i>Mondia whitei</i>	11	0,02
<i>Pterocarpus santalinoides</i>	11	0,02
<i>Dichapetalum madagascariense</i>	11	0,02
<i>Psidium guajava</i>	11	0,02
<i>Bryophyllum pinnatum</i>	10	0,02
<i>Daniellia oliveri</i>	10	0,02
<i>Leucaena glauca</i>	10	0,02
<i>Lophira lanceolata</i>	10	0,02
<i>Paullinia pinnata</i>	10	0,02
<i>Rourea coccinea</i>	10	0,02

l'arbre le plus sollicité.

différents groupes socio-linguistiques suivant les districts

Espèces	Fréquence de Citation	Nombre de catégories d'usage	Organe utilisé	Mode de Collecte	Indice de Vulnérabilité
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	0,05	5	F, R, E	Cu, Corg	2,51
<i>Mangifera indica</i>	0,03	5	F, R, E	Ra, Corg	2,51
<i>Azelia africana</i>	0,02	5	F, R, E	Cu, Corg	2,50
<i>Khaya senegalensis</i>	0,07	4	F, R, E	Cu, Corg	2,27
<i>Prosopis africana</i>	0,03	4	F, R, E	Cu, Corg	2,26
<i>Adansonia digitata</i>	0,03	4	F, R, E	Cu, Corg	2,26
<i>Vitellaria paradoxa</i>	0,02	5	F, E	Ra, Corg	2,26
<i>Annona senegalensis</i>	0,02	5	Fr, F	Ra + Corg	2,25
<i>Pterocarpus santalinoides</i>	0,02	4	F, R, E	Cu, Corg	2,25
<i>Daniellia oliveri</i>	0,02	4	F, R, E	Ra, Corg	2,25
<i>Psidium guajava</i>	0,02	5	Fr, F	Cu	2,25
<i>Acridocarpus smeathmanii</i>	0,03	3	F, R, E	Cu, Corg	2,01
<i>Caesalpinia bonduc</i>	0,03	2	R, E, G	Cu, Corg	2,01
<i>Dialium guineense</i>	0,03	4	Fr, E	Ra	2,01
<i>Dichapetalum madagascariense</i>	0,02	4	Fr, E	Ra	2,00
<i>Uvaria chamae</i>	0,04	3	Fr, E	Ra	1,76
<i>Senna siamea</i>	0,03	3	F, Br	Cu, Corg	1,76
<i>Azadirachta indica</i>	0,02	3	F, Fr, E	Ra, Ce	1,76
<i>Lophira lanceolata</i>	0,02	2	F, R, E	Cu, Corg	1,75
<i>Sarcocephalus latifolius</i>	0,04	2	F, Fr	Cu, Corg	1,51
<i>Spigelia anthelmia</i>	0,04	4	F	Cu	1,51
<i>Chromolaena odorata</i>	0,04	4	F	Corg	1,51
<i>Mallotus oppositifolius</i>	0,02	4	F	Corg	1,51
<i>Spondias mombin</i>	0,02	2	F	Cu+ Corg	1,50
<i>Mondia whitei</i>	0,02	4	F	Corg	1,50
<i>Ocimum gratissimum</i>	0,05	3	F	Corg	1,26
<i>Abrus precatorius</i>	0,03	3	F	Corg	1,26
<i>Anogeissus leiocarpa</i>	0,02	2	F, E	Cu	1,26
<i>Phyllanthus amarus</i>	0,02	3	F	Corg	1,25
<i>Senna alata</i>	0,07	1	F, Fr	Cu	1,02
<i>Momordica charantia</i>	0,06	2	F	Corg	1,01
<i>Imperata cylindrica</i>	0,04	2	F	Corg	1,01
<i>Andropogon tectorum</i>	0,02	2	F	Corg	1,01
<i>Jatropha curcas</i>	0,02	2	F, E	Corg	1,00
<i>Bryophyllum pinnatum</i>	0,02	2	F	Cu	1,00
<i>Paullinia pinnata</i>	0,02	2	F	Corg	1,00
<i>Heliotropium indicum</i>	0,02	1	F	Cu	0,76
<i>Pavetta crassipes</i>	0,02	1	F	Corg	0,76
<i>Dracaena arborea</i>	0,02	1	F	Corg	0,75
<i>Leucaena glauca</i>	0,02	1	F	Corg	0,75
<i>Rourea coccinea</i>	0,02	1	F	Corg	0,75

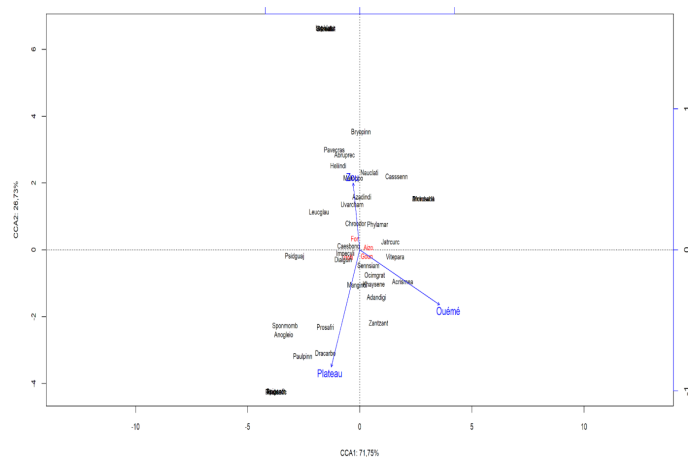


Figure 3 : Typologie des espèces suivant l'ethnie et le district phytogéographique

D'autres espèces, entre autres, *Senna alata*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Momordica charantia*, *Ocimum gratissimum*, *Imperata cylindrica*, *Uvaria chamae*, *Spigelia anthelmia*, *Sarcocephalus latifolius* et *Chromolaena odorata* figurent parmi les essences utiles identifiées dans la zone.

3.4. Valeur ethnobotanique des espèces de sous-bois de *Tectona grandis*

L'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) effectuée sur les données liées aux groupes sociolinguistiques et districts phytogéographiques montre que l'ensemble des deux premiers axes expliquent environ 98 % de l'information initiale, ce qui est plus que suffisant pour garantir une précision de l'information qu'ils détiennent (figure 3).

Le nombre d'espèces répertoriées par les répondants des

phytogéographiques ont montré des différences significatives au niveau de toutes les ethnies. En général, les Holli et les Fon ont inscrit un plus grand nombre d'espèces dans les catégories d'usage médicinal et culturel. L'ACC révèle que les Holli du plateau préfèrent *Annona senegalensis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Dichapetalum madagascariense*, *M. whitei*, *Paullinia pinnata*, *P. santalinoides*, *R. coccinea*, *S. anthelmia*, *S. mombin*, *A. tectorum* pour la médecine traditionnelle, alors que les Aizo et Goun de l'Ouémé utilisent beaucoup plus *P. guajava* dans l'alimentation (fig. 3). Les Fons du zou font grand usage de *A. africana*, *A. tectorum*, *B. pinnatum*, *D. oliveri*, *D. arborea*, *H. indicum*, *L. lanceolata*, *P. pinnata*, *P. crassipes*, *S. alata* dans les pratiques culturelles.

3.5. Vulnérabilité des espèces de sous-bois de *Tectona grandis*

Les indices de vulnérabilités et les valeurs de paramètres de vulnérabilité sont consignés dans le tableau III.

Il ressort de l'analyse du tableau III que le calcul des indices du risque de vulnérabilité (IV) basé sur les sollicitations (fréquence de citation ; catégories d'usage ; organe utilisé ; et mode de collecte) des espèces étudiées, présentent un risque de vulnérabilité faible (indice comprise entre 0 et 2,5). Ces résultats confirment que parmi les 41 espèces étudiées, aucune valeur n'a un seuil de vulnérabilités critiques.

4. DISCUSSION

4.1. Diversité floristique des espèces de sous-bois de *Tectona grandis*

Les espèces de sous-bois des plantations domaniales de *Tectona grandis* constituent le principal recours des populations riveraines pour la médecine traditionnelle, l'alimentation, le culturel et les fourrages en dehors des champs, savanes, jachères, et forêts naturelles. En effet, au niveau des 245 espèces de sous-bois inventoriés, 41 soit 16,73 % sont plus utilisées. Ce qui explique que les riverains ne font pas uniquement usages

des espèces de sous-bois. L'hypothèse de vulnérabilité suivant laquelle les espèces de sous-bois subissent de pressions plus que d'autres espèces est rejetée, car les espèces du sous-bois présentent des indices de vulnérabilité relativement faibles (0 à 2,51). Suivant les différentes catégories d'usage, il apparaît que sur les 41 espèces utiles répertoriées, *Khaya senegalensis*, *Senna siamea*, *Zanthoxylum zanthoxyloides* (0,06) sont des espèces dont leurs usages sont les plus connus dans les plantations domaniales de *Tectona grandis* et donc les espèces de sous-bois les plus sollicitées. La richesse spécifique de ces espèces, représentent 1,46 % de la flore du Bénin estimée à 2 807 espèces (Akoègninou *et al.*, 2006 ; Adomou, 2010). Ces résultats corroborent ceux de Ganglo (2001) qui a révélé que les plantations des tecks hébergent environ le dixième de la flore du Bénin. Dans les milieux naturels, chaque type de végétation est caractérisé par une structure et une diversité floristique marquée par des dominances de familles, de genres ou d'espèces (Jaffré et Veillon, 1991). La forte prédominance des Leguminosae observée dans le sous-bois pourrait être expliquée par le fait que la flore locale est naturellement prédominée par cette famille (White, 1983 ; Oumorou, 2003 ; Wala, 2004 ; Neuenschwander *et al.*, 2011 ; Aïtondji *et al.*, 2015). Ces résultats confirment une forte utilisation des Leguminosae et corroborent bien aux observations de Sèwade *et al.* (2016) sur les ligneux fourragers dans la zone de transition Guinéo-congolaise et Soudanienne du Bénin. En comparaison à des études précédentes, la diversité floristique est relativement plus faible que les 600 espèces dénombrées dans des plantations d'eucalyptus au Congo (Tassin *et al.*, 2011). Elle est par contre plus élevée que les 86 espèces dénombrées dans les plantations de café et de cacao de Monogaga en Côte d'Ivoire (Adou Yao et N'Guessan, 2006) ; 42 dans les plantations forestières de Mangombe-Edea au Cameroun (Ngueguim *et al.*, 2010). Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces différences, dont notamment les variations des conditions pédoclimatiques et leurs influences sur la distribution spatiale et géographique des flores (Adomou *et al.*, 2006)

4.2. Usage ethnobotanique des espèces de sous-bois suivant des districts phytogéographiques

La présente étude a révélé une variation interculturelle en relation avec les districts phytogéographiques dans les usages des espèces de sous-bois. Par exemple les Holli du plateau considèrent les espèces du sous-bois *A. senegalensis*, *A. leiocarpus*, *D. madagascariense*, *M. whitei*, *P. pinnata*, *P. santalinoides*, *R. coccinea*, *S. anthelmia*, *S. mombin*, *A. tectorum*, comme des espèces ayant un pouvoir médico-traditionnel (Zabouh, 2014). Alors que chez les Fons du zou, parmi les espèces citées dans la tradition, c'est plutôt *A. africana* qui est plus utilisé dans les cérémonies spirituelles et funéraires (Badjaré *et al.*, 2018 ; Koumantiga *et al.*, 2013). Par ailleurs, les Aïzo et les Goun de l'Ouémé préfèrent plus les fruits parmi les différents usages de sous-bois comme *P. guajava*, pour satisfaire leurs besoins alimentaires (Agbahoungba *et al.*, 2016 ; Assogbadjo *et al.*, 2008 ; Debella *et al.*, 2011). Ce constat traduit le degré de satisfaction des populations riveraines par rapport à ces espèces (Loughbégnon *et al.*, 2011) et montre que l'importance accordée à une espèce ne dépend pas de sa disponibilité mais de sa capacité à satisfaire les besoins des populations dans les différentes catégories d'usages. Ces usages confirment les réalités dans le milieu d'étude sur les liens de mariage. Ils renforcent en effet les relations interethniques

qui restent dynamiques dans le temps et dans l'espace avec des influences certaines sur les habitudes, les comportements et les connaissances endogènes (Van Auken, 2009). Très clairement, les réalités socioculturelles et la promiscuité entre les groupes ethniques de l'espace géographique ciblé auraient véritablement une incidence sur les connaissances des espèces (Rakotoarimanana *et al.*, 2008) et les choix opérés par les différents groupes ethniques.

Les connaissances des usages des espèces et la variation dans la diversité floristique, qui permettent de rendre compte du degré de connexion entre groupes ethniques, est particulièrement sous l'influence de conditions édaphiques, anthropiques et de variabilité hydrologique ou climatique (Mahamane *et al.*, 2007 ; Adjonou *et al.*, 2009 ; Naito et Cairns, 2011 ; D'Odorico et Bhattachan, 2012). Parmi les quarante et un (41) espèces de sous-bois mises en évidence comme les plus utilisées par cette étude, deux (02) *A. africana*, *D. oliveri* font parties des dix espèces prioritaires pour la conservation (Sèwade *et al.*, 2016). Tout cela justifie qu'une attention particulière doit être accordée à l'utilisation rationnelle de ces espèces

4.3. Vulnérabilité des espèces de sous-bois de *Tectona grandis* utiles dans les plantations

Les informations sur les sollicitations des espèces et la nature des organes prélevés renseignent sur la vulnérabilité de ces ressources (Traoré *et al.*, 2011). Sur la base des paramètres retenus, les valeurs de l'indice de vulnérabilité des taxons identifiées présentent un risque de vulnérabilité relativement faible. Cette méthode a permis de connaître l'importance d'utilisation et la faible pression qu'exercent les populations locales sur les espèces de sous-bois d'un écosystème digne d'intérêt, les plantations domaniales de *Tectona grandis* au sud du Bénin. Mais étant donné que cette méthode sollicite la mémoire des personnes interrogées, elle pourrait occasionner des biais liés à l'appréciation personnelle de l'enquêté (Lykke *et al.*, 2004 ; Gouwakinnou *et al.*, 2011 ; Loughbégnon *et al.*, 2011). L'importance accordée à l'utilisation de ces espèces est donnée par les individus qui tiennent implicitement compte d'une appréciation personnelle ; laquelle fait souvent référence à leur préférence. Le degré de menace sur les espèces de sous-bois dépend des formes et fréquences de récolte, des organes récoltés, de l'intensité de coupe et des capacités de régénération de chaque espèce (Papanastasis *et al.*, 1998). Il dépend aussi de la disponibilité et surtout de l'accessibilité de ces espèces dans les autres écosystèmes (champs, jachères, jardins de case, etc.). Les espèces à faible taux d'utilisation peuvent faire face à une plus grande menace de disparition. Par exemple, une espèce de sous-bois à faible capacité de régénération et qui est complètement élaguée à chaque saison sèche pour usage par les riverains, ne peut pas produire de semences pour la régénération. En d'autres termes, la résilience de chaque espèce aux différentes pressions d'utilisation et leur degré d'adoption dans les systèmes agroforestiers déterminent leur évolution dans l'environnement. Cette situation a révélé que la notion d'espèce sous-utilisée doit être conceptualisée lorsque les ressources sont caractérisées. Suivant la même tendance, Khanal *et al.* (2014), suggèrent que la promotion d'espèces végétales locales sous-utilisées est une alternative pour la conservation de l'agro biodiversité et qu'elle réussira à améliorer la suffisance alimentaire et le bien-être économique de la population riveraine. Ces méthodes seront sans doute utiles pour le maintien des populations des 41 espèces supposées moins vulnérables par cette étude. De plus, pour la zone cible, la protection des

espèces sur les terres privées devra être stimulée à travers des mesures de motivation visant les propriétaires et encourageant le volontarisme (Badjaré *et al.*, 2018). Cette option est d'ailleurs partagée par Ozier (1994) et Irwin et Wigley (1992) qui pensent que la protection des espèces sur les terres privées pourrait être assumée par les propriétaires privés, à la condition qu'ils puissent le faire à un coût raisonnable et dans un réseau de coopération. Il est également recommandé aux autorités la mise en place d'une stratégie de communication qui visera l'appropriation, l'implication, le changement de comportement et surtout la participation des populations à la mise en œuvre des activités de restauration des paysages forestiers

5. Conclusion

La présente étude a montré que les populations locales de la zone d'étude préfèrent les espèces inventoriées différemment selon leur groupe sociolinguistique et suivant les districts phytogéographiques. Elle a également prouvé que le potentiel de ces espèces locales est faiblement utilisé. Elles peuvent être considérées comme des espèces sous-utilisées. Cet article se prête également à une extension de la littérature formelle sur la connaissance de quatre (04) groupes sociolinguistiques locaux et explore leurs interactions avec les espèces du sous-bois utilisées à usages multiples. La présente étude a permis de mieux connaître le degré d'exploitation des espèces de sous-bois des plantations domaniales de *Tectona grandis* par les populations riveraines. En raison des conditions biophysiques favorables, ces plantations disposent d'une grande variété de ressources d'origine végétales plus ou moins utilisées par les riverains. Les valeurs d'usages ethnobotaniques obtenus ont permis d'identifier le taux d'usage, la fréquence de citation et l'indice de vulnérabilité. En définitive, il est donc nécessaire que les autorités locales renforcent la politique de reboisement en prenant en compte des espaces témoins (forêt naturelle de proximité) pour la conservation de la phytodiversité et pour servir de vestiges à l'ethnobotanique pour les générations futures.

6. Références bibliographiques

Adjonou K., Bellefontaine R. & Kokou K., 2009. Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord Togo : structure, dynamique et impacts des modifications climatiques récentes. *Sécheresse*, 20 (4) : 1-10.

Adomou A.C., 2010. Aperçu sur la flore du Bénin. Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1 : Bénin. Cotonou, Bénin; Frankfurt/Main, Allemagne : *Biota* : 144-150.

Adomou A. C., Sinsin B. & van der Maesen L. J. G., 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a study at meso-scale in Benin. *Systematics and Geography of Plants*, 76: 155-178.

Adou Yao C.Y. & N'Guessan E.K., 2006. Diversité floristique spontanée des plantations de café et de cacao dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 157 (2) : 31-36.

Agbahoungba S., Assogbadjo A. E., Chadaré F. J. Idohou, R. Salako V. K., Agoyi E. E. & Glèlè Kakai R. L., 2016. Ecological diversity and conservation of wild edible fruit trees species in the Lama Forest Reserve in Bénin. *Bois et forêt des tropiques*, 329 (3) : 53-65.

Aïtondji A. L., Toyi M. S. S., Kassa B. & Sinsin B., 2015. Caractéristiques Floristiques, Phytosociologiques et

Ecologiques de la Végétation des Carrières en République du Bénin. *Science de la vie, de la terre et agronomie*, 3 (2) : 2424-7235.

- Adjahossou S. G. C., Houéhanou D. T., Toyi M., Tente B., Houinato M., Sinsin B., 2018.** Degré de pression et perception endogène de multiplication et de conservation du genre *Isoberlinia* au Moyen-Bénin (Afrique de l'Ouest). *Science et technique, Sciences naturelles et appliquées*, 4(1) : 25-38.
- Akoègninou A., Van der Burg W. J. & van der Maesen L. J. G., 2006.** Flore Analytique du Bénin. Leiden, Backhuys, 1034 P.
- Akpona J. D. T., Assogbadjo A. E., Fandohan A. B. & Kakai R. G., 2017.** Inventaire et approche multicritères pour identifier les essences prioritaires pour la conservation au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 333(3) : 5-16.
- Albuquerque U.P., Lucena R.F.P., Monteiro J.M. & Florentino A.T.N., 2006.** Evaluating two quantitative ethnobotanical techniques. *Ethnobotany Research et Applications*, 4:51-60.
- Andriananja H. R., 2006.** Gouvernance des ressources forestières et aide à la délibération : le cas de la station forestière de Manjakatempo (Madagascar). Thèse de Doctorat. UFR des sciences sociales et humaines. Université de Versailles Saint-Quentin-En-Yvelines, Guyancourt, France. 453 p.
- Assogba G. A., Fandohan A. B., Salako V. K., & Assogbadjo A. E., 2017.** Usages de *Bombax costatum* (Malvaceae) dans les terroirs riverains de la réserve de Biosphère de la Pendjari, République du Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 333 (3) : 17-33.
- Assogbadjo A.E., Glèlè Kakai R., Chadaré F. J., Thomson L., Kyndt, T., Sinsin B. & Van**
- Damme P., 2008.** Folk classification, perception, and preferences of baobab products in West Africa: consequences for species conservation and improvement. *Economic Botany*, 62 (1): 74-84.
- Badjaré B., Kokou K., Bigou-laré N., Koumantiga D., Akpakouma A., Adjayi M. B. & Abbey G.A., 2018.** Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo: diversité, usages, importance et vulnérabilité, *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 22 (3) : 2-20.
- Bellefontaine R., Meunier Q., Ichaou A., Le Boulter H., 2015.** Multiplication végétative à faible coût au profit des paysans et éleveurs des zones tropicales et méditerranéennes. *Vertigo – La Revue Electronique en Sciences de l'Environnement [en Ligne]*, Regards Terrain, 2015, mis en ligne le 05 octobre 2015, url : <http://vertigo.revues.org/16516> ; DOI : 10.4000/vertigo.16516.
- Betti J.L., 2001.** Vulnérabilité des plantes utilisées comme antipaludiques dans l'arrondissement de Mintom au sud de la réserve de Biosphère du Dja (Cameroun). *Systematics and Geography of Plants.*, 71: 661-678.
- Bigsten A. & Tengstam S., 2011.** Smallholder Diversification and Income Growth in Zambia. *Journal of African Economies*, 20 (5): 781-822.

- Bioversity international, 2013.** Accra Statement for a Food-secure Africa. Declaration of the 3rd International Conference on Neglected and Underutilized Species: For a Food-Secure Africa. Accra, Ghana, 25–27p.
- D’Odorico P. & Bhattachan A., 2012.** Hydrologic variability in dryland regions: impacts on ecosystem dynamics and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1606):3145-57.
- Dagnelie P., 1998.** Statistiques théoriques et appliquées. Bruxelles : De Boeck et Larcier, 508p.
- De Souza S., 1988.** Flore du Bénin. Noms des plantes médicinales dans les langues nationales béninoises, Univ. Ntl. Bénin, Cotonou, Bénin, 421p.
- Debella H. F., Jesse T. N., Zemedu A. & Nyangito M., 2011.** Wild edible fruits of importance for human nutrition in semiarid parts of East Shewa zone, Ethiopia: Associated indigenous Knowledge and implications to food security. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10 : (1) 40-50.
- Djogbénou C. P., 2010.** Analyse multicritère des plans d’aménagement et de gestion participatifs des forêts classées au Bénin : développement d’un modèle durable. Thèse de Doctorat Unique. École Doctorale Pluridisciplinaire. FLASH. Université d’Abomey-Calavi. Bénin. 227p.
- Djogbenou C. P., Glèlè Kakai R., Arouna O. & Sinsin B., 2011.** Analyse des perceptions locales des aménagements forestiers participatifs au Bénin. Vertigo-la revue électronique en sciences de l’environnement, 11 (1), <http://vertigo.revues.org/10893>.
- Dourma M., 2011.** Les forêts claires à *Isobertia doka Craib & Stapf* et *I. tomentosa(Harms) Craib & Stapf (Fabaceae)* en zone soudanienne du Togo : écologie, régénération naturelle et activités humaines Résumé de thèse d’État. *Acta Bot. Gallica*, 158 (1):141-144, 201.
- Fandohan B., Assogbadjo A.E., Glèlè Kakai R., Kyndt T., De Caluwé E., Codjia J.T.C. & Sinsin B., 2010.** Women’s Traditional Knowledge, Use Value, and the Contribution of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) to Rural Households’ Cash Income in Benin. *Economic Botany*, 64 (3) : 248-259.
- FAO., 2010.** Evaluation Des Ressources Forestières Mondiales. *Rapport National BÉNIN*. Rome. 54 p.
- Ganglo J. C., 2001.** Phytosociologie de la végétation naturelle de sous-bois ; écologie & productivité des plantations de Teck (*Tectona grandis* L.f.) du sud et du centre Bénin. Résumé de thèse d’État, *Acta Botanica Galica*, 148 (3) : 277-281.
- Ganglo J.C., 2005.** Groupements de sous-bois, identification et caractérisation des stations forestières : cas d’un bois au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 285 (3): 35-46.
- Gouwakinnou G.N, Lykke A.M., Assogbadjo A. E, & Sinsin B., 2011:** Local knowledge, pattern and diversity of use of *Sclerocarya birrea*. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7 (1): 1746-4269.
- Hilson G., 2011.** Artisanal mining, smallholder farming and livelihood diversification in rural sub-Saharan Africa: an introduction. *Journal of International Development*, 23: 1031–1041.
- Houngnon P. & Moumouni A. M., 1992.** Rapport de tournée dans les secteurs forestiers d’Agrimey, de Djigbé, de la Lama-Nord et de la Lama-Sud (Toffo). ONAB/Bureau d’Etudes.
- Houéhanou T. D., Assogbadjo A. E., Glèlè Kakai R., Houinato M., Sinsin B., 2011.** Valuation of local preferred uses and traditional ecological knowledge in relation to three multipurpose tree species in Benin (West Africa). *Forest Policy and Economics* 13 : 554–562.
- INSAE., 2016.** Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013). Cotonou, Bénin: INSAE. 85p.
- Irwin L.L. & Wigley T.B., 1992.** Conservation of endangered species. *Journal Forest*, 90: 27-30.
- Jaffré T. & Veillon J.M., 1991.** Étude floristique et structurale de deux forêts denses humides sur roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie. Paris: Museum National d’Histoire Naturelle.
- Kahane R., Hodgkin T., Jaenicke H., Hoogendoorn C., Hermann M., Keatinge J.D.H. (Dyno), d’Arros Hughes J., Padulosi S. & Looney, N., 2013.** Agrobiodiversity for food security, health and income. *Agronomy for Sustainable Development*, 33 (4): 671-693.
- Khanal R., Timilsina A., Pokhrel C. P. & Yadav R. K. P., 2014.** Documenting abundance and use of underutilized plant species in the mid hill region of Nepal. *Ecoprint*, 21: 63-71.
- Koumantiga D., Wala K., Batawila K. & Akpagana K., 2013.** Les potentialités écotouristiques dans la préfecture de Doufelgou (Togo, Afrique de l’Ouest). Études caribéennes, 23p.
- Loubégnon T. O, Tente B. A. H, Amontcha M. & Codjia J. T. C, 2011.** Importance culturelle et valeur d’usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes. *Bulletin Recherche Agronomique du Bénin*, 70:1-46.
- Lykke A. M., Kristensen M. K. & Ganaba S., 2004:** Valuation of the local dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1961-1990.
- Mahamane A., Mahamane S. & Lejoly J., 2007.** Phénologie de quelques espèces ligneuses du parc national du « W » du Niger. *Sécheresse*, 18 (4) : 354-358.
- Mauvais G., 2015.** Nouvelles des Aires Protégées en Afrique. Aires Protégées d’Afrique et Conservation, 12 p.
- Mayes S., Massawe F.J., Alderson P.G., Roberts J.A., Azam- Ali, S.N. & Hermann M., 2012.** The potential for underutilized crops to improve security of food production. *Journal of Experimental Botany*, 63 (3): 1075-1079.
- Naito A.T. & Cairns D.M., 2011.** Relationships between Arctic shrub dynamics and topographically derived hydrologic characteristics. *Environmental Research Letters* 6 (4): 1-8.
- Neuenschwander P., Sinsin B. & Goergen G., 2011.** Protection de la nature en Afrique de l’Ouest : Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin. *International Institute of Tropical Agriculture*, Ibadan, Nigeria, 365 p.
- Ngueguim J. R., Zapfack L., Youmbi E., Riera B., Onana J., Foahom B. & Makombu J. G., 2010.** Diversité floristique sous canopée en plantation forestière de Mangombe-Edea

au Cameroun. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14 (1): 167-176.

Oumorou M., 2003. Etudes écologique, floristique, phytogéographique et phytosociologique des inselbergs du Bénin. Thèse de doctorat, Faculté Science, Laboratoire Botanique Systématique et Phytosociologie, Université Libre Bruxelles, 210 p.

Ozier J., 1994. Endangered species and the private landowner: room for compatibility. *Journal Forest.*, 92:22

Papanastasis V. P., Platis P. D. & Dini - Papanastasi O., 1998. Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrub plantations. *Forest Ecology and Management*, 110: 283-292.

Phillips O., Gentry A. H., 1993. The useful plants of Tambopata, Peru: Additional hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Economy Botany*, 47: 33-43.

Rakotoarimanana V., Gondard H., Ranaivoarivelo N. & Carriere S., 2008. Influence du pâturage sur la diversité floristique, la production et la qualité fourragères d'une savane des Hautes Terres malgaches (région de Fianarantsoa). *Sécheresse*, 19 (1): 39-46.

Senbeta F. & Teketay D., 2001. Regeneration of indigenous woody species under the canopies of tree plantations in Central Ethiopia. *International Society for Tropical Ecology*, 42(2): 175-185

Sèwadé C., Azihou A. F., Fandohan A. B., Houéhanou T. D. & Houinato M., 2016. Diversité, priorité pastorale et de conservation des ligneux fourragers des terres de parcours en zone soudano-guinéenne du Bénin, *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20 : (2) 113-129.

Tassin J., Missamba-Lola A. P. & Marien J-N., 2011. Biodiversité des plantations d'eucalyptus au Congo. *Bois et*

Forêts des tropiques, 309 (3): 27-35.

Traoré L., Ouédraogo I., Ouédraogo A. & Thiombiano A., 2011. Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (1): 258-278.

Van Auken O.W., 2009. Causes and consequences of woody plant encroachment into western North American grasslands. *Journal Environmental Management*, 90 (10) : 2931-2942.

Vodouhê F. G., Coulibaly O., Greene C. & Sinsin B., 2009. Estimating the Local Value of Non-Timber Forest Products to Pendjari Biosphere Reserve Dwellers in Benin. *Economic Botany* 63 (4) : 397-412.

Wala K., 2004. La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin: Diversité biologique, phytosociologie et impact humain, Thèse de doctorat, Université de Lomé, 138 p.

White F., 1983. The vegetation map of Africa south of the Sahara. 2nd éd. Paris: UNESCO

Yaoitcha A. S., Houéhanou T. D., Fandohan A. B. & Houinato M. R. B., 2015. Prioritization of useful medicinal tree species for conservation in Wari-Marô Forest Reserve in Benin: A multivariate analysis approach. *Forest Policy and Economics*, 61 : 135-146.

Zabouh K., 2014. Contribution à l'étude des plantes utilisées en médecine vétérinaire dans la région des Savanes du Togo. Thèse de doctorat : Université de Lomé (Togo).

Zinsouklan J., Toyi M. S. S., Aoudji A.K.N., TENTÉ B., Hounnou F. & Houinato M., 2014. Vers une Valorisation Durable des Espèces Négligées : Forme d'Utilisations Retombées Financières et Modes de Gestions de *Parkia biglobosa* (JACQ.) R.BR. EX Benth. au Centre du Bénin. *Science de la vie, de la terre et agronomie*, 2 : 21-27.

Caractérisation structurale des peuplements naturels de *Detarium senegalense* J.F. Gmel. (Caesalpinaceae) au Bénin, Afrique de l'Ouest

Benjamin A.K. DOSSA¹, Gérard N. GOUWAKINNOU², Bienvenue Nawan SOUROU¹, Towanou HOUETCHEGNON¹, Appolinaire A. WEDJANGNON¹, Bernard K. ODJRADO¹, Christine OUIINSAVI¹

Résumé

L'évaluation et le suivi des espèces forestières constituent une source fondamentale d'informations pour la mise en place des stratégies de conservation efficaces et adaptées de ces espèces. La présente étude a pour objectif de déterminer la caractérisation structurale des peuplements naturels de *D. senegalense* J.F. Gmel. au Bénin. Quarante-huit placeaux de 1 ha chacun ont été installés de façon aléatoire dans les formations végétales pour réaliser l'inventaire forestier et les mesures dendrométriques de *D. senegalense*. Les différents paramètres structuraux ont été calculés en fonction des formations végétales. La densité des individus adultes est de $2,07 \pm 1,58$; $2,48 \pm 2,11$ et 1 pieds/ha respectivement dans les forêts denses, forêts galeries et agrosystèmes avec une différence non significative ($P = 0,506$). La surface terrière au niveau des formations varie de $0,22 \pm 0,06$ à $0,67 \pm 0,68$ m²/ha et le diamètre moyen varie de $47,73 \pm 18,91$ à $52,5 \pm 7,78$ cm. Cette espèce se caractérise par des populations de gros diamètres et âgées, avec de très faible densité d'individus adultes et des régénérations. La survie des régénérations est confrontée à des difficultés liées à l'habitat de l'espèce et aussi sous l'emprise de plusieurs pressions humaines. La sensibilisation des populations locales et riveraines des forêts parcourues à la sauvegarde des populations éparses existantes, la protection des juvéniles et la plantation de plants *ex-situ* sont importantes pour la conservation et survie de cette espèce.

Mots clés : Indicateurs écologiques, régression forestière, statut de conservation, peuplement forestier, gestion durable.

Abstract

Species assessment and monitoring is a fundamental source of information for the implementation of effective conservation strategies. This study aims to determine the structural characterization of *Detarium senegalense* J.F. Gmel. in Benin. Forty-eight plots of 1 ha have been installed randomly in the vegetations to carry out the forest inventory and the dendrometric measurements of *D. senegalense*. The different structural parameters have been calculated according to the vegetations. The density of adult individuals is 2.07 ± 1.58 ; 2.48 ± 2.11 and 1 ± 0 feet / ha respectively in dense forests, gallery forests and agrosystems ($P = 0.506$). The basal area of the vegetations varie from 0.22 ± 0.06 to 0.67 ± 0.68 m² / ha and the mean diameter varie from 47.73 ± 18.91 to 52.5 ± 7.78 cm. This species is characterized by large diameter and older populations, with very low adult density and regeneration. The survival of regeneration is confronted with difficulties related to the habitat and also several human pressures. The sensitization of local populations to protect existing scattered populations, the protection of juveniles and the reforestation in ex-situ are important for the conservation and survival of *D. senegalense*.

Keywords: Ecological indicators, forest regression, conservation status, forest stand, sustainable management.

¹Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin.

²Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

*Auteur correspondant : Benjamin A.K. DOSSA, Email : doskouaben@yahoo.fr

1- Introduction

Les écosystèmes forestiers des pays de l'Afrique sont connus comme faisant partie des plus diversifiés (abondance et richesse spécifique) en termes d'espèces végétales et animales. Ils jouent un rôle crucial dans la conservation de la vie des populations humaines (Balla Eké, 2011). Ces écosystèmes forestiers interviennent dans la régulation des systèmes climatiques mondiaux (FAO, 2012). Malgré ces rôles multiples que jouent les forêts naturelles, principalement en Afrique subsaharienne, leur aménagement est confronté à l'absence de données pouvant permettre une profonde compréhension de leur structuration (composition floristique, structure démographique, régénération) et leur fonctionnement (Rabiou, 2015). Les écosystèmes forestiers naturels font depuis fort longtemps objet d'une surexploitation, due entre autre à une grande poussée démographique. Les activités humaines, ajoutées aux processus naturels, entraînent des changements dans l'utilisation et l'occupation du sol. Ces changements sont à la base de profondes conséquences biophysiques, écologiques, économiques, politiques et sociales. Les forêts denses ont connu des changements dans le temps et dans l'espace affectant ainsi leur structure spatiale et leur diversité floristique (Toko et al., 2013).

En Afrique de l'Ouest, depuis quelques années, le couvert végétal enregistre continuellement de fortes perturbations observées surtout au niveau des formations naturelles. Ces formations subissent une dégradation sans précédent, due à une forte pression anthropique qui se manifeste par des prélèvements à des fins alimentaires, médicinales, de carbonisation et de bois de feu (Adjonou et al., 2010 ; Bamba et al., 2010), aux feux de végétation, à l'augmentation de la production animale et végétale, et aussi à l'exploitation forestière non contrôlée (Assogbadjo et al., 2010 ; FAO, 2015). D'après les derniers chiffres de la FAO (2011), le Bénin perd en moyenne 50.000 ha de forêts chaque année. Cette perte forestière n'est pas restée sans conséquence sur les espèces végétales individuelles qui composent l'écosystème forestier. Ainsi, la plupart des espèces forestières fournissant aux populations, surtout riveraines de forêts, des produits indispensables à leur survie et à leur bien-être, connaissent une certaine dégradation de leurs populations. Parmi ces espèces, figurent des fruitiers sauvages les plus fortement consommés et utilisés par les populations locales au Bénin comme *Adansonia digitata* L. (Assogbadjo et al., 2010), *Tamarindus indica* L. (Fandohan, 2007), *Sclerocarya birrea*

(A. Rich.) Hochst (Gouwakinnou et al., 2011), *Haematostaphis barberi* Hook F. (Sourou et al., 2016), *Cola millenii* K. Schum (Lawin et al., 2018). *Detarium senegalense* est également l'une de ces espèces recherchées et utilisées par les populations locales à cause des différents services écosystémiques qu'elle leur offre. C'est une espèce ayant une importance socio-économique reconnue (Diop et al., 2013 ; Neuenschwander et al., 2011 ; Dangbo et al., 2019). Elle est reconnue pour ses différents usages dans le domaine de l'alimentation, sur le plan nutritionnel, dans le domaine médical, dans le cosmétique, et son aptitude à procurer des revenus (Diop et al., 2011). Au Bénin, plusieurs menaces pèsent sur la survie de cette espèce à court, moyen et à long termes. Il s'agit notamment de la coupe des pieds de l'espèce pour des charpentes et de l'existence de circuits de commercialisation des amendes en direction du Nigéria, du Ghana et du Togo (Neuenschwander et al., 2011). Les études antérieures sur ses populations naturelles en Afrique ont abordé les aspects tels que les usages alimentaires, médicinaux, pharmacologiques, cosmétiques, les utilisations locales des fruits et leur transformation en nectar (Diatta, 1995 ; Diop et al., 2010 ; Sowemimo et al., 2011 ; Diop, 2013 ; Sabaly, 2014). Cependant les données sur les paramètres écologiques pouvant aider à une gestion et utilisation durables des populations de l'espèce sont encore limitées.

L'étude de la structure d'un peuplement forestier sert de base à sa sylviculture, guide l'économie forestière, permet d'évaluer l'état de dégradation des écosystèmes, aide à comprendre l'historique de gestion passé des peuplements et la dynamique forestière (Wulder et al., 2009 ; Nadkarni et al., 2008 ; Merino et al., 2007) en vue d'identifier les types d'aménagement à y appliquer (Hitimana et al., 2004). Ceci s'applique également aux espèces individuelles de tout écosystème forestier et justifie donc cette étude.

La zone soudano-guinéenne représente la zone de forte occurrence de *D. senegalense* au Bénin. Toute initiative pouvant contribuer et déboucher sur la conservation d'une espèce, nécessite une connaissance de ses caractéristiques structurales et de sa distribution. La connaissance de la distribution d'une espèce est fondamentale (Codjia et al., 2018), pour maîtriser les différents types d'habitats capables d'abriter l'espèce afin de mettre en place des stratégies de reconstitution de nouveaux peuplements dans ces différents types d'habitats. Des constats ci-dessus énumérés il se dégage une question fondamentale : quelles sont les caractéristiques structurales de *D. senegalense* dans ses différents types d'habitats naturels au Bénin et comment ces caractéristiques varient d'un habitat à un autre ? La présente étude a donc pour objectif d'estimer les paramètres dendrométriques et de régénération de *D. senegalense* dans les différentes formations végétales dans lesquelles l'espèce se retrouve au Bénin.

2- Méthodologie

2.1- Milieu d'étude

La présente étude a été conduite en République du Bénin et principalement dans la zone soudano-guinéenne qui est située entre (7°30' - 9°30' N). Dans la zone soudano-guinéenne, le régime pluviométrique est unimodal. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1200 mm de pluie réparties d'avril à octobre. La zone soudano-guinéenne du Bénin est une région caractérisée par plusieurs types de formations végétales comme les savanes arborées et arbustives, les forêts claires, les forêts denses sèches, les galeries forestières et les agrosystèmes (champs et jachères) (Natta et al., 2011).

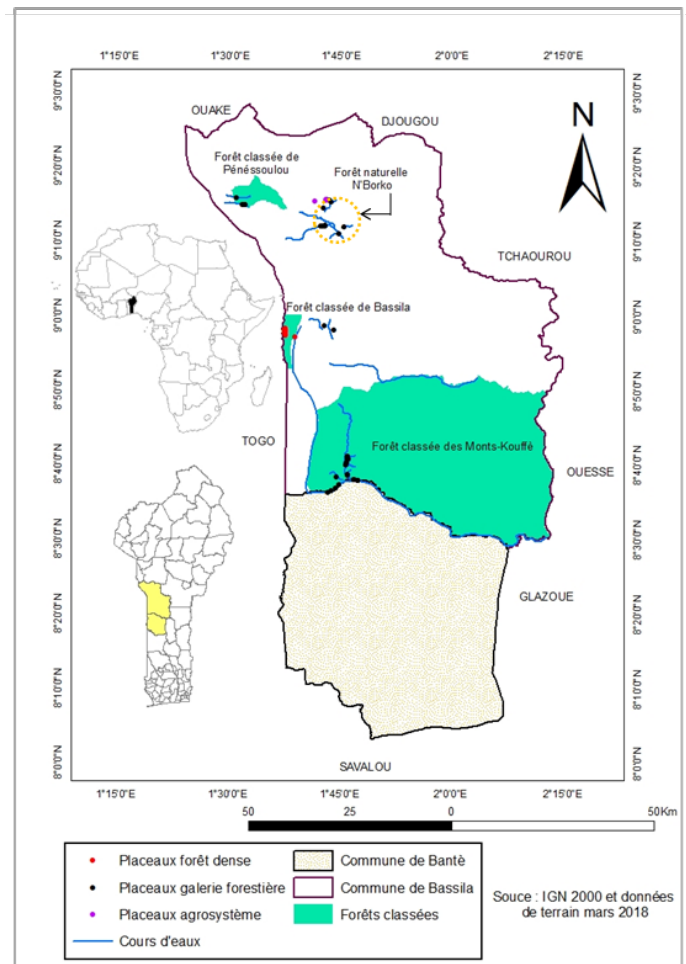


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

2.2- Echantillonnage et méthode de collecte des données

Inventaires forestiers de *D. senegalense*

Au sein de cette zone climatique, quelques forêts abritant *D. senegalense* ont été ciblées pour la collecte des données. Il s'agit des forêts classées des Monts-Kouffè, de Bassila, de Pénésoulou et des îlots de forêts non classées de N'borke dans les communes de Bantè et de Bassila (Figure 1). Ces forêts ont été ciblées pour la présente étude après une phase exploratoire ayant révélé la présence de quelques individus de l'espèce au sein de ces forêts d'une part et d'autre part, par une forte collecte des amendes des graines de cette même espèce dans le passé (Neuenschwander et al., 2011). La présente étude s'est déroulée uniquement dans trois formations végétales qui sont les forêts denses, les forêts galeries et les agrosystèmes. *D. senegalense* est une espèce qui tolère une forte quantité d'eau, donc s'adapte dans les milieux humides tels que les forêts denses et les forêts galeries.

L'inventaire des individus de cette espèce s'est effectué à partir de l'installation des placeaux dans les formations végétales abritant l'espèce. La superficie des placeaux installés est de 10.000 m² (1 ha), avec des longueurs et largeurs variables dans les forêts galeries (Natta, 2003) et de 100 m × 100 m dans les forêts denses. Au total 48 placeaux ont été installés dans l'ensemble des différentes forêts retenues pour la présente étude dont 28 placeaux dans les forêts galeries, 18 placeaux dans les forêts denses et 2 placeaux dans les agrosystèmes (champs et jachères). Les placeaux ont été installés lorsqu'au moins un individu de *D. senegalense* est

présent et, une distance d'au moins 100 m a été observée entre deux placeaux consécutifs dans une même forêt. Les données dendrométriques collectées au sein de chaque placeau sont le diamètre à 1,30 m du sol de tous les arbres de *D. senegalense* dont le diamètre à hauteur de poitrine est supérieur ou égal à 10 cm et la hauteur totale de chaque arbre a été également prise. Les traces d'exploitation éventuelles (coupe complète, collecte des fruits) de chaque pied ont été notées. Les différentes pressions qui s'exercent sur les populations de cette espèce ont été également collectées.

Régénération naturelle de *D. senegalense*

La régénération naturelle couvre plusieurs sens (Alexandre, 1989) cité par Sokpon (1995). Selon les forestiers, elle est une technique qui fait appel à l'ensemencement spontané ; elle s'oppose donc aux techniques d'enrichissement ou de plantation. Dans le sens des écologistes, c'est l'ensemble des processus dynamiques qui permettent de reconstituer le couvert végétal qui a été entamé (Alexandre et al., 1978). D'autres auteurs comme Hartshorn (1978), Brokaw (1982), et Augspurger (1984) parlent de dynamique forestière. La régénération est donc un ensemble de processus conduisant au renouvellement des forêts. Compte tenu de la faible densité de l'espèce, un inventaire systématique par placeau de la régénération a été réalisé. Dans chaque placeau de 1 ha, des placettes de 15 m de rayon ont été installées sous les individus semenciers ayant des régénérations. Les régénérations naturelles dont fait cas cette présente étude sont constituées des plantules de *D. senegalense* issus des semis de graines et qui s'y trouvent sous les individus adultes à l'intérieur des placeaux installés. Ces plantules ont été inventoriées à travers la prise des mesures du diamètre au collet. De même les rejets issus des souches des pieds adultes de *D. senegalense* abattus et des jeunes plants régénérés à la suite d'une brûlure d'autres plantules par les feux de végétations ont été également pris en compte dans la catégorie des régénérations naturelles. De même les différents facteurs qui influencent la survie des régénérations ont été énumérés.

3- Traitement et analyse des données

3.1- Paramètres dendrométriques

Pour déterminer les caractéristiques dendrométriques de *D. senegalense*, des paramètres dendrométriques ont été calculés par formation végétale (forêt dense, forêt galerie et agrosystème) abritant les pieds de *D. senegalense* afin de comparer les différents peuplements. Ces paramètres sont présentés dans le tableau 1.

Tableau I : Paramètres dendrométriques et leurs formules

Paramètres	Formules
Densité (pieds/ha)	N = Nombre total de pieds par ha
Surface terrière (m ² /ha)	G = Σ π D ² / 4
Diamètre moyen (cm)	$d_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$
Hauteur totale (m)	$h_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h$

comparer les paramètres calculés (diamètre, hauteur totale, densité, surface terrière) des peuplements de *D. senegalense* en fonction des formations végétales. En cas de différence significative entre les différents paramètres calculés en fonction des formations végétales, le test de comparaison multiple de Turkey a été utilisé pour comparer les moyennes de chaque paramètre. La caractérisation de la structure de *D. senegalense* a été faite en utilisant les classes de distribution de diamètre d'amplitude 10 cm et de hauteur d'amplitude 2 m. La répartition par classe de diamètre et de hauteur sur la base des fréquences des individus de *D. senegalense* a été ajustée à la distribution de Weibull (Rondeux, 1999) à trois paramètres (de position a,

$$F(X) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp \left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right]$$

d'échelle ou taille b et de forme c) suivant la formule :

Les données de diamètre et de hauteur des arbres ont servi à l'estimation des paramètres b et c grâce à la méthode du maximum de vraisemblance disponible dans le logiciel Minitab 16.

3.2- Régénération naturelle

La densité des individus des différentes formes de régénération naturelle a été calculée pour évaluer et apprécier le stade d'évolution et l'état de régénération de *D. senegalense* dans son habitat et en fonction des différentes formations végétales abritant cette espèce.

4- Résultats

4.1- Caractéristiques dendrométriques

Les paramètres dendrométriques de *D. senegalense* sont présentés dans le tableau 2.

La densité moyenne des individus de cette espèce au niveau de chacune des formations est de 2,07 ± 1,58 pieds/ha ; 2,48 ± 2,11 pieds/ha et 1 ± 0 pied/ha respectivement dans les forêts denses, les forêts galeries et dans les agrosystèmes avec des coefficients de variations élevés oscillant entre 0 à 85,18, ce qui traduit une grande variabilité de la densité entre les différentes formations abritant *D. senegalense*. Le diamètre moyen des arbres de l'espèce dans chacune de ces formations varie de 47,73 ± 18,91 à 52,5 ± 7,78 cm. En ce qui concerne la surface terrière, elle est en moyenne de 0,40 m²/ha dans les forêts denses, 0,67 m²/ha dans les forêts galeries et 0,22 m²/ha dans les agrosystèmes avec des coefficients de variation élevés oscillant entre 29,31 à 101,32. La hauteur totale moyenne au niveau de chacune de ces formations est de 18,3 m, 20,03 m et 20,05 respectivement pour les forêts denses, les forêts galeries et les agrosystèmes. La densité, le diamètre et la hauteur totale n'ont pas présenté de différence significative entre les différentes formations constituant les habitats naturels de *D. senegalense*. Par contre la surface terrière des individus de *D. senegalense* a montré une différence significative suivant les différentes formations (P = 0,235) après le test de Student-Newman-Keuls. La valeur de la surface terrière la plus élevée se retrouve au niveau des forêts galeries. Les plus gros diamètres des pieds de *D. senegalense* inventoriés se retrouvent le plus dans les forêts galeries.

Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée pour

Tableau II : Caractéristiques dendrométriques des individus de *Detarium senegalense* suivant les types de formation

	Individus adultes						
	Formations						
	FD		FG		AS		
	m	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)	Probabilité
N (pieds/ha)	2,07	76,43	2,48	85,18	1	0,00	0,506
G (m ² /ha)	0,40	66,36	0,67	101,32	0,22	29,31	0,235
D _m (cm)	47,73	39,63	51,32	42,70	52,50	14,82	0,852
H _{tm} (m)	18,3	34,11	20,03	45	20,05	24,15	0,744
Régénérations							
N (plants/ha)	23,96	45,86	54,09	129,39	14,15	0,00	0,197

FD : Forêt Dense, FG : Forêt Galerie, AS : Agrosystème, N : Densité, G : Surface Terrière, D_m : Diamètre Moyen, H_{tm} : Hauteur totale moyenne, m : Moyenne, CV : Coefficient de Variation.

4.2- Structure démographique de *D. senegalense*

La figure 2 représente la répartition par classe de diamètre des pieds de *D. senegalense* dans les forêts denses et dans les forêts galeries. L'analyse de ces figures montre que toutes les distributions ont une allure en cloche et présentent une valeur du paramètre (c) de la fonction de densité de weibull à 3 paramètres (de position *a*, d'échelle ou taille *b* et de forme *c*) comprise entre 1 et 3,6. La distribution est alors asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques avec une dominance d'individus de gros diamètres. Les individus ayant un diamètre compris entre 40 et 60 cm sont les plus dominés.

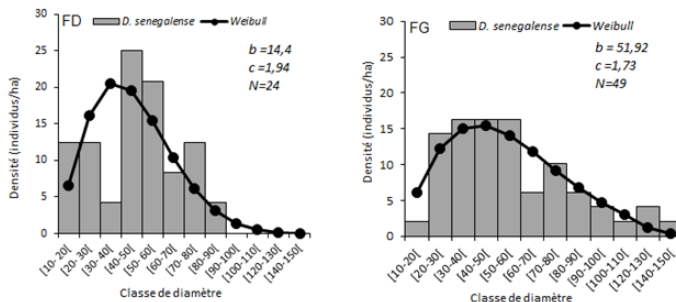


Figure 2 : Structure diamétrique des individus de *Detarium senegalense* en forêt dense et forêt galerie

Légende : FD : Forêt dense, FG : Forêt galerie

4.3- Structure en hauteur de *D. senegalense*

La figure 3 présente la structure en hauteur des individus des populations de *D. senegalense* dans les formations végétales (forêts denses et forêts galeries) qui abritent le plus les individus de *D. senegalense*. De l'analyse de cette figure, il ressort que dans les forêts denses de même que les forêts galeries, la distribution du paramètre (c) de Weibull est comprise entre 1 et 3,6. Toutes les distributions ont alors une allure en cloche. Il s'agit d'une distribution asymétrique positive, caractéristique des peuplements avec une dominance des individus de hauteurs élevées et de gros diamètre. Les individus de *D. senegalense* les plus représentés au niveau des forêts denses sont les individus appartenant aux classes de hauteur de 16 à 28 m. Tandis que dans les forêts galeries, les individus les plus représentés sont les individus ayant des hauteurs appartenant aux classes de 6 à 12 m, de 14 à 20 m et de 22 à 30 m (Figure 3). Au niveau des forêts galeries, ils existent la présence des pieds de *D. senegalense* de grandes hauteurs atteignant 38 mètres contrairement aux pieds de *D. senegalense* dans les forêts denses.

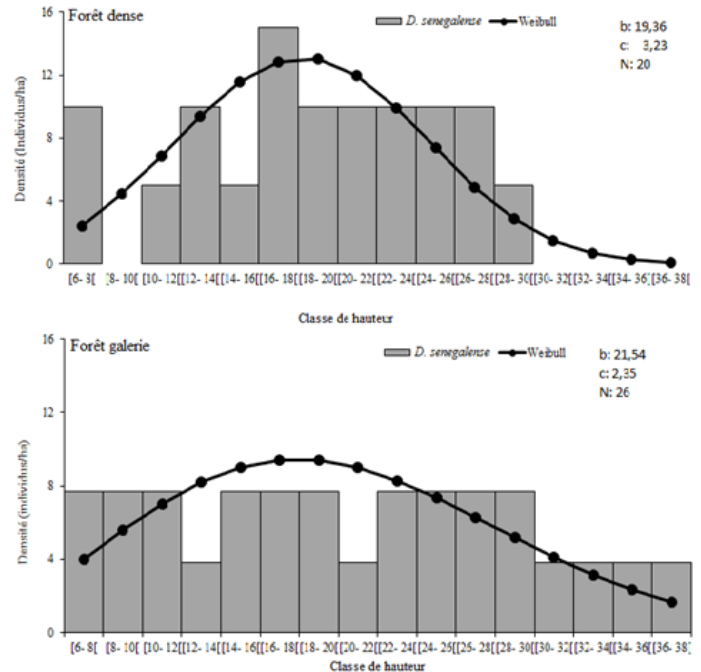


Figure 3 : Structure en hauteur des individus de *Detarium senegalense* dans les forêts denses et forêts galeries

4.4- Régénération naturelle de *D. senegalense*

Les régénérations de *D. senegalense* dans chacune des formations végétales sont très rares et de très faible densité. La régénération naturelle de *D. senegalense* dans son habitat naturel est la plupart constituée par des semis naturels et des rejets de souche. Les rejets de souches sont issus des jeunes perches détruites par les feux de végétation et des grands arbres abattus (Photo 2 a, b et c). La densité des régénérations par hectare au niveau de chacune de ces formations (forêt dense, forêt galerie et agrosystème) est très faible surtout dans les agrosystèmes dont la densité des régénérations est de 14 pieds/ha (Tableau 2). La régénération est également aussi très faible au niveau des forêts denses. La plupart des semenciers identifiés le long des cours d'eau sont inclinés dans le lit des cours d'eau et donc les graines tombent et régénèrent dans le lit du cours d'eau (Photos 1 : a, b et c). Ces plantules issues de la germination de ces graines sont par la suite transportées par le courant fort du cours d'eau en période de crue, ce qui montre une faible densité des individus adultes et des régénérations au sein de quelques forêts classées du Bénin abritant *D. senegalense*.



Photo 1 : Régénérations et graines de *D. senegalense* dans le lit des cours d'eau

D'autres plantules se trouvant en dehors du lit des cours d'eau situés dans les aires non protégées subissant encore de fortes dégradations sont ravagées par les feux de végétations en saison sèche (Photo 2 : a, b et c).

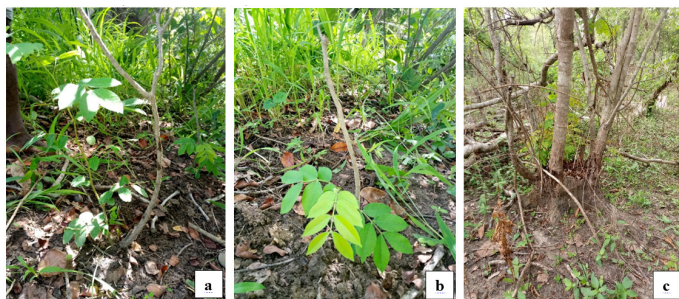


Photo 2 : Plantules de *D. senegalense* issues des rejets de souche des jeunes plants après le passage des feux de végétations dans la forêt classée des Monts-Kouffè

Une autre contrainte majeure freinant la densité des régénérations est le non contact des graines de *D. senegalense* au sol et le non enfouissement de ces graines dans le sol compte tenu de leurs grosseurs. La plupart des graines restent à la surface des feuilles (la litière) et ne sont en contact direct avec le sol pouvant permettre et faciliter leurs germinations (Photos 3-a, b et c). Ce phénomène a été plus constaté dans les forêts denses protégées abritant les individus de *Detarium senegalense*, comme les cas des forêts classées de Bassila et des Monts-Kouffè.



Photo 3-a et b : Fruits de *D. senegalense* au-dessus des feuilles (litière) dans la Forêt Classée de Bassila



Photo 3-c : Graines de *D. senegalense* non enfouées dans le sol à Wéllan Photo 3-d : Graine de *D. senegalense* enfouée dans le sol et germée à Wéllan

4.5- Pressions sur les peuplements de *D. senegalense*

La coupe complète et l'effet des feux de végétations sont les principales pressions humaines auxquelles sont soumis les individus de *D. senegalense*. Ces différentes pressions humaines se poursuivent aujourd'hui dans les sites et formations végétales qui sont accessibles aux populations telles que la forêt classée des Monts-Kouffè et dans quelques terroirs villageois à N'Borko. Par contre dans les forêts classées de Pénésoulou et de Bassila, les individus de *D. senegalense* se trouvant dans ces forêts sont protégés. En dehors de ces pressions qui s'exercent sur la population de l'espèce, la collection systématique des graines de l'espèce pour la commercialisation, la consommation et la fabrication des produits cosmétiques constitue également de véritable menace qui pèse aussi sur la survie de cette espèce.

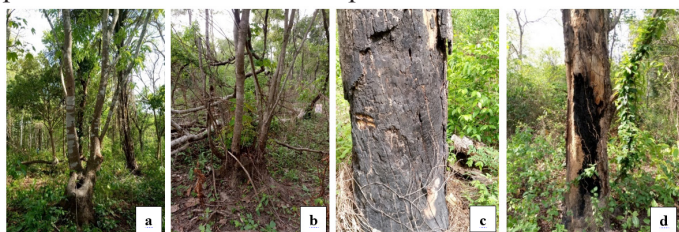


Photo 4-c et d : Pieds de *D. senegalense* abattus et brûlés par les feux de végétation

Source : Dossa, mars 2018

5- Discussion

5.1- Caractéristiques dendrométriques et régénération naturelle de *D. senegalense*

Les faibles densités des individus adultes de *D. senegalense* dans les différentes formations végétales peuvent s'expliquer par les pressions humaines et aussi par des phénomènes naturels liés à l'habitats de l'espèce. Comme pressions humaines, il est à noter la collecte des amendes pour la commercialisation (Neuenschwander et al., 2011), l'exposition des plantules aux feux de végétations, la destruction des plantules pendant les préparations du sol pour la production agricole, la transhumance des bœufs qui broutent ou piétinent les plantules, l'extraction des ressources naturelles, comme les carrières de sable (Aïtondji et al., 2015), l'exploitation du bois de l'espèce. Les travaux de Sourou (2017), Houéssou et al. (2012) et Orékan (2007) ont fait cas de ces mêmes pressions telles que les feux de végétation et les différentes activités humaines qui contribuent à la réduction de la densité des espèces dans leurs différents habitats. Dans les agrosystèmes, il est noté une quasi absence des individus adultes, ce qui témoigne de l'impact négatif de la production agricole sur la densité des espèces. De tels résultats mentionnant la faible densité des espèces dans les agrosystèmes ont été obtenus par Gouwakinnou et al. (2009).

Quant à la densité de la régénération, malgré qu'elle soit plus élevée que celle des individus adultes, est également faible et rencontre d'énormes difficultés dans sa survie, ce qui compromet sa disparition dans le temps de l'ensemble des formations végétales abritant *D. senegalense*. Cette faible densité de la régénération naturelle de *D. senegalense* pourrait s'expliquer par des phénomènes naturels liés à chacun des habitats naturels de l'espèce. Comme un des phénomènes naturels, il est à noter le problème de dissémination naturelle des graines de l'espèce compte tenu de leur taille relativement grosse d'une part. D'autre part, la faible densité et parfois l'absence des régénérations sous les semenciers de *D. senegalense* dans les forêts denses seraient dues au non contact des fruits au sol et du non enfouissement des graines de l'espèce dans le sol pour faciliter sa germination. Les fruits tombent et restent au-dessus des feuilles mortes et finissent par pourrir. Dans les forêts galeries, on observe parfois une forte densité des régénérations sous quelques arbres semenciers de *D. senegalense* suite à l'humidité des bordures et le lit des cours d'eaux. Ces graines sont en contact direct avec le sol humide ce qui facilite leurs germinations. Mais la survie de ces régénérations dans les forêts galeries est un véritable problème que rencontre la population de cette espèce dans cet habitat. Car en période de crue les plantules se trouvant dans le lit et les bordures des cours d'eaux sont transportées par le courant d'eau. La plupart des pieds de *D. senegalense* retrouvés au bord des cours d'eaux sont inclinés dans le lit des cours d'eaux. Pendant la période de fructification une grande partie des graines murs tombent dans les points d'eaux dans le lit des cours d'eaux ce qui constitue aussi un facteur qui ralentit le taux de germination de ces graines. Tout ceci explique donc de la variabilité de la densité des régénérations naturelles en fonction des différentes formations végétales. Ce qui exprime l'impact négatif de la formation végétale sur la densité et survie des régénérations des espèces. Les travaux de Sourou et al., (2016) ont fait cas de l'impact de la géomorphologie sur la faible densité des régénérations.

L'observation de quelques plantules dans les forêts galeries et agrosystèmes témoigne que la quasi absence de la régénération dans les forêts denses n'est pas liée à un problème de germination des graines de *D. senegalense* mais à des facteurs naturels ci-dessus énumérés. Partant d'un essai réalisé en pépinière en avril 2018 au Bénin, il est à noter que les graines de *D. senegalense* germent bien sans aucun traitement.

En dehors de ces aspects naturels influençant et limitant la régénération naturelle de l'espèce dans son habitat, d'autres facteurs peuvent également limiter ou être à la base de la faible densité des régénérations. En effet, les graines de *D. senegalense* sont récalcitrantes et les amendes sont oléagineuses, donc peuvent mourir ou pourrir rapidement en perdant leur pouvoir germinatif quand elles sont soumises à un microclimat desséchant et ne peuvent donc pas germer. Les travaux de Alexandre (1989) ont fait cas de ces aspects qui sont à la base de la faible densité des régénérations de certaines espèces dans leurs habitats. Selon le même auteur, certaines plantules dans les sous-bois et par manque de capture des rayons solaires, peut ralentir leur croissance après avoir végété pendant un bon moment à l'ombre et pourrait finir à être à la merci des herbivores, des parasites et des chutes des branches. La plupart des plantules de *D. senegalense* observées dans les formations végétales surtout dans les forêts denses et forêts galeries sont dans les sous-bois et ne bénéficient presque pas des rayons solaires pour leurs croissances. L'éclaircissement insuffisant et irrégulièrement réparti n'assure pas leur croissance. Au plan écologique, ces résultats de faible densité à la fois des individus adultes et de la régénération naturelle, confirment de la précarité et du déclin des populations de *D. senegalense* au Bénin et surtout dans son aire d'occurrence. La pertinence et l'originalité pour une compréhension parfaite de pourquoi la disparition des plantules au fil du temps des formations végétales, serait d'étudier les facteurs naturels qui perturbent la survie des plantules de l'espèce dans son habitat naturel.

5.2- Structure démographique de *D. senegalense*

L'aménagement d'un peuplement forestier fait appel à la maîtrise de la structure en diamètre et en hauteur des arbres. Ces structures révèlent des événements qui sont liés à la vie des peuplements (Rondeux, 1999). Les peuplements forestiers quels que soient leurs états, présentent des structures-types, soient monospécifiques ou multispécifiques, équiennes, jeunes ou âgés. Il est donc confirmé que les structures en diamètres et en hauteur de ces types de peuplements forestiers s'ajustent à des distributions théoriques connues (Husch et al., 2003). D'après Rondeux (1999), Philip (2002) et Chris et al., (2005), en structure équienne, les grosseurs par classes de diamètre présentent une distribution typique s'apparentant souvent à une courbe de Gauss qui peut devenir dissymétrique voir bimodale dans certaines circonstances. Selon les mêmes auteurs, dans un peuplement équienne, tous les arbres ont le même âge ou à peu près avec une faible variation de la hauteur s'expliquant principalement par leur position sociale (dominants, co-dominants). Deux grands types de distribution diamétrique sont couramment distingués (Rollet, 1984, Dupuy et al., 1997) : les distributions de type exponentielle décroissante pour les essences sciaphiles et les distributions en « cloche » pour les essences héliophiles. Parmi les trois formations végétales de *D. senegalense* étudiées, deux (forêts denses et forêts galeries) ont montré une distribution diamétrique similaire, avec une asymétrie droite ($1 < C < 3,6$),

faisant cas de la prédominance d'individus de *D. senegalense* de gros diamètres. Néanmoins, cela ne saurait être interprété comme étant un bon état de conservation spécifique des peuplements de l'espèce dans ses différents habitats. Car les individus adultes tout comme les régénérations de *D. senegalense* sont soumises à d'énormes pressions qui compromettent la viabilité de la population de l'espèce, ce qui confirme donc sa vulnérabilité (Neuenschwander et al., 2011). Ces pressions sur les peuplements de l'espèce sont confirmées par l'allure en cloche des distributions diamétriques obtenues et soutenue par une quasi absence des régénérations issus des semis observées sur le terrain. D'autres travaux notifiant des allures régressives de quelques espèces fruitières ont été révélés par plusieurs auteurs. Il s'agit des espèces telles que *S. birrea* au Bénin (Gouwakinnou et al., 2009), *Lannea microcarpa* au Burkina-Faso (Ky et al., 2009 ; Thiombiano et al., 2010), *Haematostaphis barberi* au Bénin (Sourou et al., 2016). L'absence des régénérations de l'espèce peut aussi se justifier par les péricarpes et téguments très durs de la graine qui retardent parfois la germination des graines de certaines espèces (Agbogon et al., 2014). La distribution des classes de diamètre montre une faible reconstitution de la population de cette espèce. Généralement une espèce d'une distribution en cloche a une pauvre régénération et donc peut disparaître à long terme. Malheureusement, la grande majorité des jeunes plants de *D. senegalense* ne parviennent pas à survivre pour atteindre l'étape des perches à cause des pressions anthropiques sur celles-ci. L'absence des fourrés (jusqu'à 3 m de hauteur) et gaulis (jusqu'à 8 m de hauteur) de *D. senegalense* dans son habitat naturel, serait dû à la perturbation ou sa vulnérabilité à certaines étapes de son développement tel que l'exposition des régénérations aux diverses pressions anthropiques et le transport des régénérations se trouvant dans le lit des cours d'eaux dans les forêts galeries.

Les plus gros diamètres de *D. senegalense* ont été le plus identifiés dans les forêts galeries. Cela admet que les zones humides et surtout les forêts galeries constitueraient l'habitat privilégié par *D. senegalense*. La présence de *D. senegalense* dans les forêts galeries (le long des cours d'eaux) a été également signalée dans PROTA ([https://uses.plantnet-project.org/fr/Detarium_senegalense_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/fr/Detarium_senegalense_(PROTA))). Ces formations végétales qui abritent *D. senegalense* peuvent être liées à des conditions écologiques qui lui sont particulières et propices à son développement.

S'agissant de la distribution en hauteur des arbres, elle présente globalement une forme gaussienne qui peut être asymétrique selon les conditions de vie du peuplement. Dans le cadre de cette étude, en forêts galeries comme en forêts denses, toutes les distributions en hauteurs présentent des allures en cloche et caractéristiques des peuplements avec une dominance des individus de *D. senegalense* de hauteurs élevées. Dans les forêts galeries, ils existent des pieds de *D. senegalense* de grandes hauteurs atteignant 38 m, contrairement aux pieds de *D. senegalense* dans les forêts denses. Cette différence de hauteur des pieds de *D. senegalense* au niveau de ces deux formations végétales abritant le plus cette espèce serait liée à une forte quantité d'eau que bénéficient des pieds de *D. senegalense* en forêt galerie qui pourrait donc stimuler leur croissance en hauteur. La conservation des espèces et de leurs capacités à s'adapter aux dérèglements dans leurs différents habitats constituent une représentativité des individus de ces espèces dans les différentes classes d'âges (Denslow, 1995 ;

Ackerly, 1996 ; Kent & Coker, 2000). Ceci révèle donc de la vulnérabilité et de l'extinction des individus des espèces ayant de faible densité comme le cas de *D. senegalense*. La faible densité de ces espèces est représentée par leurs classes d'âges largement inférieures lorsqu'elles sont soumises à l'exploitation humaine ou à d'autres formes de perturbations internes ou externes à leurs habitats (Cunningham & Mbenkum, 1993 ; Peters, 1994).

Pour se maintenir, la population de *D. senegalense* a besoin d'un nombre important de régénérations, des fourrés et des gaulis qui pourront être intégrés dans la classe des adultes tel que mentionnés dans les travaux de Bationo et al. (2001). Selon Mapongmetsem et al. (2011), la faible densité des individus adultes ou semenciers dans la population d'une espèce pourrait affecter à long terme le rétablissement de la population de cette espèce par le manque des graines, ce qui correspond aussi à la population de *D. senegalense*.

Conclusion

L'étude sur la caractérisation structurale des peuplements de *D. senegalense* au Bénin a montré que la densité de cette espèce est très faible dans les différentes formations constituant son habitat naturel pour sa survie. Les populations de cette espèce sont en forte régression du fait de leurs faibles potentiels de régénération et de la survie des plantules. La sensibilisation des populations riveraines des différentes formations et forêts abritant *D. senegalense* pour la sauvegarde des rares peuplements existants de cette espèce est importante pour leur conservation, gestion durable et d'une reconstitution d'autres nouveaux peuplements de cette espèce. Des études alors approfondies et relatives à la régénération sexuée et à la multiplication végétative et sur d'autres axes de recherche sur cette espèce sont nécessaires afin d'avoir des pistes pour un aménagement et une domestication future de cette espèce.

Référence bibliographique

Ackerly D.D. 1996. Tropical forest plant ecophysiology. In: S.S. Mulkey, R.L. Chazdon and A.P. Smith (eds). Chapman and Hall, New York, USA: 618-658.

Adjonou K., Ali N., Kokutse A. D., Novigno S. K., Kokou K. 2010. Étude de la dynamique des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) surexploités au Togo. *Bois et forêts des tropiques*, N° 306 (4) : 45-55.

Adjonou K., Djiwa O., Kombaté Y., Kokutse A. D., et Kokou K. 2010. Etude 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(1): 168-183.

Adomou A.C., Mama A., Missikpodé R., Sinsin B. 2009. Cartographie et caractérisation floristique de la forêt marécageuse de Lokoli (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 3(3): 492-503.

Agbogon A., Bammite D., Tozo K. et Akpagana K. 2014. Contribution à la multiplication par graines et par bouturage de segments de tiges et de racines de trois fruitiers spontanés de la région des savanes au Togo : *Haematostaphis barberi* Hook. F., *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. *European Scientific Journal* 10 (6): 195-211.

Aïtondji A. L., Toyi M. S. S., Kassa B., Sinsin B. 2015. Caractéristiques floristiques, phytosociologiques et écologiques de la végétation des carrières en République du Bénin. *Science*

de la Vie et de la Terre, REV.CAMES 03(02), 13-24.

Alexandre D.Y., Guillaumet J.L., Kahn F, De Namur Ch., 1978. Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide : conclusions. - Cahiers Orstom, sér: *Biol.* 13 (3) : 267-270.

Alexandre D.Y. 1989. Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Paris Editions de l'ORSTOM, 1989, 102 p. (Etudes et Thèses).

Assogbadjo A. E., Glèlè Kakai R., Kyndt T., Sinsin B. 2010. Conservation Genetics of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in the Parklands Agroforestry Systems of Benin (West Africa). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(2): 136-140.

Augspurger C. M., 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings : a comparative study of growth and survival.- *J. Ecol.* 72 : 777- 795.

Awokou K. S., Ganglo C. J., Azontondé H. A., Adjakidjè V., De Foucault B. 2009. Caractéristiques structurales et écologiques des phytocénoses forestières de la forêt classée d'Itchède (Département du Plateau, Sud-est Bénin). *Sciences & Nature* 6(2) : 125 - 138.

Bamba I., Mama A., Neuba D. F. R., Koffi K. J., Traore D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. & Bogaert J. 2008. Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo central (R.D. Congo). *Sciences & Nature*, 5(1): 49-60.

Balla Eke M. S. 2011. La valorisation des produits forestiers non ligneux au Cameroun. La valorisation des produits forestiers non-ligneux dans l'arrondissement de Yokadouma, Éditions universitaires européennes, 136 p.

Bationo B.A., Ouedraogo S.J., Guinko S. 2001. Longévité des graines et contraintes à la survie des plantules d'*Azelia africana* Sm. dans une savane boisée du Burkina Faso. *Annals of Forest Science*, 58(1) : 65-75.

Brokaw N. V.L., 1982a. The definition of treefall gap and- its effect on measures of forest dynamics.- *Biotropica* 14 (2) : 158-160.

Chris, M., Phillip, G., Cris, B. and Juergen B. 2005. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management* 218:1-24.

Codjia S., Aoudji A., Koura K., Ganglo J. C. 2018. Systèmes Agroforestiers à *Garcinia kola* Heckel Au Sud-Est Du Bénin : Distribution Géographique, Connaissances Endogènes Et Retombées Financières. *European Scientific Journal* 14(12), 188-208.

Cunningham K. D., Cecava M. J., Johnson T. R. 1993. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. *J. Dairy Sci.*, 76: 3523-3535.

Dangbo F. A., Adjonou K., Kokou K., Blaser J. 2019. The socio-economic contribution of *Detarium senegalense* seeds to rural livelihoods in Togo (West Africa), *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 13(3): 1582-1595,

Denslow J.S. 1995. Disturbance and Diversity in Tropical rain forests: the density effect.

Ecological applications, 5: 962 – 968.

Diop N., Ndiaye A., Cisse M., Dieme O., Dornier M., Sock O. 2010. Le ditax (*Detarium*

- senegalense* J. F. Gmel.) : principales caractéristiques et utilisations au Sénégal. *Fruits* 65(5) 293-306.
- Diop N., 2013. Caractérisation du ditax (*Detarium senegalense* J.F.Gmel) et étude de sa transformation en nectar. Thèse de Doctorat Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 165 p.
- Djogbénu C. P., Glèlè Kakai R., Arouna O., Sinsin B., 2011. Analyse des perceptions locales des aménagements forestiers participatifs au Bénin. *Vertigo.Revue.org*, 11(1) : 1-16.
- Dupuy B., Doumbia, F., Diahuissie, A. & Brevet, R. 1997. Effet de types d'éclaircie en forêt dense humide ivoirienne. *Bois Forêt Trop.* 253 (3): 5-18.
- Fandohan A. B. 2007. Structure des populations et importance socioculturelle du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans la Commune de Karimama (Bénin). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)/Faculté des Sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi, 60 p.
- FAO. 2011. Evaluation des Ressources Forestières Mondiales. Rome, Italie. 320 p.
- FAO. 2012. Intégration des dimensions du changement climatique dans les activités des projets de gestion des ressources naturelles. Rome, 68 p.
- FAO. 2015. Evaluation des ressources forestières mondiales FRA 2015, 6 p.
- Gouwakinnou G.N., Kindomihou V., Assogbadjo A.E., Sinsin B. 2009. Population structure and abundance of *Sclerocarya birrea* (A.Rich.) Hochst. subsp. *birrea* in two contrasting land-use systems in Benin. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 1(6): 194-201.
- Hartshorn G. S., 1978. Tree fall and tropical forest dynamics. In: Tomlinson P. B., Zimmermann
- Hitimana, J., Kiyiapi J. L. et Njunge J. T. 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, western Kenya, *Forest Ecology and Management* 194: 269-291.
- Houessou G.L., Lougbegnon O.T., Gbesso G.H.F., Anagonou S.E.L., Sinsin B. 2012. Ethnobotanical study of the African star apple (*Chrysophyllum albidum* G. Don) in the Southern Benin (West Africa). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*: 8: 40, 1-10.
- Husch, B., Beers, T. W. and Kershaw, J. A. 2003. Forest Mensuration. (4th Ed). John Wiley and Sons, Inc., New York. 443 p.
- Ky J.M.K., Gnoula C., Zerbo P., Simpore J., Nikiema J.B., Canini A. and Millogo-Rasolodimby J. 2009. Study of floristic diversity and the structural dynamics of some species providers of non woody forest products in the vegetable formations of the centre east of Burkina Faso. *Pakistan Journal of Biological Science* 12 (14): 1004-1011.
- Lawin I. F., Fandohan A. B, Gandji K., Assogbadjo A. E. et Ouinsavi C. A. I. N. 2018. *Cola millenii* K. Schum : Etat des connaissances et perspectives de recherche. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(3): 1494-1515.
- Mapongmetsem P.M., Nkongmeneck B.A., Rongoumi G., Dongock D.N., Dongmo B. 2011. Impact des systèmes d'utilisation des terres sur la conservation de *Vitellaria paradoxa* Gaerten. F. (Sapotaceae) dans la région des savanes soudano-guinéennes. *International Journal. Environment*, 68(6) : 851-872.
- Merino, A., Real C., Álvarez-González J. G., Manuel A. et Rodríguez-Guitián M. A. 2007. Forest structure and C stocks in natural *Fagus sylvatica* forest in southern Europe: The effects of past management, *Forest Ecology and Management* 250: 206-214.
- Nadkarni, N. M., McIntosh A. C. S. et Cushing B. J. 2008. A framework to categorize forest structure concepts, *Forest Ecology and Management* 256 : 872-882.
- Natta A.K., Porembski S. 2011. Forêts galeries. In : Sinsin B., et al. (eds.). Atlas écologique du Bénin : Etat actuel de la diversité végétale / Current state of plant diversity. (inpress).
- Natta A. K., Adomou A., Sogbegnon A. R. 2011. Inventaire, typologie et structure des populations naturelles de *Pentadesma butyracea* (clusiaceae) sur la chaîne de l'Atacora au nord-ouest du Bénin. Soumis à la revue Bulletin des Recherches Agronomiques du Bénin.
- Neuenschwander, P., Sinsin, B., Goergen, G. 2011. Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest: Une Liste Rouge pour le Bénin. *Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin*. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 36 p.
- Niggemann ., Jetzkowitz ., Brunzel ., Wichmann 2009. Distribution patterns of plants explained by human movement behaviour. 220:1339-1346.
- Orékan, V.A. 2007. Implémentation du modèle local CLUE-s aux transformations spatiales dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection. Thèse de doctorat, Université de Bonn, Allemagne, 204 p.
- Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K., Guinko S. 2006. Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse*, 17(4): 485-491.
- Peters C.M. 1994. Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest. An ecological primer: Biodiversity Support Program, Washington DC, 49 p.
- Philip, S.M. 2002. Measuring Trees and Forests. Second Edition: 31 p.
- Rabiou H. Bationo., B.A., Segla K.N., Diouf A., Mahamane A., Adjonou K., Kokou K. Kokutse., A.D, Saadou M. 2015. Structure des peuplements naturels de *pterocarpus erinaceus* poir. dans le domaine soudanien, au Niger et au Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, 325 (3) :71-83.
- Rollet B. 1984. Etude sur une forêt d'altitude des Andes Vénézuéliennes: La forêt de la Carbonera. *Bois et Forêt des Tropiques*, n° 205 (3): 3-23.
- Rondeux, J. 1999. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les presses Agronomiques de Gembloux, 2ème Edition. Gembloux : 521 p.
- Sambiéni K. R., Adi Mama M. S. T. 2015. Perception paysanne sur la fragmentation du paysage de la Forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* : 15(2), 1-18.
- Sinsin B. & Owolabi L. 2001. Rapport sur la monographie de la Diversité Biologique du Bénin. Cotonou, Bénin: Ministère de l'Environnement de l'Habitat et d'Urbanisme (MEHU) ; 42 p.
- Sokpon N., 1995. Recherche écologique sur la forêt dense semi décidue de Pobè au Sud- Est du Bénin : Groupements

végétaux, structure, régénération naturelle et chute de litière. Thèse de Doctorat ; Université Libre de Bruxelles. 350 pp.

Sourou B.N., Ouinsavi C., Sokpon N., 2016. Ecological Structure and Fruit Production of Blood Plum (*Haematostaphis barteri* Hook. F.) Subpopulations in Benin. *International Journal of Plant & Soil Science*, 9(2): 1-12.

Toko Mouhamadou I., Toko Imorou I., Médaho S. A., Sinsin B. 2013. Perceptions locales des déterminants de la fragmentation de forêts dense dans Monts-Kouffè Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 66 : 5049-5059.

Toko Mouhamadou I. 2014. Facteurs déterminants de la fragmentation des écosystèmes forestiers : cas des îlots de forêts denses sèches de la forêt classée des Monts Kouffé et de sa périphérie au Bénin. Thèse de Doctorat Unique à l'École Doctorale Pluridisciplinaire "Espace, Culture et Développement/Université d'Abomey-Calavi, 231 p.

Wulder, M. A., White J. C., Andrewa M. E., Seitz N. E. et Coops N. C., 2009. Forest fragmentation, structure, and age characteristics as a legacy of forest management, *Forest Ecology and Management* 258: 1938-1949.

CARACTERISATION ET VALEUR NUTRITIONNELLE DES POISSONS FUMÉS CONSOMMÉS A BRAZZAVILLE: CAS DE *PROTOPTERUS DOLLOÏ*, *DISTICHODUS SPP* ET *CLARIAS SPP*

MANANGA Vital^(1,2,3), ITOUAOKOUANGO Yvon Simplicie^(1,2), ZOLATCHINA Patience Amelia⁽¹⁾, ELENGA Michel^(1,2)

Résumé

Le poisson fumé est un produit alimentaire fréquemment commercialisé et utilisé dans les habitudes culinaires à Brazzaville. Mais, sa valeur nutritionnelle est moins connue. Le poisson fumé constitue une source importante de protéines, de lipides, de vitamines et de sels minéraux. Ce travail est réalisé pour montrer l'importance nutritionnelle du poisson fumé dans l'alimentation des habitants de Brazzaville.

L'objectif général : Cette étude vise à déterminer la valeur nutritionnelle des poissons fumés les plus consommés à Brazzaville. A cet effet, les teneurs en humidité, en lipides totaux, en protéines totales et en cendres totales ont été mesurées après une enquête sur la consommation des poissons fumés *Protopterus dolloï*, *Distichodus spp* et *Clarias spp* à Brazzaville.

La teneur en humidité est obtenue après séchage des échantillons à l'étuve à 70°C. La teneur en lipides totaux est déterminée après extraction et dosage par les méthode de Bligh et Dyer, La méthode de Kjeldahl a permis de déterminer la teneur en protéines totales. La teneur en cendres totales est mesurée après incinération au four à moufle à 550°C.

Résultats : Les valeurs moyennes obtenues sur la qualité nutritionnelle des poissons fumés les plus consommés montrent que pour : *Clarias spp* [Lipides = 13,23% ; protéines = 77,5% ; cendres = 3,18 ± 0,0081% ; E = 441,6 Kcal] ; pour *Protopterus dolloï* [lipides = 12% ; protéines = 76,56% ; cendres = 5,85 ± 0,0035% ; et E = 421 Kcal] et pour *Distichodus spp* [lipides = 9,32% ; protéines = 79,125% ; cendres = 6,48 ± 0,0045% et E = 434,26 Kcal].

Conclusion : Les poissons d'eau douce fumés occupent une place de choix dans l'alimentation des habitants de Brazzaville et constituent une source importante de protéines et de lipides. Ils pourraient contribuer à la couverture des besoins nutritionnels du consommateur. Leur utilisation pourrait prévenir des maladies liées à la carence en protéine et assurer un bon état de santé à la population malgré leur caractère fumé.

Mots clés : Poisson fumé, importance nutritionnelle, Brazzaville

Abstract

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION AND VALUE OF SMOKED FISH CONSUMED IN BRAZZAVILLE: CASE OF PROTOPTER DOLLOÏ, DISTICHODUS SPP AND CLARIAS SPP

Smoked fish is a food product frequently marketed and used in cooking habits in Brazzaville. But, its nutritional value is less known. Smoked fish is an important source of protein, fat, vitamins and minerals. This work is done to show the nutritional importance of smoked fish in the food of the inhabitants of Brazzaville.

The general objective: This study aims to determine the nutritional value of the most consumed smoked fish in Brazzaville. For this purpose, the total moisture, total lipid, total protein and ash contents were measured after a survey of the consumption of Brazzaville fish in *Protopterus dolloï*, *Distichodus spp* and *Clarias spp*.

The moisture content is obtained after drying the samples in an oven at 70°C. The total lipid content is determined after extraction and assay by the methods of Bligh and Dyer, the method of Kjeldahl allowed to determine the total protein content. the total ash content is measured after muffle at 550°C.

Results: The values obtained on the nutritional quality of the most consumed smoked fish are as follows: *Clarias spp*. [Lipids = 13.23%; protein = 77.5%; ash = 3.18 ± 0.0081%; E = 441.6 Kcal]; *Protopterus dolloï* [lipids = 12%; protein = 76.56%; ash = 5.85 ± 0.0035%; and E = 421 Kcal] and *Distichodus spp* [lipids = 9.32%; protein = 79.125%; ashes = 6.48 ± 0.0045% and E = 434.26 Kcal].

Conclusion: Smoked freshwater fish occupy an important place in the diet of the inhabitants of Brazzaville and constitute an important source of proteins and lipids. They could help cover the nutritional needs of the consumer. Their consumption could prevent diseases related to protein deficiency and ensure good health for the population despite their smokiness.

Keywords: smoked fish, nutritional value, Brazzaville

⁽¹⁾Laboratoire de Nutrition et d'Alimentation Humaine (LaNAH), Faculté des Sciences et Techniques (FST), UMNG, BP : 69, Brazzaville, Congo.

⁽²⁾Equipe Pluridisciplinaire de Recherche en Alimentation et en nutrition (EPRAN), Faculté des Sciences et Techniques (FST), UMNG.

⁽³⁾Auteur correspondant : MANANGA Vital, docteur en alimentation et nutrition Parcours Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, BP : 69, Brazzaville, Congo.

E-mail : manangavital@yahoo.fr, tel : 00(242) 066743151 / 00(242) 057038912

INTRODUCTION

Le poisson est un aliment naturel dont l'homme s'est sustenté depuis la nuit des temps. Très tôt, il a été reconnu comme favorable à un bon équilibre physiologique (Diènèba, 2005),

surtout pour son effet protecteur vis-à-vis des maladies cardiovasculaires. Ceci en raison de sa composition chimique prouvée par une richesse en protéines et acides aminés essentiels (lysine, méthionine, tryptophane, histidine). De

plus, les lipides du poisson sont excellents pour la santé car, ils renferment des acides gras polyinsaturés qui ont la propriété de favoriser la diminution du taux de cholestérol. La présence des acides gras polyinsaturés de la série n-3, précurseurs de prostanoïdes leur confèrent un effet anti thrombotique. En raison de sa qualité nutritionnelle, le poisson a été donc recommandé dans l'alimentation pour la prévention des maladies cardiovasculaires (Dicko et al, 1990).

Le poisson a également été pendant longtemps la source de vitamine D et demeure un appoint notable en vitamines du groupe B. Il contient de la vitamine A stockée sous forme de rétinol dans le foie, les intestins, le pancréas et les reins (Diènèba, 2005).

En Afrique, les populations ont souvent recours aux poissons pour couvrir leurs besoins et assurer leur sécurité alimentaire (WorldFish center, 2005).

A cet effet, le poisson fumé constitue une source importante de protéines accessibles aux ménages à faibles revenus, surtout dans les pays en développement où le prix de la viande demeure trop élevé pour le consommateur moyen (FAO, 2009). La FAO (2003) a estimé que le poisson représente 22% de la ration protéinique en Afrique subsaharienne. Cependant, dans les pays les plus pauvres, ce taux peut dépasser 50%, en particulier lorsque les autres sources en protéines animales sont rares ou chères. En plus de leur haute valeur protéique, les poissons constituent une source alimentaire importante de lipides, de vitamines, de minéraux et d'oligoéléments (Girardet, 2012).

La teneur en lipides des poissons varie fortement selon les espèces. Ce qui permet de distinguer les poissons dit maigres dont la teneur en lipides est inférieure à 2%, de ceux qui sont dit gras avec une teneur en lipides supérieure à 2% (Anses, 2010 ; Girardet, 2012).

Les études réalisées sur les bénéfices apportés par les AGPI-LC n-3 (EPA et DHA), considérés comme les composés majeurs de la chair de poisson, ont montré chez l'adulte, une relation inverse entre la consommation de poissons ou la composition tissulaire en AGPI-LC n-3 d'une part et certains facteurs de risque de maladies cardiovasculaires (hyperlipidémie, HTA...) d'autre part (Mensink et al, 2003 ; Wang et al, 2006).

Les poissons sont riches en potassium et phosphore et constituent l'une des principales sources alimentaires en iode, contribuant pour plus de 8% à l'apport moyen en iode chez l'enfant (Lafay et al., 2007). La teneur en iode est plus élevée chez les poissons marins que ceux d'eau douce (Girardet, 2012). Le poisson est aussi une source indispensable de micronutriments tels que le fer, le zinc et le calcium (World Fish center, 2005).

De par leur valeur nutritive, les poissons, constituent un complément alimentaire précieux dans les régimes pauvres en protéines, vitamines et sels minéraux (FAO, 2006).

Selon la FAO (1993), le poisson fumé doit avoir les caractéristiques suivantes: une teneur en humidité $\leq 13\%$, correspondant à la teneur seuil de conservation des aliments, une couleur uniformément brun clair

Le poisson fumé a l'avantage, du fait d'avoir perdu une quantité importante de son eau, de concentrer les éléments nutritifs. Ainsi, par rapport au poisson frais, il renferme le triple de la teneur en

protéines, environ douze fois les teneurs en lipides et en fer, 130 fois le taux de calcium (Opoye-Itoua, 1989).

Les études antérieures réalisées par Laure (1974) indiquent des valeurs nutritionnelles de plusieurs poissons consommés au Cameroun et au Tchad. Les résultats des analyses ont montré que, pour 100g de matière sèche du poisson *Clarias scopoli* (silure, machoiron de bangola) séché et fumé, on observe des teneurs de : 10,5% d'humidité ; 64,4% des protéines ; 11,4% des lipides ; 20,1% des cendres ; 378 kcal. D'autres travaux réalisés par Mujinga (2009) à Lubumbashi sur la valeur nutritive de certains poissons fumés d'eau douce ont révélé pour: *Clarias* sp : Matières grasses (52,584%), Protéines (51%), Cendres (8,5%) et ; *Protopterus* (Nzombo): Matières grasses (52,375%), Protéines (50,2%), Cendres (5,4%). L'étude de Opoye-Itoua (2007) réalisée sur *Clarias* sp, a montré des résultats différents Humidité (7,30%), Matières sèches (92,30%), Cendre (14,70%), Protéines brutes (66,50%), Matières grasses (10,00%).

Le poisson fumé est retrouvé aussi, comme dans ces villes, vendu et consommé à Brazzaville. Cependant, son importance nutritionnelle reste encore moins connue. L'objectif de notre travail est de montrer l'importance de l'apport nutritionnel du poisson fumé dans l'alimentation des habitants de Brazzaville en déterminant la valeur nutritionnelle des poissons fumés vendus, les plus consommés dans cette ville.

MATERIEL

Le matériel animal utilisé est constitué des poissons fumés achetés au marché « TOTAL ». Il s'agit des poissons *Protopterus dolloï*, *Distichodus* spp et *Clarias* spp appelés respectivement en langue vernaculaire Nzombo, Mboto et Ngolo, qui ont été sélectionnés après une enquête sur la consommation des poissons fumés réalisée à Brazzaville. Les échantillons sont ensuite transportés au laboratoire pour les analyses ultérieures.

METHODES

Préparation des échantillons

Les poissons fumés ont été placés à l'étuve (type : INDELAB 250°C, IABOLAN 232) à 50°C pendant 24 heures afin d'éliminer les traces d'eau. Chaque poisson a été broyé à l'aide d'un mortier en porcelaine. La poudre obtenue a été emballée dans un papier aluminium et utilisée pour les analyses afin déterminer les teneurs en humidité, protéines, lipides, cendres totales et glucides.

Détermination de la teneur en humidité

Cent grammes de poudre de chaque échantillon de poisson fumé ont été pesés à l'aide d'une balance à précision (HIGHLAND, HCB 123, Max 120g $\times 0,00g$). Puis placés à l'étuve à 70°C pour le séchage. Les pesées ont été effectuées toutes les 24 heures jusqu'à l'obtention de la masse constante. Deux essais ont été effectués pour chaque échantillon. La teneur en humidité a été déterminée par la relation suivante :

Avec : M_o = matière initiale, M_s = matière sèche (finale), T_H = teneur en humidité

$$\%T_H = \frac{M_o - M_s}{M_o} \times 100$$

Détermination de la teneur en lipides

La méthode de **BLIGH ET DYER** a été utilisée pour extraire les lipides des échantillons. Ainsi, 100 grammes de poudre de poisson ont été prélevés, placés dans un bécher et mélangés avec 200 ml de méthanol et 100 ml de chloroforme à l'aide d'un mixeur pendant 5 min. Après avoir ajouté 100 ml d'eau distillée, mixé pendant 3 min et laissé reposer pendant 15 min, le mélange a été filtré à vide (filtration à l'aide d'un Buchner et une pompe à vide) tout en lavant la poudre avec 100 ml de chloroforme. La solution filtrée a été laissée au repos dans une ampoule à décanter jusqu'au lendemain afin de d'obtenir deux phases. : une phase organique constituée des solvants (chloroforme et méthanol) et une phase aqueuse. Chaque phase a été récupérée, introduite dans un ballon et placée à l'étuve à 45°C pendant une journée pour éliminer les solvants et recueillir l'huile. Le ballon a été pesé, soit M_1 la masse du ballon contenant l'huile et M_0 la masse du ballon vide. La masse d'huile a été calculée en utilisant la relation : $M_h = M_1 - M_0$

La teneur en lipides a été calculée à partir de la formule suivante :

$$\% \text{lipides} = \frac{M_h}{M_p} \times 100$$

Avec : M_h = masse d'huile obtenue, M_p = masse de la poudre, %lipides = teneur en lipides

Détermination de la teneur en protéines

*Dosage de l'azote

L'azote total a été déterminé par la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1984).

*Principe

La matière organique de l'échantillon animal est minéralisée à chaud par l'acide sulfurique concentré. L'azote est récupéré sous forme d'ammonium puis distillé sous forme d'ammoniaque avant d'être dosé par volumétrie acide-base.

*Mode opératoire

Dans un matras, 0,5g de la poudre de poisson fumé, une pointe de spatule de catalyseur et 10 ml d'acide sulfurique concentré ont été introduits. Ensuite, une minéralisation à froid pendant 30min a été réalisée, suivie d'une minéralisation à chaud pendant deux heures. Pendant que la solution se refroidit on y ajoute 150ml d'eau distillée et 30ml d'hydroxyde de sodium à 400g/l jusqu'à ce qu'elle devienne hétérogène de couleur marron. La solution a été ensuite entraînée à la vapeur en recueillant le distillat dans une éprouvette graduée contenant 20ml d'une solution d'acide borique à 20g/l et quelques gouttes d'indicateur coloré (vert de bromocrésol) jusqu'à l'obtention de 125ml. Enfin, cette solution a été dosée avec l'acide sulfurique à N/20 jusqu'à la dernière goutte qui provoquerait le virage de la coloration du bleu au jaune. Le volume (V) du dosage a été prélevé.

*Calculs

Le taux d'azote a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$\%N = \frac{V_{H_2SO_4} \times 0,07}{m}$$

Avec m = la masse de la poudre prélevée.

Le taux de protéines est déduit par la relation suivante :

$$\%P = \%N \times 6,25$$

Deux grammes de poudre de chaque poisson ont été placés dans un four à moufle, chauffé à 550°C pendant huit heures pour incinération. Deux essais ont été réalisés. Les cendres obtenues ont été pesées, soit M_c , la masse des cendres et M_p la masse de la poudre. La teneur en cendres (T_c) a été déterminée par la relation suivante :

$$\%T_c = \frac{M_c}{M_p} \times 100$$

Détermination de la teneur en glucides

La teneur en glucides a été déterminée par la méthode d'addition en utilisant la relation suivante :

$$M_s = M_{\text{organique}} + M_{\text{minérales}}$$

$$M_s = (P + L + G) + \text{Cendres}$$

$$G = M_s - (P + L + C)$$

Avec : P = protéines, L = lipides, G = glucides, C = cendres, M_s = matière sèche

RESULTATS

Identifications des échantillons



Photo 1 : (Protoptère)
Nom en lingala : «Nzombo»
Ordre des Lepidosireniformes
Famille des Protopteridae
Genre : *Protopterus dolloi*



Photo 2 : (Protoptère)
Nom en lingala : «Mbot»
Ordre des characiformes
Famille des Distichodontidae
Genre : *Distichodus spp*



Photo 3 : (Poisson chat)
Nom en lingala : «Ngolo»
Ordre des siluriformes
Famille des Clariidae
Genre : *Clarias spp*

Valeur nutritionnelle des poissons fumés les plus consommés à Brazzaville

Le tableau 1 présente les résultats concernant la qualité nutritionnelle des poissons fumés les plus consommés à Brazzaville: *Protopterus dolloi* « Nzombo », *Clarias spp* « Ngolo », *Distichodus spp* « Mbot ».

Tableau 1 : Valeur nutritionnelle pour 100 g de matière sèche des échantillons de poissons fumés

Type de poisson fumé	<i>Protopterus dolloi</i>	<i>Clarias spp</i>	<i>Distichodus spp</i>
Composition			
Teneur en humidité (%)	10,58 ± 0,05	8,38 ± 0,15	11,23 ± 0,015
Teneur en lipides (%)	12	13,23	9,32
Teneur en protéines (%)	76,56	77,5	79,125
Teneur en glucides (%)	5,59	6,09	5,075
Teneur en cendres (%)	5,85 ± 0,0035	3,18% ± 0,0081	6,48% ± 0,0045
Valeur énergétique (kcal)	421	441,6	434,26

L'analyse des résultats du tableau 1 montre que, les trois types de poissons fumés étudiés contiennent plusieurs nutriments dont les teneurs moyennes varient d'un poisson à l'autre.

Concernant la teneur en humidité, les résultats montrent les poissons étudiés présentent une valeur moyenne de $(11,23 \pm 0,015\%)$ pour *Distichodus* spp « Mbotu », $(8,38 \pm 0,15\%)$ pour *Clarias* spp « Ngolo » et $(10,58 \pm 0,05\%)$ pour *Protopterus dolloï* « Nzombo ». Ceci montre que, les poissons fumés, malgré leur aspect sec, contiennent des traces d'eau pendant leur conservation. La différence des valeurs obtenues pour ces trois poissons, pourrait s'expliquer par le degré de fumage et la teneur en eau initiale des poissons non fumés et probablement à la durée de conservation.

Concernant la teneur en lipides, on observe des valeurs de : 9,32% pour *Distichodus* spp, 13,23% pour *Clarias* spp et 12% pour *Protopterus dolloï*. Ces résultats montrent que les poissons étudiés présentent une quantité importante de lipides. La variation des teneurs pourrait s'expliquer par la variabilité des espèces mais aussi, par l'altération et le degré de pertes de lipides au cours du fumage.

Pour ce qui est de la teneur en protéines, on observe des valeurs de : 79,125% pour *Distichodus* spp, 76,56% pour *Protopterus dolloï* et 77,5% pour *Clarias* spp. Ces résultats montrent que la teneur en protéines de ces poissons est élevée. De ce fait, ils pourraient convenablement assurer la couverture journalière en protéine d'une personne adulte.

Pour la teneur en glucides, on observe les valeurs de 5,59% pour *Protopterus dolloï*, 6,09% pour *Clarias* spp et 5,075% pour *Distichodus* spp.

Quant à la teneur en cendres totales, on observe les valeurs moyennes de : $6,48 \pm 0,0045\%$ pour *Distichodus* spp ; $5,85 \pm 0,0035\%$ pour *Protopterus dolloï* et $3,18 \pm 0,0081\%$ pour *Clarias* spp. La valeur plus élevée en cendre observé chez *Distichodus* spp par rapport aux autres poissons pourrait être fonction de l'espèce étudiée.

Enfin, pour la valeur énergétique, les résultats montrent que *Clarias* spp a une valeur énergétique de 441,6 Kcal, celle *Distichodus* spp est de 434,26 Kcal et 421Kcal pour *Protopterus dolloï*. Du point de vue énergétique, chacun de ces poissons, pourrait assurer une partie importante de la couverture énergétique journalière d'une personne adulte.

DISCUSSION

Concernant la qualité nutritionnelle, les résultats de cette étude indiquent, que les poissons fumés les plus consommés dans les ménages enquêtés, constituent une source importante de protéines et de lipides. Les valeurs moyennes des différents composants varient en fonction des espèces étudiées. Ce qui concorde avec les résultats des travaux de Girardet et al. (2012) qui ont montré que la qualité nutritionnelle des poissons varie selon le type, la saison et la position géographique.

Concernant les teneurs en humidité, les résultats de cette étude montrent que la valeur moyenne observée chez *Clarias* spp (8,38%), est légèrement plus élevée que celle déjà signalée dans l'étude de Opoye-Itoua (2007) sur la même espèce *Clarias* sp et qui est de 7,30%. Cependant, nos valeurs sont inférieures à celles obtenues par Laure (1974) pour *Clarias scopoli* au Cameroun et au Tchad qui était de 10,5%.

Les trois poissons fumés de notre étude présentent des teneurs moyennes en humidité, inférieures au seuil de conservation

des aliments (13%) préconisé par a FAO (1993). Ces poissons pourraient donc être conservés pendant longtemps avec ce taux d'humidité.

Notre étude révèle que les teneurs en lipides des poissons fumés, *Protopterus dolloï*, *Clarias* spp et *Distichodus* spp ont été respectivement de 12% et 13,23% et 9,32%. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par Mujinga (2009) à Lubumbashi qui a signalé des teneurs en lipides de 52,375% pour *Protopterus* et de 52,584% pour *Clarias* sp. Cette différence pourrait liée à l'environnement écologique des deux espèces.

Par contre, la teneur en lipides du *Clarias* spp de notre étude est proche de celle obtenue par Laure (1974) chez de *Clarias scopoli* au Cameroun et au Tchad qui est de 11,4% et celle obtenue par Opoye-Itoua (2007) au Congo chez la même espèce et qui est de 10,00%.

De plus, les teneurs en lipides des poissons fumés de notre étude sont supérieures de 2%. Ces poissons pourraient être qualifiés de poissons fumés gras selon la classification de ANSES (2010) qui définit, de poissons gras ceux ayant une teneur en lipides supérieure à 2% et de poissons maigres ceux ayant une teneur en lipides inférieure à 2%. Ces poissons procurent assez des lipides aux consommateurs et seraient bénéfiques pour la santé de l'homme. Ils contiendraient des acides gras polyinsaturés à longue chaîne (DHA, EPA) qui permettent de lutter contre les maladies cardiovasculaires comme l'a déjà souligné Dicko et al. (1990) ; Mensink et al. (2003) et Wang et al. (2006).

S'agissant de la teneur en protéines, notre étude montre que les poissons fumés, *Protopterus dolloï*, *Clarias* spp et *Distichodus* spp contiennent des teneurs respectives en protéines de 76,56% ; 77,5% et 79,125%. Concernant le poisson *Protopterus dolloï*, la valeur trouvée est plus élevée que celle obtenue par Mujinga (2009) à Lubumbashi sur la même espèce, soit 50,2%.

Pour l'espèce *clarias* spp, la valeur obtenue est supérieure à celle trouvée par certains auteurs Mujinga (2009) à Lubumbashi soit 51% ; Laure (1974) sur le *clarias scopolis* au Cameroun et au Tchad, soit 64,4% et Opoye-Itoua (2007) au Congo, soit 66,50%.

Les teneurs en protéine des poissons étudiés restent élevées et en font une source importante en protéines, comme le souligne la FAO (2006 ; 2009). Ils contribuent à la sécurité alimentaire en protéines de la population comme l'a souligné worldFish (2005). Ce qui permettrait d'éviter les maladies liées à la malnutrition protéino-énergétique (kwashorkor et le marasme) chez l'enfant.

La teneur faible en glucides de ces poissons serait due à la faible quantité qui s'accumule dans les muscles des poissons.

Concernant la teneur en cendres totales, Les résultats de cette étude montrent que la valeur moyenne observée chez le poisson fumé *Protopterus dolloï* (5,85%) est proche de celle obtenue par Mujinga (2009) à Lubumbashi, soit 5,4%. Pour le poisson fumé *Clarias* spp, la valeur moyenne de 3,18% est plus faible que celle obtenue par Laure (1974) au Cameroun et au Tchad pour *Clarias scopoli* (20,1%). Elle est toujours plus faible que celle trouvée par Mujinga (2009) à Lubumbashi pour *Clarias* sp (8,5%) et par Itoua-opoye (2007) au Congo pour *Clarias* sp (14,70%). La valeur du poisson *Distichodus* spp étant de 6,48%.

Les valeurs énergétiques pour les trois poissons sont plus élevées que celle obtenue par Laure (1974) pour le poisson *clarias scopolis*, soit 378 kcal. Ces poissons sont de bonnes sources d'énergie.

CONCLUSION

Les poissons d'eau douce fumés occupent une place de choix dans les habitudes alimentaires des habitants de Brazzaville. Cette étude a révélé que les plus consommés à Brazzaville constituent une source importante des protéines et des lipides. Ils pourraient assurer la couverture des besoins nutritionnels énergétiques, de construction et de protection. Leur consommation pourrait prévenir par ailleurs certaines maladies cardiovasculaires et celles, liées à la carence en protéine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1-Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). 2010. Consommation des poissons, mollusques et crustacés : aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme. Rapport. Maisons Alfort. 193p.

2-Dicko A, Dansoko F et Coulibaly T. 1990. Session de Recyclage/formation continue en pêche « pisciculture pour techniciens ». Ichtyophage et pêche, transformation et conservation. Tome 1. Bamako. 139p.

3-Diènèba Keita Ouattara. 2005. Contribution à l'étude de la qualité des poissons transformés (fumés, séchés). Ouattara D. M. Université de Bamako. Thèse de Pharmacie. 139p.

4-FAO. 2003. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. 36 p.

5-FAO. 1993. Le maïs dans la nutrition humaine. Collection FAO ; alimentation et nutrition. 25. Rome. 12-28p.

6-FAO. 2009. Document technique sur les pêches et l'aquaculture. 65p.

7-FAO. 2006. Profil des pêches et de l'aquaculture par pays ; vue générale du secteur des pêches nationales. FAO/FIR/CP/BEN. 42p.

8-Girardet J., Chouraqi J., Dupont C., Bocquet A., Bresson J., Briend A., Darmaun D., Frelut M., Ghisolfi J., Goulet O., Putet G., Rieu D., Rigo J., Turck D., et Vidailhet M. 2012. Comité de nutrition de la société française de pédiatrie. Alimentation de l'enfant et facteurs de risque cardiovasculaires. Arch Pédiatrique 51-59p.

9-Lafay L., Dufour A., Calamassi G., Benetier C., Bertin M., Dubuisson C., Gauchard F., Lioret S et Touvier M. 2007. Etude individuelle nationale des consommations alimentaires INCA 2. 225p.

10-Laure J. 1974. Valeur nutritionnelle des produits de la pêche conservés artisanalement au Cameroun et au Tchad. O.R.O.S.T.O.M Paris. 81p.

11-Mensink R., Zock P., Kester A et Katan M. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. Am J Clin Nutr. 77p.

12-Mujinga, W. 2009. Catégories des produits de la pêche commercialisés aux marchés de Lubumbashi et leur valeur nutritionnelle. Les pêches et le VIH/SIDA en Afrique: investir dans les solutions durables. République Démocratique du Congo. 23p.

13-Opoye-Itoua. 1989. Production et consommation du poisson fumé (Mokalu) au Congo: aspects techniques, hygiéniques et socio – économiques. Thèse, Médecine vétérinaire. Université cheikh Anta diop. Dakar. 170p.

14-Opoye-Itoua. 2007. *Dermestes maculatus* Degeer 1774 (Coleoptera: Dermestidae) déprédateur principal et responsable de la contamination du poisson fumé séché en République du Congo : Biologie et essais de lutte. Thèse, Sciences Naturelles. Université Marien Ngouabi. Congo. 156p.

15-Wang C, Harris W, Chung M, Mei C, Lichtenstein A, Ethan M, Kupelnick B, Harmon J et Lan J. 2006. n-3 Fatty acids from fish or fish-oil supplements, but not alpha-linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary-and secondary-prevention studies: a systematic review. American Journal of Clinical Nutrition. 84p.

16-World Fish center. 2005. Le poisson et la sécurité alimentaire en Afrique. WorldFish Center, Penang (Malaisie). 11p.

Itinéraire technique et évaluation de la qualité du poisson-chat, *Clarias gariepinus* (Siluriformes, Clariidae) fumé et commercialisé au Bénin

Adébayo Depo ; Joseph Dossou ; Victor Anihouvi

Résumé

La présente étude vise à évaluer le processus de fumage du poisson-chat (*Clarias gariepinus*) au Bénin afin de déterminer les contraintes majeures liées à la qualité des Siluriformes fumés. A cet effet une enquête prospective a consisté d'abord à la collecte de données sur les pratiques de pêche de poisson-chat, la consommation de poisson-chat, les différentes étapes de transformations, les équipements utilisés, la description du processus de fumage ainsi que le mode de commercialisation du poisson-chat au Bénin. Les sites de fumage de Dangbo (Sud-Bénin) et de Malanville (Nord-Bénin) sont investigués. L'enquête a été couplée à un prélèvement d'échantillons des poissons-chats fumés, suivi d'analyses physico-chimiques et microbiologiques. Seul le fumage à chaud est pratiqué dans les deux zones de l'étude, mais, il existe des différences au niveau de la technique de fumage utilisée, qui varie selon les sites prospectés. Les analyses physico-chimiques indiquent que le pH des poissons-chats fumés est voisin de la neutralité (6,38-6,9), avec une teneur en eau (41,08-67,46 g/100 g) relativement plus faible à Malanville (41,08-45,04 g/100g) qu'à Dangbo (63,05-67,46 g/100). Les analyses microbiologiques indiquent une absence de contamination par les coliformes dans les échantillons prélevés chez les transformatrices de tous les sites de fumage investigués. Par contre, dans les échantillons collectés auprès des revendeuses à Malanville, on remarque une contamination par les coliformes avec un taux de 1,64 Log UFC/g et de 1,61 Log UFC/g, respectivement pour les coliformes totaux et les coliformes thermo-tolérants. Cependant, la flore totale (Germes Aérobie Mésophiles) (6,49-8,00 Log UFC/g) est relativement plus élevée dans tous les échantillons analysés. Ces résultats indiquent donc qu'une attention particulière doit être accordée à la qualité des poissons-chats fumés afin de garantir la santé des consommateurs.

Mots clés : Poisson-chat, physico-chimie, microbiologiques, fumage

Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01
BP 526 Cotonou, Bénin.

Adresse de l'auteur correspondant : depoadebayo@gmail.com

INTRODUCTION

Améliorer la nutrition dans les pays en développement, est un impératif à la fois humanitaire et économique (Muthayya et al., 2009). Cet objectif peut être atteint en valorisant rationnellement les ressources alimentaires disponibles. Au Bénin, la pêche tient une place relativement importante dans l'équilibre socio-économique national car elle contribue environ pour 3% au produit intérieur brut (PIB) (Tossou, 2010). Elle représente un sous-secteur important dans l'économie du Bénin avec une capture nationale actuelle qui avoisine 43 000 tonnes/an, pour une population de pêcheurs de près de 60 000 actifs. Les produits de pêches sont très appréciés avec une consommation individuelle moyenne d'environ 8,50 kg par an (FAO, 2000). Parmi ceux-ci figurent les poissons-chats (silures).

Les produits (poissons) transformés ont trois destinations possibles : le marché local, le marché national et le marché régional (DJESSOUHO, 2015). Selon Dossou (2002) ; les Siluriformes sont commercialisés vers le Nigéria et le Togo.

En effet, sur le plan mondial, les Siluriformes constituent l'un des groupes de poissons économiquement importants aussi bien pour la pêche que pour la pisciculture (Teugels, 1996). Leur production mondiale, plus de 420 000 tonnes/an (FAO, 2003), se situe actuellement au quatrième rang des espèces cultivées en eau douce après les carpes, les salmonidés et les tilapias. Au Bénin, on note l'introduction sans grand succès dans les élevages piscicoles de certaines espèces de Siluriformes dont *Clarias gariepinus*. Malheureusement, les éleveurs sont souvent des particuliers qui n'ont pas une très grande maîtrise des techniques d'élevage. Cependant des efforts louables s'effectuent dans certains centres de formation tels que le Centre Songhaï pour promouvoir l'élevage en masse des Siluriformes au Bénin. On les retrouve également dans tous les plans d'eau continentaux et surtout dans le fleuve Ouémé, le fleuve Mono, le fleuve Pendjari et le fleuve Niger (Paugy et al., 2004, Chikou, 2006).

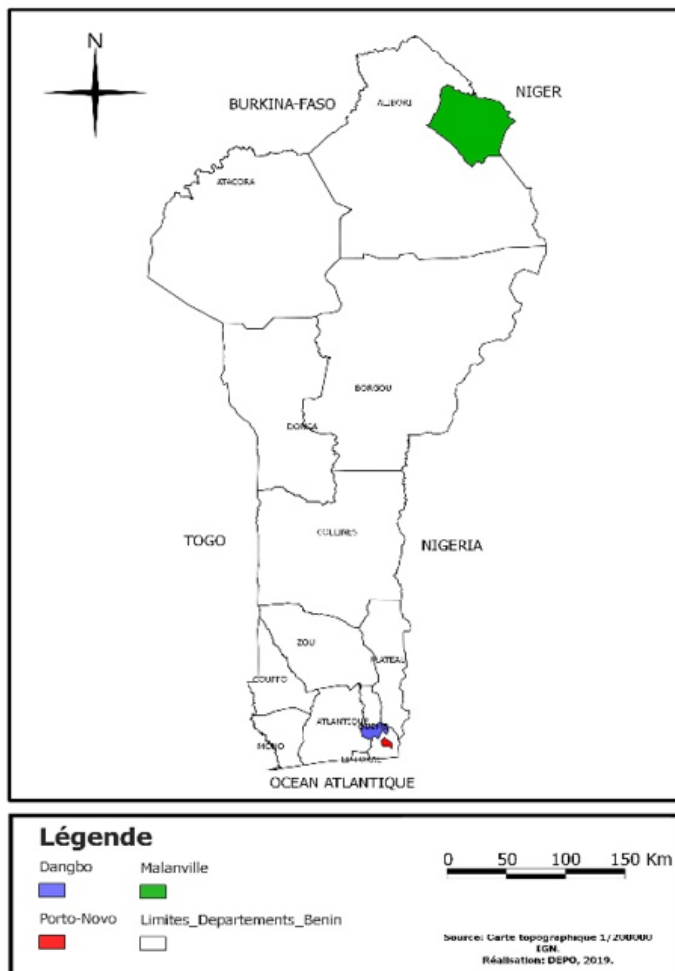
En général, le poisson constitue l'une des sources importantes de protéines animales ou de revenu pour près d'un milliard de personnes dans le monde (Chukwu and Shaba, 2009). C'est donc un complément précieux dans les régimes alimentaires pauvres en protéines, en vitamines et en sels minéraux essentiels (FAO, 2006). Cependant, la conservation du poisson dans les pays chauds est difficile en raison de la nature très périssable de ce produit, du manque d'infrastructures adéquates de conservation en frais et du fait des conditions climatiques et environnementales qui favorisent sa dégradation en moins de 12 heures (FAO, 1971, Beddows, 1985). Ce caractère hautement périssable du poisson, a favorisé l'essor de diverses techniques traditionnelles, utilisées par plus de 4 000 femmes au Bénin en vue de limiter les pertes post-capture (Anihouvi et al., 2005; Kindossi et al., 2012). Cependant, au Bénin, et à l'instar des autres pays de la sous-région Ouest africaine, les pertes post-capture sont estimées à environ 20% (Anihouvi et al., 2005) et cité par DJESSOUHO dans son étude sur l'Analyse socio-économique du fumage de la pêche artisanale maritime sur le littoral du Bénin en 2015.

Les techniques traditionnelles existantes, telles que le séchage, le salage, le fumage et la fermentation souvent utilisées en simple ou en combinaison pour la conservation du poisson frais (FAO, 1971; Anihouvi et al., 2006) ne garantissent toujours pas la conservation efficace du poisson. Au Bénin, le fumage de certaines espèces de poissons dont les Siluriformes, constitue la méthode la plus répandue. Mais elle est encore tributaire de nombreuses contraintes (Dossou, 2002). Selon Dossou, le fumage est effectué avec le four barrique qui est un équipement de fumage peu performant et avec une capacité de production très faible. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité du processus de fumage des Siluriformes au Bénin afin d'identifier les contraintes rencontrées par les transformatrices. Cette étude s'inscrit dans la perspective de la redynamisation de la filière au Bénin en faisant l'état des bases de la production de Siluriformes fumés.

MATERIEL ET METHODES

Cadre de l'étude

Sur la base d'informations disponibles dans la littérature (Chikou, 2006, Paugy et al., 2004), comme les zones de cours d'eaux à forte production de Siluriformes au Bénin et les zones d'activité intense de pêche, deux (02) départements caractérisés aussi par les activités de transformation et de commercialisation de Siluriformes au Bénin ont été choisis comme zone d'étude. Il s'agit des départements de l'Alibori (Nord-Bénin) et de l'Ouémé (Sud-Bénin). La présence de marché régional ou international, la présence de pêcheurs et de transformatrices sont entre autres les principaux critères retenus pour le choix des communes et villages investigués. Ainsi les sites de fumage et de vente de Malanville (Nord-Bénin), de Porto-Novo et de Dangbo (Sud-Bénin) ont été prospectés (Figure 1).



Collecte des données de production, de consommation, de transformation et de commercialisation

Au total deux-cent quatre-vingt-cinq (285) acteurs de la filière, réparties dans les deux zones de l'étude ont été enquêtés. Les enquêtes se sont déroulées sous forme d'entretiens structurés et semi structurés, direct et indirect, et d'observations des acteurs au travail. Quatre groupes cibles ont été interviewés. Il s'agit des pêcheurs, des mareyeuses qui s'adonnent au fumage des poissons-chats, des commerçantes de poissons-chats fumés et des consommateurs (Tableau 1). Les informations collectées sont relatives à la production, la transformation, la commercialisation et la perception des consommateurs sur la qualité des poissons-chats commercialisés dans leur zone. Le questionnaire adressé aux pêcheurs a permis de mieux appréhender la production de poisson-chat, le matériel utilisé, l'état de débarquement et la

commercialisation de ces poissons. Les aspects socio-culturels, la connaissance de poissons-chats, la fréquence de consommation et les préférences ont été fournis par les consommateurs. Les transformatrices ont renseigné sur les différents procédés utilisés. Les pratiques de conservation, le matériel et l'équipement utilisés, les pratiques qui affectent la qualité des poissons fumés ont été renseignées par les revendeuses.

Tableau 1 : Répartition par commune des personnes enquêtées

Type d'acteur	Malanville	Porto-Novo/ Dangbo ²	Total
Pêcheurs	15	08 ^b	23
Transformatrices	20	10 ^b	30
Vendeurs	15	12 ^b	27
Consommateurs	115	90 ^a	205
Total	165	120	285

a pour 1, b pour 2

Echantillonnage

Au total, trente-six (36) échantillons de poisson-chat fumé ont été prélevés dans les différentes zones de l'étude (Dangbo et Malanville) avec une moyenne de dix-huit (18) échantillons par zone d'étude. Trois échantillons ont été prélevés chez trois (03) transformatrices et trois (03) vendeurs à deux reprises. Les sites de prélèvements sont : Madécali et Tassitedji au nord et au sud à Kodonou et Dangbo.

Le prélèvement des échantillons de poisson-chat fumés pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques a été effectué dans des conditions aseptiques : des gants stériles en latex sont utilisés pour la protection des mains lors des prélèvements ; les échantillons prélevés sont ensuite emballés dans des sachets stériles de type "Stomacher" et conditionnés dans une glacière portative de type "ESKIMO". L'ensemble du matériel de prélèvement est préalablement stérilisé avec du coton imbibé d'alcool à 90°.

Analyses microbiologiques

En vue d'évaluer prioritairement le respect des bonnes pratiques de production et de conservation, les échantillons prélevés ont été analysés en recherchant par des méthodes standards les paramètres microbiologiques : flore aérobie mésophile totale à 30°C, selon la norme NF V08-051 ; coliformes totaux (NF ISO 4831) et coliformes thermotolérants (NF V 08-060). Cette évaluation a été réalisée en utilisant comme supports, les techniques standards d'analyses rapportées par Joffin et Joffin (2003). Les milieux de cultures et réactifs utilisés proviennent des Laboratoires BioMérieux et Diagnostics Pasteur en France. L'interprétation des résultats a été faite suivant un plan à deux classes en référence aux critères microbiologiques pour les produits animaux et dérivés (guide législatif et réglementaire français, N°8155 du 12 décembre 2000), fixant le seuil de tolérance à 103 UFC/g ou ml pour les coliformes thermotolérants. La numération de la flore totale a été réalisée par un ensemencement dans la masse. En effet, un (1) ml de la suspension mère et de ses dilutions décimales en duplicata ont été ensemencés dans la Gélose Plate Count Agar (PCA) en surfusion. L'incubation a été effectuée à 30°C pendant 48 h, puis le dénombrement et la moyenne des germes en Unité Formant Colonie (UFC)/g d'échantillon analysé ont

été faits selon la méthode spécifiée par la norme NF V08-051. La recherche des coliformes totaux a été effectuée selon la méthode NPP décrite par la norme NF ISO 4831 et celle des coliformes thermotolérants est effectuée par comptage des colonies obtenues à 44°C selon la méthode spécifiée par la norme NF V 08-060.

Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont porté sur la mesure du pH, la matière sèche, les cendres, et le taux de protéines.

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre électronique (Inolab WTW 730) à électrode de verre sur dix (10) grammes de filet de poissons-chats fumés préalablement broyés et auxquels sont ajoutés vingt (20) ml d'eau distillée. Le mélange a été ensuite homogénéisé pendant 2 min. Le pH a été déterminé par la méthode modifiée de Nout (2001). La teneur en matière sèche des échantillons a été déterminée par séchage à l'étuve à 103±2°C suivi de pesée différentielle suivant la méthode AOAC (1995). La détermination de la teneur en protéines a été effectuée par la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1995). La teneur en cendre a été effectuée par incinération des échantillons dans de four à 550°C pendant 24h suivie de pesée différentielle suivant la méthode AOAC (1995).

Analyses statistiques

L'analyse des données a été réalisée avec la méthode ANOVA à un et deux facteurs à l'aide du logiciel STATISTICA (Stat., Soft, Inc, 1995). Le rang moyen a été calculé après classement des préférences. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) sont considérées comme significatives. Quand la probabilité est supérieure à 0,05 ($P > 0,05$) les différences statistiques ne sont pas significatives.

RESULTATS ET DISCUSSION

Pratiques de pêche dans les zones d'étude

Selon les informations recueillies auprès des enquêtés et qui sont relatives à la pratique de pêche dans les zones prospectées, la pêche des poissons-chats se fait très tôt le matin généralement entre 6 h et 10 h et le soir entre 16 h et 19 h à Malanville (Nord-Bénin). Par contre à Dangbo, elle se fait toute la journée et même très tard dans la nuit entre 21 h et 00 h. Les filets éperviers, les filets maillants dormants, les nasses et les palangres sont les principaux engins de pêche utilisés. Une fois capturés, les poissons sont entreposés soit directement dans la pirogue, soit dans des bassines en aluminium, soit dans des bidons, soit dans les paniers traditionnels (faits à base de branches de palmiers), soit les sacs de jutes ou dans un petit filet. Selon les personnes enquêtées, une diversité de poissons est rencontrée dans les différentes zones d'étude. En effet en dehors des Siluriformes tels que les Bagridae, Cloroteidae, Schilbeidae, Clariidae, Malapteruridae, et Mochokidae, d'autres familles de poissons telles les Cichlidae, les Clupeidae, les Cyprinidae, les Polypteridae, les Protoptera sont également rencontrés dans les produits de pêche.

Consommation de poisson-chat

Selon les informations collectées auprès des consommateurs et en tenant compte de la préférence de ces derniers en matière de consommation de poissons-fumés, *Clarias gariepinus* vient en tête à Malanville et à Porto-Novo (Tableau 2). La fréquence de consommation de ce type de poisson-chat est en moyenne

de 2,36 fois par semaine dans les deux zones de l'étude, avec une fréquence moyenne d'au moins une fois par semaine pour 70,6% des personnes enquêtées et de moins d'une fois par semaine pour 29,4% de personnes enquêtées. En tenant compte de chaque zone, on remarque qu'à Malanville, la fréquence de consommation moyenne est d'au moins une fois par semaine dans 78,2% des cas contre 59,9% à Porto-Novo.

Tableau 2 : Préférence suivant les zones d'étude

Zones	Espèces ou Genres	Rang moyen	Ordre de classement*
Malanville	<i>Clarias gariepinus</i>	1,09	1
	Heterobranchus	1,93	2
	Synodontis	3,37	3
	Bagrus	3,61	4
Porto-Novo	<i>Clarias gariepinus</i>	1,00	1
	Heterobranchus	3,11	2
	<i>Clarias ebriensis</i>	3,89	3
	Synodontis	4,43	4

*Test de concordance de Kendall, $P=0,000$

Transformation des poissons-chats

Les informations recueillies auprès des transformatrices indiquent que l'approvisionnement en poissons frais destinés aux différentes opérations de transformation se fait auprès des pêcheurs en bordure ou sur l'eau. Les poissons frais sont transportés par les transformatrices avec des paniers traditionnels ou des bassines en aluminium ou en plastique. Une fois la matière première disponible, les transformatrices valorisent les poissons sous différentes formes. Deux formes de conservation des poissons sont enregistrées :

- Les poissons sont conservés sous glace et sont destinés à la consommation locale au niveau des ménages, des restaurants ou motels pour la préparation de la sauce ou des fritures, ou exportés vers les marchés du Niger et Nigéria ;
- Les poissons sont fumés ou frits au niveau des centres artisanaux de transformation afin d'augmenter la durée de conservation. Ils sont commercialisés localement dans les marchés nationaux ou exportés vers les marchés de la sous-région surtout du Nigéria.

Les équipements utilisés

Les équipements de fumage rencontrés sur les sites de fumage sont les fours barriques, les fours chorkors et les fours traditionnels en terre cuite à Malanville et uniquement les fours barriques à Kodonou dans la commune de Dangbo. A Malanville, les fours barriques sont utilisés à 80% et les fours traditionnels en terre cuite à 20%. A Dangbo, seuls les fours barriques sont utilisés par les transformatrices. Le four barrique est facile à réaliser, très ancien et est aussi bien adapté. En effet, le four barrique est fabriqué à partir d'un demi-fût de récupération, muni d'une ouverture de foyer en bas et supportant une claie grillagée pour l'étalement des produits à fumer. Il a une surface moyenne de 2 m², une large ouverture de foyer de 0,51 m et une hauteur de 0,49 m (Dossou et al., 2012). Le four traditionnel en terre cuite est un pot en argile cuite à forme conique, avec un orifice de foyer de 32 cm x 22 cm et surmonté d'une claie grillagée, d'une surface de fumage d'environ 1,5 m². Le four chorkor est un fumoir fixe rectangulaire et compartimenté, construit en briques de terre stabilisée, muni d'une ouverture de foyer par compartiment. Il est deux fois plus long que large et supporte en moyenne 6 à 8 claies en bois grillagées (Dossou et al., 2012).

Description des procédés de fumage et circuits de commercialisation

Les figures 2 et 3 présentent les diagrammes de production des poissons-chats fumés dans les deux grandes zones de l'étude. De l'analyse des différents procédés de fabrication rencontrés, il ressort que le diagramme technologique diffère d'une zone à l'autre. Les opérations unitaires comme l'affaiblissement, l'abattage, le lavage et le fumage-cuisson diffèrent d'une zone à l'autre. En effet, selon les personnes enquêtées, les différentes méthodes du fumage utilisées sont issues des connaissances empiriques qui sont souvent transmises de génération en génération.

Selon les commerçantes de poissons-chats fumés enquêtées sur les zones de l'étude, la commercialisation des poissons-chats fumés s'effectue dans les marchés ruraux et grands marchés des localités de production. Les autres circuits de commercialisation sont les grandes villes telles que Kandi, Parakou et Bohicon au nord et au Centre du Bénin et les villes de Porto-Novo et Cotonou au sud du Bénin. De même, les poissons-chats fumés produits à Malanville (Nord-Bénin) sont aussi exportés vers le Niger et le Nigéria et ceux produits à Dangbo (Sud-Bénin) sont exportés vers le Togo (Figure 4).

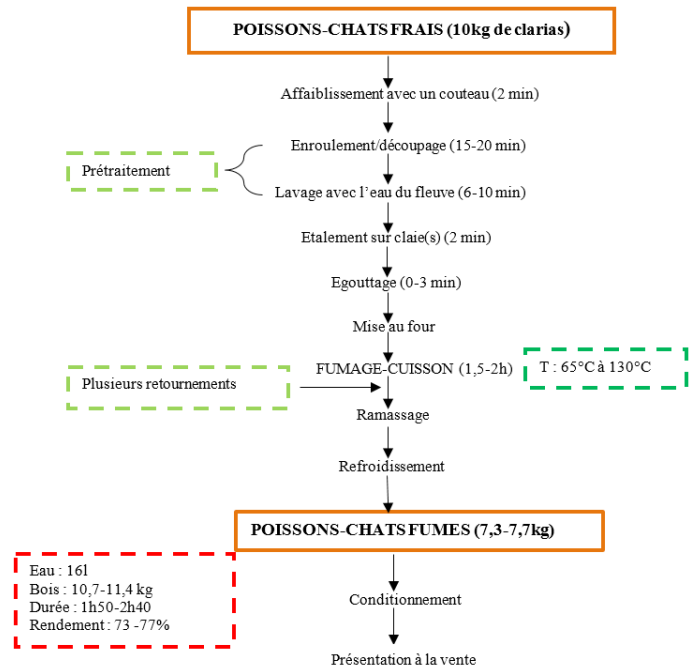


Figure 3 : Diagramme technologique de fumage des poissons-chats à Dangbo

Caractéristiques physico-chimiques du clarias fumés

Le tableau 3 présente les caractéristiques physico-chimiques des échantillons de clarias collectés aussi bien chez les transformatrices que chez les revendeuses. De l'analyse du tableau, il ressort que les clarias fumés dans ces différentes zones sont peu acides. Le pH varie aussi très peu suivant les zones. Le pH moyen des poissons chez les transformatrices est respectivement de $6,61 \pm 0,08$ et $6,9 \pm 0,41$ à Malanville et à Dangbo alors que ceci est en moyenne de 6,71 et 6,38 chez les revendeuses respectivement à Malanville et Dangbo. Ces valeurs de pH sont comprises entre 6 et 6,9 qui sont les valeurs recommandées pour les poissons fumés (Amegari et al., 1993). Ces résultats montrent que les échantillons analysés n'ont pas encore subi une dégradation de la chair des poissons qui pourrait résulter d'une oxydation lipidique (Amegari et al., 1993).

La teneur en eau varie significativement d'une zone à l'autre. En effet, même si les échantillons de poissons fumés collectés à Dangbo ont une teneur en eau plus élevée que celle des échantillons de poissons fumés collectés à Malanville, cette valeur restent aussi élevées. Cette différence entre les zones réside dans le procédé technologique utilisé et leurs paramètres opératoires. D'une part, le fumage-cuisson appliqué dans ces deux zones n'est pas suivi du fumage-séchage pour réduire la teneur en eau des poissons-chats fumés. Et d'autre part, le court temps et la température du fumage-cuisson induisent des teneurs en eau sensiblement élevées. Ces teneurs en eau enregistrées dans les échantillons collectés sont favorables à la prolifération des microorganismes, ce qui pourrait constituer un facteur de dégradation de la qualité sanitaire et de la qualité marchande du produit. La non maîtrise de ce paramètre pourrait être aussi un facteur favorable à l'oxydation des lipides de la chair des poissons et en provoquer le rancissement. Ces teneurs en eau sont aussi supérieures à celles rapportées par Kumolu-Johnson et al. (2010) à Lagos (Nigéria) et à la recommandation de la FAO (6 à 8%).

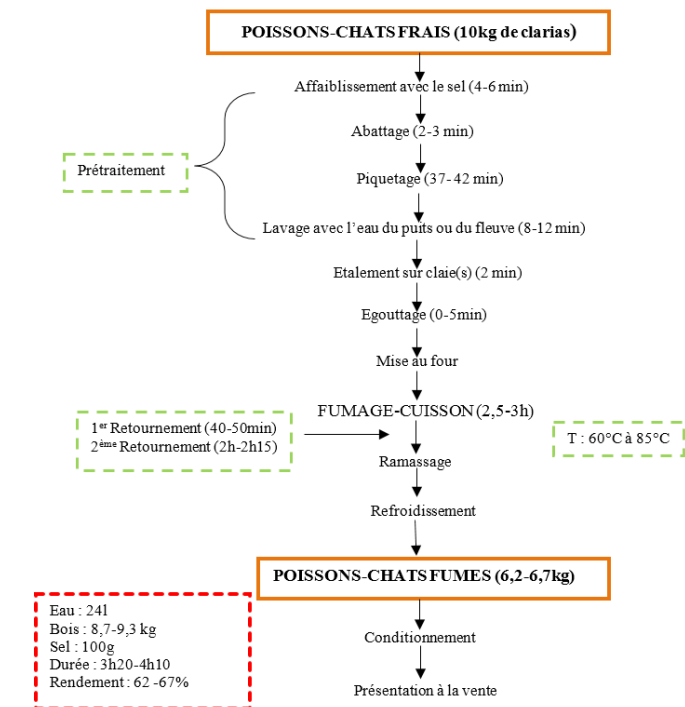


Figure 2 : Diagramme technologique de fumage des poissons-chats à Malanville

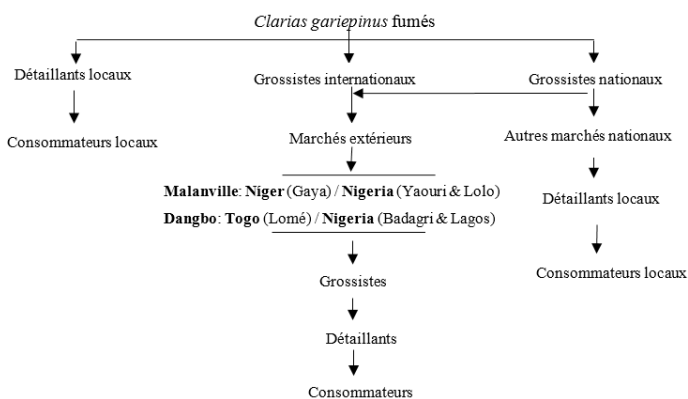


Figure 4 : Circuits de commercialisation du *Clarias gariepinus* fumé de Malanville et Dangbo

et des revendeuses avec des teneurs supérieures à celles rapportées par Kumolu-Johnson et al. (2010). Cette variation de teneur en cendres pourrait être liée à l'alimentation (Apendi et al., 1974 ; Ojewole et al., 2003) et la composition en sels minéraux des cours d'eau où ces poissons sont pêchés, mais aussi à des facteurs intrinsèques aux poissons, tels que l'âge, le sexe, l'espèce, etc. (Love, 1997 ; Huss 1999)

La teneur en protéines varie aussi d'une zone à l'autre. Cependant, le taux élevé de protéines enregistré dans les échantillons collectés à Malanville est similaire à celui trouvé par Olayemi et al. (2011). Ces résultats sont aussi en concordance avec ceux rapportés par Puwastien et al. (1999); Gokoglu et al. (2004) ; Tao and Linchun (2008). La faible teneur en protéines observée à Dangbo peut être due à la dénaturation des protéines (Akinneye et al., 2007). Ceci se justifie par la température de fumage-cuisson très élevée (65-130°C).

Les variances entre les compositions nutritionnelles de ces poissons sont dues à des paramètres comme la qualité de l'alimentation et les méthodes de transformations et de conservation (Apendi et al., 1974, Ojewole et al., 2003).

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques des clarias fumés

Paramètres	Malanville		Dangbo	
	Transformatrices	Revendeuses	Transformatrices	Revendeuses
pH	6,61± 0,08 ^{ab}	6,71± 0,15 ^{ab}	6,9±0,41 ^b	6,38±0,15 ^a
Teneur en eau	45,04±6,63 ^a	41,08±11,22 ^a	67,46±1,05 ^b	63,05±3,17 ^b
Cendres	6,60±0,45 ^c	5,32±1,14 ^b	4,30±0,66 ^a	4,16±0,39 ^a
Protéines	73,87±1,87 ^b	67,98±2,29 ^b	39,17±5,89 ^a	41,81±9,71 ^a

Les valeurs sont des moyennes (n= 3) ± SD. Les valeurs portant la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes (p < 0,05)

Caractéristiques microbiologiques du clarias fumés

Le tableau 5 présente les caractéristiques microbiologiques des échantillons de clarias collectés. L'analyse de ce résultat montre que le quantum microbien relatif à la flore totale (germes aérobies mésophiles) dénombrée dans les échantillons de clarias collectés dans les différentes zones de l'étude est relativement élevé avec une moyenne de 10⁴ UFC/g. Ces résultats seraient dus aux mauvaises pratiques d'hygiène observées lors de la production et de la conservation du clarias fumé à Malanville et à Dangbo. En effet, dans les différentes zones de l'étude, les clarias fumés sont produits encore de façon traditionnelle avec souvent peu d'attention pour le respect des bonnes pratiques de production. En effet, peu d'attention est accordée à la propreté de l'eau et du matériel de production. Ces mêmes constats ont été aussi rapportés par Omojowo et al. (2010). Contrairement aux germes aérobies mésophiles, les coliformes totaux et thermo-tolérants sont absents dans les clarias fumés à Dangbo et chez les transformatrices de Malanville. Les moyennes de 1,64 et 1,61 ont été obtenues respectivement pour les coliformes totaux et thermo-tolérants chez les revendeuses de Malanville. Ceci se justifie par l'environnement de travail et les mauvaises pratiques d'hygiène observées. Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par Omojowo et al. (2010) et Kumolu-Johnson et al. (2010).

Tableau 4 : Caractéristiques microbiologiques des clarias fumés (Log UFC/g)

Paramètres	Malanville		Dangbo		Norme ISO
	Transformatrices	Revendeuses	Transformatrices	Revendeuses	
GAM	7,24±1,09 ^a	8,00 ± 0,23 ^a	7,36 ± 0,78 ^a	6,49 ± 0,17 ^a	< 4
Coliformes totaux	Absent	1,64 ± 1,11	Absent	Absent	< 1
Coliformes thermo-tolérants	Absent	1,61 ± 1,05	Absent	Absent	< 1

Les valeurs sont des moyennes (n= 3) ± SD. Les valeurs portant la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes (p < 0,05)

CONCLUSION

Le fumage des poissons-chats se pratique au Bénin, suivant différentes méthodes. Il ressort de la présente étude que le fumage à chaud est le type de fumage répandu et utilisé au Bénin pour ces poissons. Dans les zones de l'étude, seul le fumage-cuisson est pratiquée par les transformatrices de poissons-chats. Les méthodes de fumage étant encore empiriques, elles nécessitent donc une amélioration des procédés et des équipements utilisés pour sa modernisation afin de garantir l'efficacité du processus de fumage et la qualité sanitaire des produits qui en résultent. Les clarias fumés constituent une excellente source de protéines et de sels minéraux pour leurs consommateurs. Cependant, sur le plan microbiologique, il ressort qu'une attention particulière doit être accordée à la qualité des clarias fumés et commercialisés dans les zones de l'étude.

REFERENCES

- AKINNEYE, J. O., AMOO, I. A. & ARANNILEWA, S. T. 2007. Effect of drying methods on the nutritional composition of three species of (Bonga sp., Sardinella sp. and Heterotis niloticus). *J. Fish. Int.*, 2, 99-103.
- AMEGARI, K., BARRET, Y., BEAU, C., BOBO, L., CHERNO, J., EYCHENNE, D., GATTEGNO, I., MIROUX, F., MONCEL, C., PRIGENT, P., TARTANAC, F. & WEILL, F. 1993. *Conservier et transformer les poissons. Collection «Le Point Sur»*. Paris, France: Ministère de la Coopération et le GRET.
- ANIHOVI, V. B., AYERNOR, G. S., HOUNHOUGAN, J. D. & SAKYI-DAWSON, E. 2006. Quality characteristics of lanhouin : A traditionally processed fermented fish product in the Republic of Benin. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 6, 1-15.
- ANIHOVI, V. B., HOUNHOUGAN, J. D. & AYERNOR, G. S. 2005. La production et la commercialisation du lanhouin, un condiment à base de poisson fermenté du golf du Bénin. *Cahiers Agricultures*, 14, 323-330.
- AOAC 1995. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington: AOAC.
- APENDI, M. D., ATMADILAGA, P. & BIRD, H. R. 1974. Indonesian fish meals as poultry feed ingredients: Effects of species and spoilage. *World's Poult. Sci. J.*, 30, 176-182.
- BEDDOWS, C. G. 1985. *Fermented fish and fish products. B.J Wood. Microbiology of Fermented Food* ed. London: Elsevier Applied Science publishers.
- CHIKOU, A. 2006. *Etude de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poissons-chats (Teleostei, Siluriformes) dans le Delta de l'Ouémé au Bénin*. Thèse de doctorat, Université de Liège.
- CHUKWU, O. & SHABA, I. M. 2009. Effects of Drying Methods on Proximate Compositions of Catfish (Clarias gariepinus). *World Journal of Agricultural Sciences*, 5, 114-116.
- DOSSOU, J. 2002. *Rapport d'enquête préliminaire sur la production et la transformation du poisson au Nord du Bénin*.
- DOSSOU, J., AHOUSI-DAHOUENON, E., CAKPOVI, G.

- C. J., DEHY, L. & ODJO, D. P. S. 2012. Transformation artisanale des crevettes (*Penaeus spp*) au sud du Bénin : Evaluation des performances techniques des équipements et procédés de fumage. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 16, 41-65.
- DJESSOUHO, C. D. O., 2015. *Analyse socio-économiques du fumage du poisson de la pêche artisanale maritime sur le littoral du Bénin*. Mémoire de Master, Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticultures et du paysage.
- FAO 1971. Poisson fermenté et produits dérivés. In: MACKIE, I. M., HARDY, R. ET HOBBS, G. (ed.) *FAO Fish*. United Nations Food and Agriculture Organisation.
- FAO 2000. United Nations Food and Agriculture Organization. *FAO yearbook. Fishery statistics capture production*, 86/1, 1998, 99-100.
- FAO 2003. Etat de l'aquaculture dans le monde. *circulaire sur les pêches*. Rome: FAO.
- FAO 2006. Contribution de la pêche aux économies d'Afrique occidentale et centrale. Politiques publiques visant à accroître les richesses produites par la pêche artisanale. *Nouvelles orientations dans les pêches - Série de notes de synthèse sur les questions de développement*. Rome: FAO.
- GOKOGLU, N., YERLIKAYA, P. & CENGIZ, E. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 84, 19-22.
- HUSS, H. H. 1999. La qualité et son évolution dans le poisson frais. *Document technique sur les pêches*. Rome: FAO
- JOFFIN, C. & JOFFIN, J.-N. 2003. *Microbiologie alimentaire (Broché)*, Bordeaux, France, Canopé - CRDP de Bordeaux.
- KINDOSSI, J. M., ANIHOVI, V. B., VIEIRA-DALODÉ, G., AKISSOÉ, N. H., JACOBS, A., DLAMINI, N., PALLET, D. & HOUNHOUGAN, D. J. 2012. Production, consumption, and quality attributes of Lanhouin, a fish-based condiment from West Africa. *Food Chain* 2, 117-130.
- KUMOLU-JOHNSON, C. A., ALADETOHUN, N. S. & NDIMELE, P. E. 2010. The effects of smoking on the nutritional qualities and shelf-life of *Clarias gariepinus* (LACEPEDE). *African Journal of Biotechnology*, 9, 073-076.
- LOVE, R. M. 1997. Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish. *G. M. Hall*. Fish processing technology ed. London: Blackie Academic & Professional (Chapman & Hall).
- MUTHAYYA, S., THANKACHAN, P. & KURPAD, A. 2009. Etudes nutritionnelles sur la carence ferrique en Inde In: SCHÄRER-ZÜBLIN, E. N. (ed.). WILEYBLACKWELL.
- NOUT, M. J. R. 2001. Fermented foods and their production. In: ADAMS, M. R. & NOUT, M. J. R. (eds.) *Fermentation and Food Safety*. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers
- OJEWOLE, G., EBURUAJA, A., OKOYE, F., LAWAL, A. & AKINMUTIMI, A. 2003. Effet of inclusion of grass lopper meal on performance. Nutrient utilization and organ of broiler chicken. *J. Sustain. Agric. Environ.*, 5, 19-25.
- OLAYEMI, F. F., ADEDAYO, M. R., BAMISHAIYE, E. I. & AWAGU, E. F. 2011. Proximate composition of catfish (*Clarias gariepinus*) smoked in Nigerian stored products research institute (NSPRI): Developed kiln. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3, 96-98.
- OMOJOWO, F. S., OMOJASOLA, P. F., KOLAWOLE, M. O., NGWU, E. O., OLUBORODE, G. B. & ADETUNJI, C. O. 2010. Effect on brinning on the microbial quality and safety of smoked catfish. *New York Science Journal* 3, 20-26.
- PAUGY, D., LÉVÊQUE, C. & TEUGELS, G. G. 2004. Poissons d'Eaux Douces et Saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Faune Tropicale*. Paris: IRD.
- PUWASTIEN, P., JUDPRASONG, K., KETWAN, E., VASANACHITT, K., NAKNGAMANONG, Y. & BHATTACHARJEE, L. 1999. Proximate Composition of Raw and Cooked Thai Freshwater and Marine Fish. *J. Food Composition Anal*, 12, 9-16.
- TAO, W. & LINCUN, M. 2008. Influences of Hot Air Drying and Microwave Drying on Nutritional and Odorous Properties of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) Fillets. *Food Chem.*, 110, 647-653.
- TEUGELS, G. G. 1996. Taxonomy, phylogeny and biogeography of catfishes (Ostariophysi, Siluroidei) : an overview. *Aquatic Living Resources*, 9, 9-34.
- TOSSOU, S. 2010. Rapport national d'évaluation de l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires dans la commercialisation des produits de la pêche au Bénin. *Technical report*. Benin: Direction des pêches.

Transformation du lait en fromage traditionnel «Tchoukou» par les coagulants des extraits des organes de *Calotropis procera*

Issoufou Amadou^{1*}, Oumarou S. Samna^{1,2}, Mahamadou E. Gounga¹ et Abdou G. Adamou¹

Résumé

Le fromage est un excellent produit alimentaire au Niger, sa fabrication demeure traditionnelle. Le *Calotropis procera* est un arbuste très commun dans les régions arides d'Afrique. L'extraction du coagulum du *C. procera* a été effectuée. Les analyses sensorielles ont été utilisées pour hiérarchiser les échantillons du fromage par la dégustation. Les résultats ont montré une meilleure appréciation du « Tchoukou » fait à base d'extraits de la feuille de la plante *C. procera*. De plus, le test de Friedman a permis de différencier les échantillons de fromage faits à partir des extraits de différents organes de cette même plante. Il ressort de ces travaux que le fromage « Tchoukou » produit avec le coagulum extrait des feuilles du *C. procera* est le mieux apprécié par la population.

Mots clés : *Calotropis procera* ; lait ; coagulum ; fromage « Tchoukou ».

Abstract

Cheese is an excellent food product in Niger, its manufacturing remaining traditional. *C. procera* is a common shrub in the dry regions of Africa. The process of extraction of the coagulant of *C. procera* was made. The sensory analyses were used to differentiate the samples of cheese through tasting. The results showed that « Tchoukou » cheese made with leaves extract from the plant was more appreciation. Moreover, the Friedman Test revealed differences between the cheese samples made from the extracts from different organs of the plant. It can be concluded that « Tchoukou » made with *C. procera* leaves coagulum extract was the most appreciated by the panelists.

Keywords: *Calotropis procera*; milk; coagulum; « Tchoukou » cheese

¹Laboratoire des Sciences et Technologies Alimentaires, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi

²Faculte d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Boubacar Bâ de Tillabéri, Niger

*Correspondance : Issoufou Amadou issoufsara@gmail.com, Tél : (+227) 20410132 ; FAX : (+227) 20410133 ;

Introduction

L'élevage occupe une place importante dans le secteur agricole dans la zone sahélienne comme au Niger où il est essentiellement extensif et transhumant. Traditionnellement, la consommation de lait est une composante importante de l'alimentation des familles d'éleveurs de la zone pastorale (1). La demande en matière de lait et des autres produits laitiers augmente plus vite que la demande en viande. La FAO estime que la consommation de lait par habitant dans le monde en développement aura augmenté de 1,3% par an entre 1999 et 2030 (soit une augmentation de 50% en 30 ans), alors que la production aura augmenté de 2,5% par an, soit un doublement de la production au cours de toute la période (2).

Calotropis procera, communément appelé pommier de Sodome, est un arbuste à bois mou d'écorce épaisse et rugueuse, très répandue en Afrique de l'Ouest et de l'Est ainsi que dans les autres régions des tropiques. On le rencontre également en Asie, notamment en Inde et au Pakistan. *C. procera* est une plante arbustive de la famille des Asclépiadaceae caractérisée par la production d'un latex blanc. Ses différentes parties (feuilles, tiges, fleurs) sont utilisées pour cailler le lait de vache dans un processus traditionnel de fabrication de fromage (3).

Selon la tradition orale, les femmes peule auraient remarqué qu'en période d'harmattan la coagulation du lait est très lente. Pour l'accélérer, ces femmes mettaient le lait auprès du feu. Par contre, elles constataient une accélération de la coagulation du lait dans lequel étaient immergées les feuilles de *C. procera* servant à protéger le lait au cours de son transport dans laalebasse et sur la tête. Ces femmes auraient supposé

que ce phénomène serait dû aux feuilles qu'elles mettaient dans le lait pour le stabiliser au cours du transport vers la maison. Selon la même source orale, le pionnier de la technologie du fromage peul serait le premier éleveur qui a dû obtenir les graines de caillé en appliquant les feuilles de *C. procera* au lait (4,5). Au Niger, parmi les produits issus de la transformation du lait de vache, le fromage traditionnel des zones agro-pastorales demeure le plus répandu et le plus consommé, tant en milieu rural qu'en milieu urbain. Il s'agit du « Tchoukou » qui est un fromage traditionnel sec fabriqué par les femmes dans les régions sahéliennes du Niger.

La valorisation des produits locaux et le développement de nouveaux produits, aujourd'hui prisent en compte par des institutions des recherches telles que les universités dans ces régions du sahel où les changements climatiques, ont eu des fortes conséquences (sur les plantes et les animaux) sur la disponibilité des ressources alimentaires à travers leurs protections. Cette valorisation des produits traditionnels comme le « Tchoukou » sont des stratégies adoptées non négligeables pour réduire des risques d'accroître la vulnérabilité du ménage face à ces crises (6). La promotion du lait local par sa transformation est si nécessaire dans ces régions car très concurrencée par le lait en poudre importé, souvent issu des produits subventionnés dans le monde développé (7). Dossou et al. (4) dans leur étude décrivent la méthode de fabrication du fromage peul utilisant comme principales matières premières le lait de vache, de chameau et de petits ruminants. Jusqu'à présent aucune étude sur les extraits des différents organes de *C. procera* pour fabriquer du fromage sec n'a été rapportée. Dès lors, l'objectif de cette étude a été d'identifier à travers des

analyses sensorielles l'efficacité du coagulant des extraits des organes (feuilles, tiges ou fleurs) du *Calotropis procera* dans la fabrication du « Tchoukou ».

Matériel et Méthodes

Matériel

Le lait cru de vache prélevé le même jour a été procuré auprès d'un campement d'éleveurs peuls de Bagalam, Maradi Niger. Les organes de l'arbuste *C. procera* (Coagulum végétal) constitués des feuilles, tiges et fleurs ont été collectés à partir d'un pied situé au sein du site de l'Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger.

L'auteur peut décrire un tout petit le climat de Maradi, car je vois que l'étude s'est déroulée dans cette localité.

Préparation du coagulant (il faut la photo de la plante en question pour que les gens s'assurent vraiment de la plante)

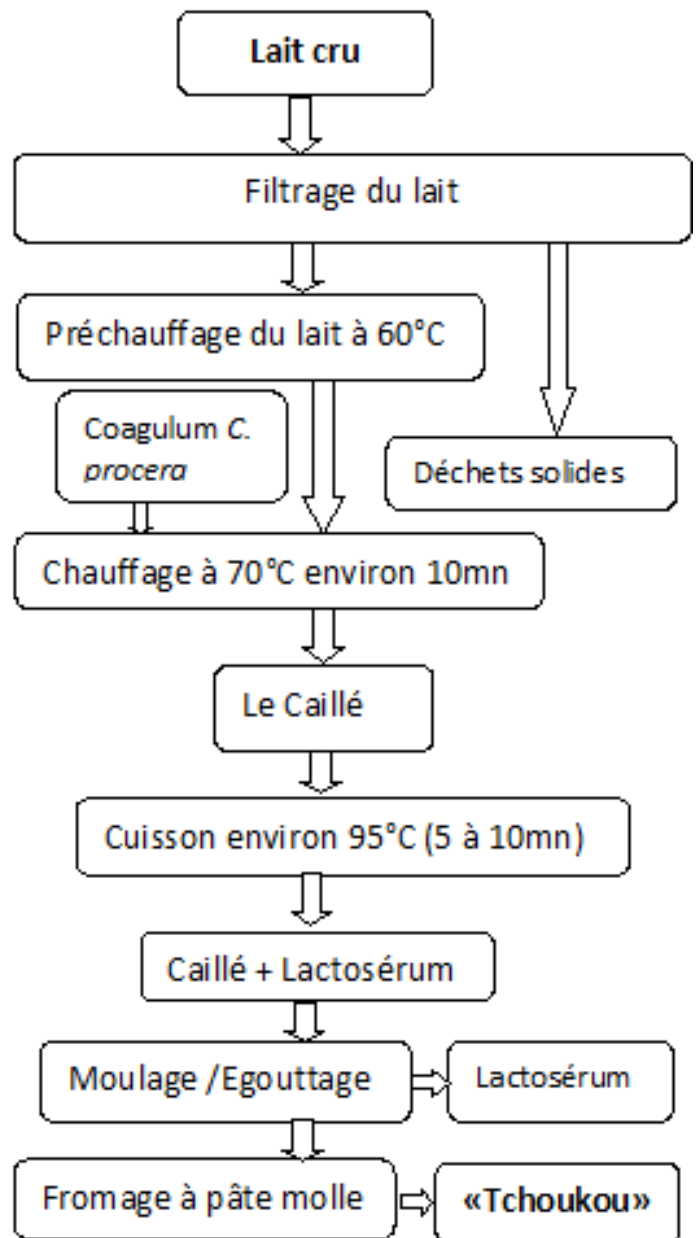
Il existe plusieurs techniques traditionnelles d'extraction du coagulant *C. procera* généralement utilisées par les producteurs. Presque toute la partie de cette plante est utilisée pour la coagulation du lait, mais la technique la plus recommandée consiste à laver les organes de *C. procera* (feuilles, tiges, fleurs) avec de l'eau propre puis de les piler ou de les broyer avec un mortier et pilon ou à les broyer sur une meule de pierre propre. Le broyat est ensuite mélangé à une petite quantité de lait cru. Le mélange obtenu est filtré avec un tissu mousseline propre puis ajouté au lait chauffé. Lorsque la température du lait atteint 60°C, 15 à 40 ml d'extrait de *C. procera* sont ajoutés et le chauffage est poursuivi (8,9).

Transformation du lait en fromage

Trois litres du lait cru de vache ont été utilisés pour la fabrication du fromage « Tchoukou » ; dont la durée varie entre 1 à 3 h dépendant de la quantité du lait à traiter. Après le filtrage, le lait est soumis à un préchauffage à 60°C pendant 5 mn puis, 45 ml de coagulum des organes de *C. procera* pour la feuille et la tige et 120 ml pour la fleur sont ajoutés. Ensuite, pour chaque cas, le mélange du lait plus le coagulum subit une cuisson à 95°C environ jusqu'à la formation du caillé surnageant par le lactosérum. L'ensemble reste sur le feu pendant encore 3 à 5 min avant d'être égoutté sur de morceau de natte à base de feuilles d'*Hyphaene thebaica* bien propre. La cuisson est arrêtée lorsque le petit lait devient jaunâtre et transparent et le lait caillé monte à la surface et brisé en morceau (Figure 1).

Evaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle a été réalisée sur un panel de 45 personnes, l'échantillon a été composé de femmes (30%) et d'hommes (70%). Chaque évaluateur s'est vu proposé une dégustation de fromage à partir du coagulum de chacun des extraits des trois organes de *C. procera* préalablement définis. Les échantillons ont été soumis à un test d'acceptation. Une note de dégustation de 0 à 5 (0 signifiant ne pas aimer et 5 signifiant excellent) a été utilisée. L'échantillon a été goûté par rapport aux caractéristiques organoleptiques (couleur, goût, saveur et texture du produit) comme définies pour les évaluateurs.



Analyses statistiques

Les données collectées ont été saisies et rangées dans la feuille Microsoft office Excel dans le but de déterminer les sommes, les moyennes et les écarts type. Le Test de Friedman au seuil de 0,05 a été utilisé pour comparer les paramètres organoleptiques entre les trois types de fromage fabriqués à base de coagulum des organes de *C. procera*.

Le test de Friedman est une alternative non paramétrique à utiliser pour analyser un certain nombre d'échantillons appariés correspondant à certains traitements portant sur les mêmes blocs, afin de mettre en évidence une différence entre les traitements à trois facteurs dans le cas où

$$\chi^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum R^2 - 3n(k+1)$$

n : nombre de dégustateurs ;

k : nombre de produits testés ;

R : somme des rangs du produit.

Ce Test de Friedman est caractérisé par :

- a) Définition des hypothèses nulle et alternative ;
 - H_0 : il n'y a pas de différence entre les 3 échantillons.
 - H_1 : il y a de différence entre les 3 échantillons.
- b) Mention alpha ($\alpha = 0,05$) ;
- c) Calculer le degré de liberté ($dl = k-1$, ici donc $dl = 3-1 = 2$) ;
- d) Décision de règle ;



Si χ^2 (khi carré) est $> 5,99$; on rejette l'hypothèse nulle.

Résultats

Coagulum d'extrait des différents organes de *C. procera*

Le protocole de fabrication du « Tchoukou » (Figure 1) réalisé démontre la présence d'activité coagulante des différents organes de *C. procera* (feuilles, tiges, fleurs) sur la formation du fromage ce qui a permis d'observer une activité plus importante au niveau d'extrait des feuilles par rapport aux autres extraits de *C. procera*. Des tests de coagulation ont été effectués en utilisant comme coagulant le filtrat obtenu des feuilles, des tiges et des fleurs broyés, extraits du *C. procera* avec du lait. La Figure 2 montre les fromages FRO01, FRO02 et FRO03 fait à base de coagulum d'extrait respectivement de feuilles, de tiges et de fleurs du *C. procera*.



Figure 2. Moulage et égouttage du fromage « Tchoukou », du haut vers le bas : fromage fait à base de coagulum d'extrait respectivement de feuilles (FRO01), de tiges (FRO02) et de fleurs (FRO03) du *C. procera*.

Analyses sensorielles

Le test d'évaluation sensorielle effectué sur les échantillons du fromage « Tchoukou » du *C. procera* a permis d'avoir les résultats consignés dans la Figure 3. Les résultats des propriétés organoleptiques d'évaluation sensorielle du fromage « Tchoukou » montrent que le FRO01 (fromage contenant le coagulum d'extrait des feuilles de *C. procera*) est plus apprécié en termes de goût, de texture et de couleur mais légèrement en deçà de l'appréciation de FRO02 (fromage contenant le coagulum d'extrait des tiges de *C. procera*) en termes de saveur. Par ailleurs, le FRO02, plus performant en saveur mais avec presque la même appréciation en couleur et en goût que FRO03 (fromage contenant le coagulum d'extrait des fleurs de *C. procera*). Le moins performant c'est donc le FRO03 dans tous les paramètres analysés à l'exception de la couleur où il se révèle être plus apprécié que le fromage FRO02.

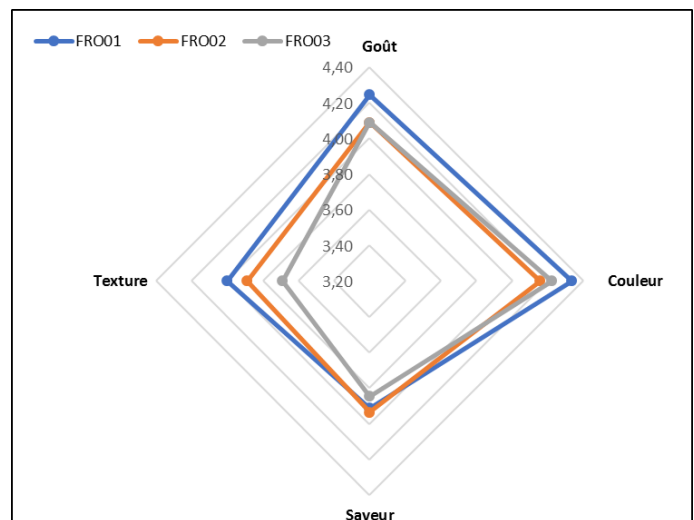


Figure 3. Spider plot qui indique les écarts entre les 3 types du fromage « Tchoukou » à base de coagulum d'extrait feuilles (FRO01), tiges (FRO02) et fleurs (FRO03) du *C. procera*.

Test de Friedman :

- n : nombre de dégustateur (n = 45) ;
- k : nombre de produit testés (k = 3) ;
- R : Somme des rangs du produit (Tableau 1);
- Il y a une différence entre les trois (3) échantillons
- $\alpha = 0,05$
- Calcul de degré de liberté : $dl = k-1 = 3-1 = 2$
- Décision de règle : $dl = 2, \alpha = 0,05 ; X^2 < 5,99$ donc accepté l'hypothèse nulle
- Test statistique
- $\chi^2 = -225,6$ (Goût)
- $\chi^2 = -263,54$ (Couleur)
- $\chi^2 = -213,2$ (Saveur)
- $\chi^2 = -198,8$ (Texture)

L'indicateur khi carré (χ^2) étant inférieur à la valeur 5,99 ; indique l'acceptation de l'hypothèse nulle. Ceux-ci impliquent qu'il y a une différence significative entre les 3 produits du « Tchoukou ». Les valeurs khi carré $\chi^2 = -225,6 ; \chi^2 = -263,54 ; \chi^2 = -213,2 ; \chi^2 = -198,8$ correspondent respectivement aux propriétés

organoleptiques goût, couleur, saveur et texture utilisées pour différencier les trois fromages étudiés.

Tableau 1. Somme des rangs du fromage « Tchoukou » à base de coagulum d'extrait de feuilles (FRO01), de tiges (FRO02) et de fleurs (FRO03) du *C. procera*.

Fromages	Goût	Couleur	Saveur	Texture
FRO01	77	68	69	77
FRO02	68	61	72	73
FRO03	68	64	69	64
χ^2	-225,6	-263,54	-213,2	-198,8

Discussion

La technique de fabrication du « Tchoukou » consiste à utiliser traditionnellement les feuilles souvent mélangées avec des fleurs et même de pousses. Cette étude vérifie séparément les activités anticoagulantes des différentes parties d'organe de *C. procera* dans la production de fromage traditionnel. Selon ces résultats les feuilles sont plus efficaces comme coagulant comparativement aux tiges et aux fleurs donnent à peu près le même résultat. Le *wagachi* est un fromage traditionnel reconnu en Afrique de l'Ouest, il est aussi fabriqué par le coagulum des extraits des feuilles et tiges de l'arbuste *C. procera* à la différence du « Tchoukou » est que ce dernier est sec et en feuillet. Le *wagachi* est mou et a la forme d'un petit gâteau (9). L'un ou l'autre, c'est une pratique connue en Afrique de l'Ouest, l'utilisation de *C. procera* dans la fabrication de fromage traditionnel (4,5).

La fabrication du « Tchoukou » est une preuve de la présence d'activité coagulante des extraits des organes de *C. procera* à savoir les feuilles, tiges et fleurs, d'où on remarque une meilleure appréciation sur la formation du fromage au niveau d'extrait des feuilles par rapport aux autres organes. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'enzyme protéolytique (calotropine) responsable de la coagulation est plus concentrée dans les feuilles. D'après les résultats obtenus, les extraits des feuilles sont plus efficaces que ceux des tiges. Ceux des fleurs ont donné des faibles coagulations du lait dans la formation du « Tchoukou ». Alors, la dose d'extrait des fleurs de *C. procera* a été doublée pour atteindre le même niveau de coagulation du lait. La quantité du coagulant varie selon les différents organes de la plante ; en plus, cela dépend aussi de l'âge de la plante, de sa station écologique et de son approvisionnement en eau (5,6).

L'évaluation sensorielle est définie comme l'ensemble de méthodes scientifiques utilisées pour évoquer, analyser et interpréter les réactions aux caractéristiques des aliments perçues par les sens. Les méthodes sensorielles sont utiles pour identifier la bonne ou mauvaise qualité des produits c'est-à-dire pour mesurer dans quelle proportion le produit plaît à l'évaluateur, ou bien pour mesurer de façon la plus objective possible des caractéristiques du produit (10,11). D'après les résultats obtenus, l'extrait de feuilles permet une meilleure évaluation sensorielle que l'extrait des tiges. Les fromages avec les extraits des fleurs ont quant à eux montré une moins bonne appréciation sensorielle et très faible capacité de coagulation.

Généralement, pour améliorer et rendre accessible ce genre de produit traditionnellement fait, les différents paramètres du processus de fabrication ont toujours été pris en compte. Par conséquent, les résultats des travaux de Delacroix-Buchet et al., (12) sont un exemple des études menées en vue de la recherche d'amélioration des produits traditionnels du

lait. Tout de même, il ressort des études que le coagulum est un facteur important dans la formation du fromage en général et en particulier le coagulum de *C. procera* pour le « Tchoukou ». Bouton et Grappin (13) ont rapporté l'influence de la flore microbienne dans la formation de chaque goût de ce genre de fromage à pâte pressée.

Conclusion

L'ensemble des informations recueillies confirment l'intérêt que pourrait présenter une telle manipulation pour la fabrication de ce fromage sec, le « Tchoukou », en vue d'améliorer ce produit alimentaire au Niger où sa fabrication demeure traditionnelle. Il est ressorti de ces travaux que l'évaluation sensorielle a montré une préférence de fromage produit avec le coagulum d'extrait des feuilles du *C. procera*. L'existence d'une différence entre les fromages FRO01, FRO02 et FRO03 selon le Test de Friedman implique que le *C. procera* repartit différemment ses coagulums dans ses différents organes. En perspective, la détermination de la dose optimale des extraits du coagulum des différents organes de *C. procera* dans la fabrication du « Tchoukou » et l'optimisation de la production d'extrait du coagulum des différents organes du *C. procera* devraient faire l'objet d'études plus approfondies. De ces différents résultats, il est nécessaire qu'il ait de projet de leur valorisation industrielle.

Références Bibliographiques

1. Waigolo AKD., 2018. Déterminants et persistance de l'insécurité alimentaire au Sahel : cas du Mali. *Tropicicultura*, 36(2), 392-399.
2. FAO, 2007. L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Rome. Pages 60-159 et 141-145 (Également disponible sur: www.fao.org/docrep/011/a1250f/a1250f00.htm) (consulté en octobre, 2018).
3. Eisikowitch D., 1986. Morpho-ecological aspects on the pollination of *Calotropis procera* (Asclepiadaceae) in Israel. *Plant Systematics and Evolution*, 152(3-4), 185-194.
4. Dossou J., Hounzangbe-Adote S., & Soule H. 2006. Production et transformation du lait frais en fromage peul au Bénin. Guide de bonne pratique. Version validée lors de l'atelier national avec l'appui financier de la Coopération Française. Pages 13-17.
5. Ado R.I., Lopez C., Lechevalier V., Gounga M.E., Robert B., Harel-Oger M., Garric G., Grongnet J.F. & Gaucheron F., 2018. Dairy curd coagulated by a plant extract of *Calotropis procera*: Role of fat structure on the chemical and textural characteristics. *Food Research International*, 105, 694-702.
6. Djibo O.F., 2018. Analyse socio économétrique et choix de des alternatives paysannes face à l'insécurité alimentaire au Niger : cas de la grappe des villages de Tolkobeye. *Tropicicultura*, 36(2), 447-453.

7. Abeiderrahmane M., & Abeiderrahmane N., 2002. Tiviski : Une laiterie qui s'approvisionne en lait auprès des pasteurs en Mauritanie. Page 93.
8. Baba-Moussa F., Baba-Moussa L., Ahissou H., Bokossa I., Capo-Chichi B., Toukourou F., & Sanni A. 2007. Propriétés coagulantes de *Calotropis procera* et ses possibilités d'utilisation en industrie agro-alimentaire. Science et Médecine. Revue CAMES- Série A, 05, 7-11.
9. Ado R.I., Gounga M.E., Garric G., Harel-Oger M., Jardin J., Briard-Bion V., Leduc A., Cauty C., Adakal H., Grongnet J.F. & Gaucheron F., 2017, May. Caractérisation physico-chimique des caillés obtenus en utilisant un extrait de *Calotropis procera* et comparaison avec une coagulation par la chymosine. In Deuxième rencontres internationales sur le lait vecteur de développement (p. np).
10. Rousseau J. & Delteil D., 2000. Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des baies de raisin. Principe, méthode, interprétation. Revue française d'oenologie, 183, 0-13.
11. AFNOR, 2003. Analyse sensorielle-méthodologie-directives générales pour l'établissement d'un profil sensoriel. Recueil Normes Agroalimentaires, Analyse Sensorielle, 475-506.
12. Delacroix-Buchet A., Degas C., Lamberet, G., & Vassal, L., 1996. Influence des variants AA et FF de la caséine $\alpha 1$ caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles des fromages. Le Lait, 76(3), 217-241.
13. Bouton Y. and Grappin R., 1995. Comparaison de la qualité de fromages à pâte pressée cuite fabriqués à partir de lait cru ou microfiltrés. Le Lait, 75(1), 31-44.

Impact de la conservation post récolte sur la taille et la digestibilité *in vitro* des granules de l'amidon de *Dioscorea alata* cultivar «brazo».

SORH Souleymane¹, LIBRA Michel Archange^{2*}, DOSSO Mamadou², N'GUESSAN Kouadio Jean-Parfait¹, KOUAME Lucien Patrice¹

Résumé

L'amidon de tubercule de *Dioscorea alata* cultivar «brazo» a été extrait puis étudié pendant toute la période de conservation post récolte. Les résultats de cette étude montrent que la taille des granules des amidons varie de 10 à 60 μm . Pendant la période de conservation, une diminution voir une disparition des granules d'amidon de petite taille a été observée. L'hydrolyse des amidons natifs par l' α -amylase du suc digestif de l'escargot *Archachatina ventricosa*, indique une résistance de ceux-ci à l'action hydrolytique de cette enzyme. En revanche, les amidons gélatinisés libèrent en présence de cette même α -amylase, des sucres réducteurs dont la quantité est fonction du temps d'incubation. Les valeurs au début (mois 0) de la conservation, ont été de $431,00 \pm 17,87 \mu\text{g}$ après 10 min d'incubation et $967,25 \pm 40,09 \mu\text{g}$ après 2 h d'incubation. Au septième mois, les valeurs de sucres réducteurs libérés après 10 min d'incubation ont été de $418,32 \pm 12,37 \mu\text{g}$ et de $1030,18 \pm 30,47 \mu\text{g}$ après 2 h d'incubation. Pour la même durée d'incubation, la quantité de sucres réducteurs n'a pas variée significativement ($P \leq 0,05$) avec le temps de conservation post récolte. La durée de conservation post récolte a affecté les granules d'amidon de petite taille, par contre elle n'a pas eu d'impact sur la digestibilité *in vitro* des amidons des tubercules de *Dioscorea alata* cultivar «brazo».

Mots clés : Conservation post récolte, Digestibilité, Amidon ; *Dioscorea alata* ; cultivar brazo.

Abstract

Abstract

Starch of tubers of *Dioscorea alata* cultivar brazo was extracted and studied throughout the post-harvest storage period. The results of this study showed that starch granule size values ranged from 10 to 60 μm . During the post-harvest period, a decrease or a disappearance of small starch granules was observed. The hydrolysis of the raw starches by the α -amylase of the digestive juice of the snail *Archachatina ventricosa*, indicates their resistance to the hydrolytic action of this enzyme. In contrast, in the presence of the same enzyme, the gelatinized starches release reducing sugars whose amount is function of the incubation time. The values at the beginning of the post-harvest period (month 0), were $431.00 \pm 17.87 \mu\text{g}$ after 10 min of incubation and $967.25 \pm 40.09 \mu\text{g}$ after 2 h of incubation. At month 7, the values of reducing sugars released after 10 min of incubation were $418.32 \pm 12.37 \mu\text{g}$ and $1030.18 \pm 30.47 \mu\text{g}$ after 2 hours of incubation. For the same incubation period, the amount of reducing sugars did not significantly vary ($P \leq 0.05$) with the post-harvest storage time. The post-harvest storage time affected the small starch granules, but had no effect on the *in vitro* digestibility of the starches from *Dioscorea alata* cultivar brazo tubers.

Key words : Post-harvest storage, Digestibility, Starch, *Dioscorea alata*, cultivar brazo

1 : Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, Université Nangui Abrogoua, 08 BP 801 Abidjan 08 (Côte d'Ivoire).

2 : Département de Biochimie-Génétique, Université Peleforo Gon

Coulibaly de Korhogo, BP 1328 Korhogo (Côte d'Ivoire).

*Adresse pour correspondance : e-mail, libra_michel_archange@yahoo.fr ;

Tel : +225 07 63 20 34

Introduction

L'amidon est une substance de réserve synthétisée par les végétaux supérieurs (Smith, 2001). Il est abondant dans les céréales, les racines, les tubercules et les légumes (Bertolini, 2010) et représente la proportion la plus élevée de l'apport énergétique alimentaire dans le monde. Il est également important dans les industries du papier et du textile. Sur le plan biochimique, l'amidon est constitué principalement de deux composants, l'amylose et l'amylopectine (Fuentes *et al.*, 2019). L'amylose, polymère linéaire constitué d'unités D-glucose liées entre elles par des liaisons de type α (1 \rightarrow 4) dont le taux compris entre 20 et 30 % varie d'une espèce végétale à l'autre. L'amylopectine est un polysaccharide ramifié. Il est constitué par des chaînes formées d'unités D-glucose reliées par des liaisons de type α (1 \rightarrow 4) ; ces chaînes sont unies entre elles par des liaisons de type α (1 \rightarrow 6) donnant ainsi à l'amylopectine qui représente 70 à 80 % de la masse pondérale de l'amidon,

une structure arborescente (Durrani *et* Donald, 1995 ; Smith, 2001 ; Singh *et* Kaur 2004 ; Tester *et al.*, 2004 ; Pérez *et* Bertoff, 2010). Un troisième composant, appelé matériau intermédiaire possédant une structure intermédiaire entre l'amylose et l'amylopectine est aussi retrouvé dans l'amidon (Seguchi *et* Kanenaga, 1997 ; Blaszezak *et al.*, 2003). La taille et la forme des granules d'amidon dépendent de l'origine botanique de la plante, du stade de maturité du matériel biologique qui le contient (Lindeboom *et al.*, 2004 ; Dhital *et al.*, 2011 ; Libra *et al.*, 2012). Ces caractéristiques des granules d'amidon confèrent aux tubercules leurs propriétés fonctionnelles, justifiant de ce fait leurs utilisations artisanale et industrielle. Par rapport à autres cultures vivrières l'amidon demeure une denrée périssable. Il se pose alors le problème de sa conservation post récolte. En effet, au cours de cette période, l'amidon subit des modifications physico-chimiques qui influencent ses propriétés fonctionnelles. L'objectif de ce travail est d'évaluer cette influence du temps de conservation post récolte sur la taille

et digestibilité *in vitro* des granules de l'amidon de *Dioscorea alata* cultivar «brazo».

I-Matériel et méthodes

I-1 Matériel

Le matériel biologique utilisé dans ce travail est constitué de tubercules de *Dioscorea alata*, cv «brazo» et du suc digestif de l'escargot géant africain *Archachatina ventricosa*. Les tubercules sont issus de la plantation réalisée à cet effet sur le site de l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire).

I-2 Méthodes

I-2-1 Extraction de l'amidon du tubercule de *Dioscorea alata* cv «brazo»

L'amidon a été extrait selon la méthode décrite par Archange *et al.* (2012). Les tubercules d'ignames ont été pesés, épluchés, découpés en petits morceaux puis trempés dans une solution de bisulfite de sodium à 1 % (p/v) afin d'inhiber les brunissements enzymatiques. Après 10 min de trempage, les cossettes fraîches sont broyées à l'aide d'un mixeur de type MOULINEX 2000 (France) en présence d'eau jusqu'à l'obtention un broyat suffisamment fin. Le broyat a été tamisé et lavé à l'eau. L'amidon est entraîné par l'eau à travers un tamis de différentes mailles (500 µm, 250 µm, 100 µm). La suspension obtenue après le tamisage a été décantée afin de permettre le dépôt de l'amidon au fond du récipient. Le surnageant a été séparé du culot contenant de l'amidon sous la forme d'une pâte visqueuse. Après plusieurs lavages et décantations successifs, le culot a été dispersé et agité dans une solution de chlorure de sodium (4 %, p/v) afin de le déprotéiner. Après de nouvelles séries de lavages, suivies de décantations, le culot a été étalé sur du papier aluminium puis séché à l'étuve ventilée à 45 °C pendant 48 h. L'amidon sec a été broyé finement par une broyeuse de type BLENDOR (Lyon-France) puis tamisé et conditionné.

I-2-2 Observation et détermination de la taille des granules d'amidon

La forme des granules d'amidon natif a été observée au microscope optique de marque CETI (Belgique). Il a été connecté à un ordinateur de marque COMECTA et un écran JVC (Japon). La forme a été observée à l'objectif (x 40) du microscope.

La taille des granules d'amidon natif a été déterminée à l'échelle microscopique au moyen des logiciels Kappa Image de Base et Kappa Image Contrôle. Le logiciel Kappa Image Contrôle donne, en micromètre, les diamètres minimum et maximum de chaque granule d'amidon. La distribution du diamètre moyen des granules a été déterminée sur un total de 1000 granules, après avoir fait séjourner des échantillons d'amidon dans une étuve ventilée, pendant 1 heure, à 45 °C. A partir des données obtenues, le diamètre moyen de chaque

granule a été calculé selon la méthode décrite par Rasper (1971).

I-2-3 Distribution des fréquences du diamètre moyen des granules d'amidon natif

La distribution des fréquences a été traduite sous forme d'histogrammes et réalisée selon la règle de Sturge (Scherrer, 1984) qui a permis de définir le nombre de classes attendues et l'amplitude associée.

I-2-4 Préparation de la solution enzymatique

La digestibilité *in vitro* de l'amidon a été déterminée par l'étude des cinétiques de son hydrolyse. L' α -amylase du suc digestif de l'escargot *Archachatina ventricosa* est l'enzyme utilisée. Elle présente le même mode d'action que l' α -amylase du suc pancréatique et de la flore intestinale de certains animaux.

Le suc digestif a été recueilli selon la méthode décrite par Colas *et Attias* (1975). Le prélèvement a été effectué sur un lot de dix (10) escargots gardés à jeun pendant 3 jours. La coquille des mollusques a été débarrassée avec précaution. Le tube digestif a été repéré et isolé de la masse viscérale à l'aide d'une pince puis placé au-dessus d'un entonnoir contenant de la gaze. L'extrait obtenu a été centrifugé à 6000 trs /min pendant 30 min à l'aide d'une centrifugeuse réfrigérée de marque ALESTRA (Espagne). Le surnageant constituant l'extrait enzymatique a été recueilli, conditionné dans des tubes eppendorfs qui sont conservés au congélateur.

I-2-5 Digestibilité *in vitro*

La digestibilité *in vitro* de l'amidon natif et gélatinisé a été déterminée par l'utilisation de l'alpha-amylase d'*Archachatina ventricosa*, qui est responsable de la transformation de l'amidon en glucose, maltose et dextrine limite. Elle présente certaines analogies d'action avec l'alpha-amylase salivaire et pancréatique du porc (Favier, 1969). Le milieu réactionnel constitué de 0,4 mL de tampon acétate 100 mM, pH 5, 4 mL d'amidon natif ou gélatinisé (4 %, p/v) et 0,2 mL de solution enzymatique a été incubé à 37 °C. A chaque intervalle de 10 min, une partie aliquote de 200 µL a été prélevée. La réaction a été arrêtée par addition de 200 µL de DNS (Acide 3,5 dinitro salicylique). Le mélange a été chauffé au bain marie bouillant pendant 5 min. Après addition de deux (2) mL d'eau distillée l'intensité de la coloration a été déterminée à 540 nm par la lecture de la densité optique (DO) au spectrophotomètre de marque GENESYS 5 (Espagne).

I-2-5 Analyses statistiques

Toutes les mesures ont été réalisées en triple. Pour étudier l'évolution des paramètres en fonction du temps de conservation, des analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des logiciels STATISTICA 7 (Statsoft Inc, Tulsa-USA Headquarters) et XLSTAT-Pro 7.5.2 (Addinsoft Sarl, Paris-France). Elles ont permis de calculer les variances. Les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées au moyen de l'analyse des variances (ANOVA) à deux facteurs et du test de Duncan. La signification statistique a été définie à $P \leq 0,05$.

II- Résultats

II-1 Morphologie des granules d'amidon de *Dioscorea alata* cv «brazo»



Figure 1 : Photographie des granules d'amidon de *Dioscorea alata* cv «brazo» au microscope optique (grossissement x 400).

Les granules d'amidon du tubercule de *Dioscorea alata* cv «brazo» sont de forme cylindro-biconique.

II-2 Evolution de la taille des granules de l'amidon de *Dioscorea alata* cv «brazo» au cours de la conservation post-récolte

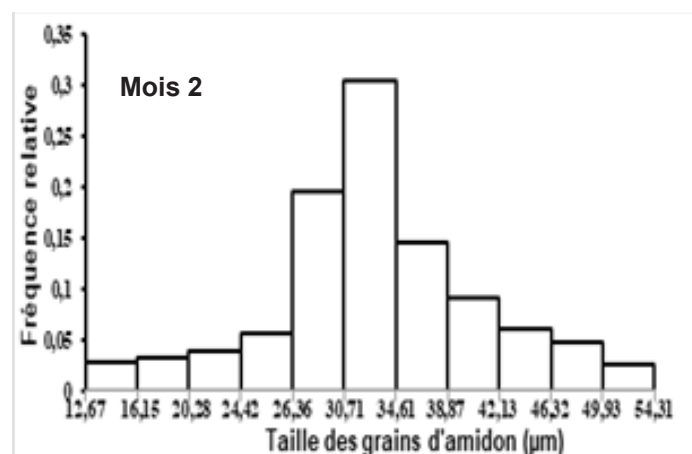
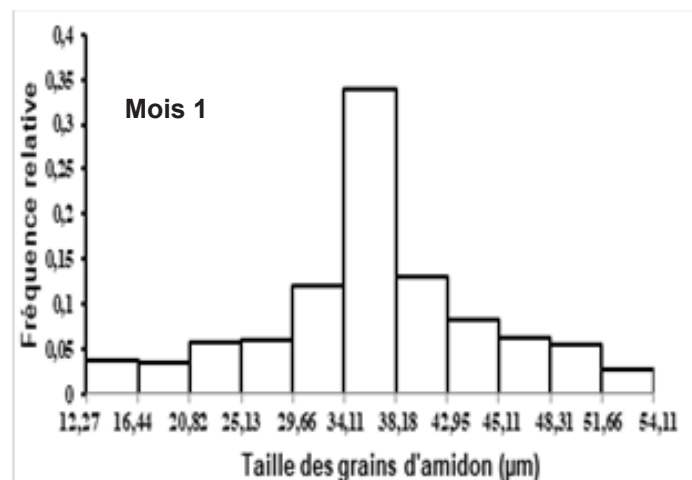
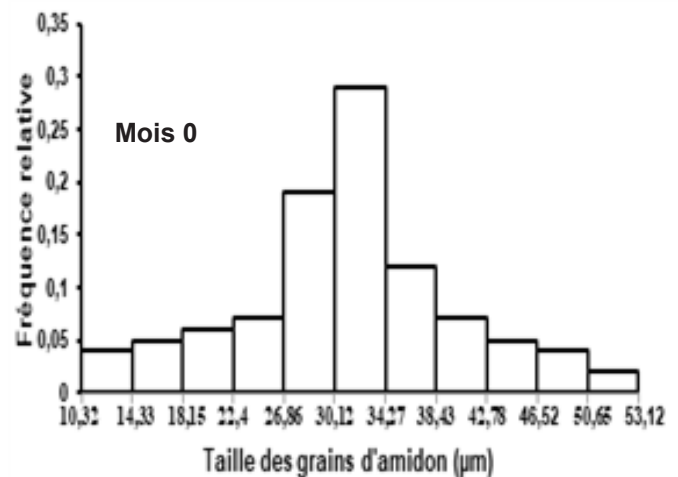
La distribution des fréquences de la taille des granules des amidons est unimodale. La taille des granules varie entre 10 et 60 μm . Le mode est atteint pour des granules dont les tailles appartenant à la classe [35 μm – 40 μm]. Celui-ci est resté constant durant toute la durée de l'expérience (Figures 2). En revanche, l'amplitude des classes appartenant aux granules de petite taille a diminué significativement ($P > 0,05$) au cours de la durée de conservation post-récolte. Du mois zéro au septième mois de conservation, les amplitudes des classes relatives aux granules de petites tailles ont été respectivement ([10,32 - 14,33[; 0,04) ; ([12,27 - 16,44[; 0,037) ; ([12,67 - 16,35[; 0,029) ; ([12,91 - 15,35[; 0,029) ; ([13,36 - 16,32[; 0,02) ; ([13,50 - 16,44[; 0,015) ; ([13,71 - 16,44[; 0,012) ; ([13,91 - 16,26[; 0,01).

II-3 Evolution de la digestibilité *in vitro* des granules d'amidons de *Dioscorea alata* cv «brazo» au cours de la conservation post-récolte

Le taux de sucres réducteurs issus de l'hydrolyse enzymatique de l'amidon natif du tubercule *Dioscorea alata* cv «brazo» à différents stades de la conservation post récolte, n'a pas varié de façon significative ($P \leq 0,05$) quel que soit le temps d'incubation (Tableau I). Les valeurs observées au début de la conservation ont été de $23,89 \pm 0,53 \mu\text{g}$ après 10 min d'incubation et $22,46 \pm 0,27 \mu\text{g}$ après 1h30 min d'incubation. Au septième mois de conservation, les valeurs ont été de $24,56 \pm 0,92 \mu\text{g}$ après 10 min d'incubation et $24,86 \pm 0,9327 \mu\text{g}$ après 1h30 min d'incubation.

Concernant les granules d'amidon gélatinisé, une augmentation significative ($P > 0,05$) du taux de sucres réducteurs issus de l'hydrolyse enzymatique a été observée en fonction de la durée d'incubation (Tableau II). Les valeurs

de sucres réducteurs au début de la conservation ont été de $431,00 \pm 17,87 \mu\text{g}$ après 10 min d'incubation et $967,25 \pm 40,09 \mu\text{g}$ après 2 h d'incubation. Au septième mois de la conservation post récolte, les valeurs de sucres réducteurs ont été après 10 min d'incubation de $24,56 \pm 0,92 \mu\text{g}$ et $1030,18 \pm 30,47 \mu\text{g}$ après 2 h d'incubation. Pour le même temps d'incubation, le taux de sucres réducteurs issus de l'hydrolyse enzymatique n'a pas varié significativement ($P \leq 0,05$) (Tableau II). Les valeurs du taux de sucres réducteurs oscillent entre $378,61 \pm 14,68 \mu\text{g}$ et $448,34 \pm 14,57 \mu\text{g}$ après 10 min d'incubation et entre $931,57 \pm 36,12 \mu\text{g}$ et $1030,18 \pm 30,47 \mu\text{g}$ après 2 h d'incubation.



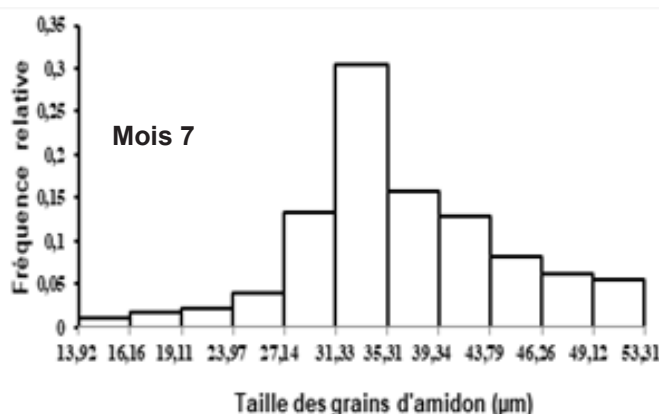
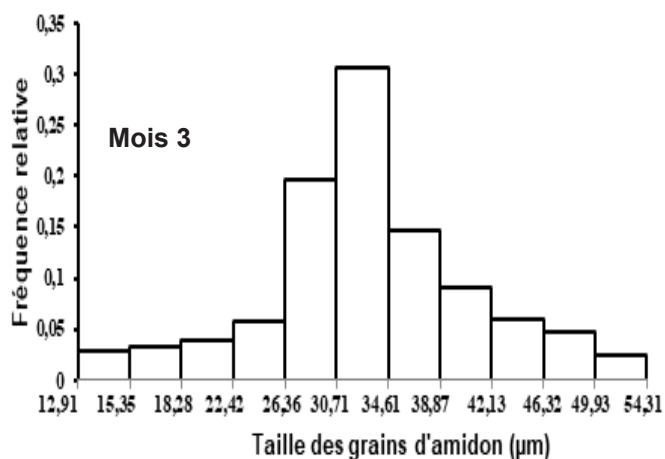


Figure 2 : Fréquence de distribution de la taille des granules des amidons natifs du tubercule de *Dioscorea alata* cv «brazo» au cours de la conservation post-récolte

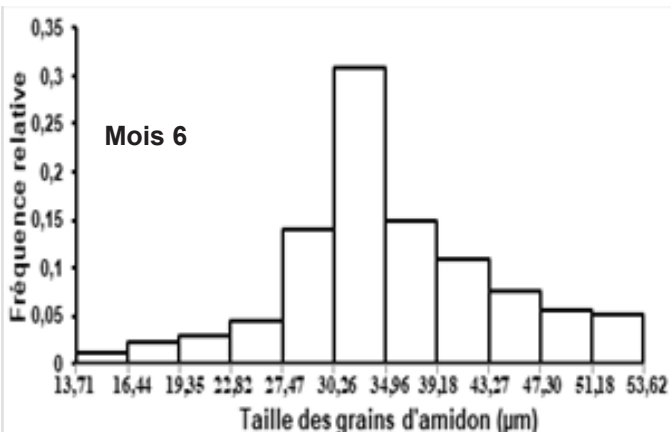
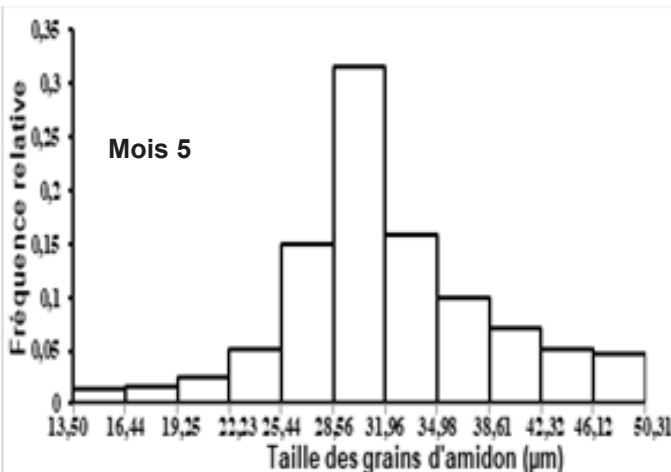
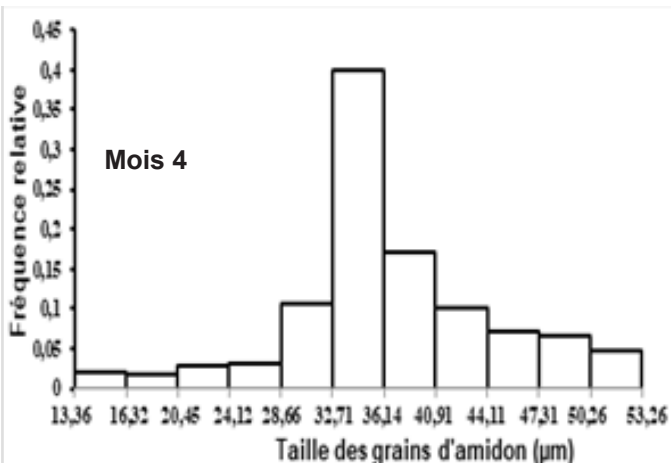


Tableau I : Hydrolyse enzymatique de l'amidon natif de *Dioscorea alata* cv «brazo»

Temps de conservation (Mois)	Quantité de sucres réducteurs libérée (µg/g)									
	10	20	30	40	50	60	80	100		
0	23,89±0,60 ^a	19,85±0,38 ^a	26,14±0,99 ^a	25,01±0,36 ^a	26,14±0,99 ^a	25,24±0,80 ^a	26,02±0,36 ^a	22,46±0,27 ^a		
1	18,93±0,60 ^a	22,42±0,71 ^a	24,41±0,78 ^a	22,92±0,73 ^a	25,41±0,81 ^a	26,90±0,85 ^a	21,42±0,68 ^a	22,72±0,72 ^a		
2	22,92±0,85 ^a	19,73±0,73 ^a	21,44±0,65 ^a	22,43±0,84 ^a	27,11±1,01 ^a	25,32±0,94 ^a	24,52±0,91 ^a	26,01±0,97 ^a		
3	25,68±0,53 ^a	22,55±0,46 ^a	20,02±0,41 ^a	22,65±0,46 ^a	24,37±0,50 ^a	27,00±0,55 ^a	25,48±0,52 ^a	24,27±0,50 ^a		
4	22,77±0,33 ^a	27,55±0,40 ^a	25,82±0,37 ^a	27,15±0,39 ^a	24,91±0,36 ^a	20,03±0,29 ^a	23,89±0,35 ^a	22,77±0,33 ^a		
5	23,25±0,69 ^a	19,24±0,57 ^a	26,56±0,78 ^a	23,55±0,69 ^a	22,55±0,67 ^a	27,66±0,82 ^a	24,56±0,72 ^a	25,86±0,76 ^a		
6	23,43±0,94 ^a	21,83±0,87 ^a	22,53±0,78 ^a	22,53±0,90 ^a	26,34±1,05 ^a	24,43±0,98 ^a	26,03±1,04 ^a	26,74±1,07 ^a		
7	24,56±0,92 ^a	18,54±0,69 ^a	24,56±0,92 ^a	25,66±0,96 ^a	26,56±1,00 ^a	22,55±0,84 ^a	26,36±0,99 ^a	24,86±0,93 ^a		

Les moyennes affectées de lettre commune ne sont pas significativement différentes (P<0,05).

III- Discussion

La forme cylindro-biconique des granules d'amidon de *Dioscorea alata* cv «brazo» diffère de celle des granules d'amidon de *Dioscorea bulbifera* qui ont une forme ovo-triangulaire (Archange *et al.*, 2012).

La taille des granules d'amidon de *Dioscorea alata* cv «brazo» varie de 10,32 à 60 μm au cours de la conservation post-récolte. Les valeurs de la taille de ces granules restent supérieures à celles du tubercule du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) 1,51 à 33,2 μm et proches de celles de l'amidon de *Dioscorea rotundata* (10,6 μm - 54,4 μm) selon Ehui *et al.* (2009). En revanche, la taille des granules d'amidon de notre étude est inférieure à celle de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) qui présente des valeurs de 15 μm à 100 μm (Tester *et al.*, 2006 ; Kowsik *et Mazumder*, 2018 ; Fuentes *et al.*, 2019). La conservation post-récolte a permis d'observer une diminution de la quantité des granules d'amidon de petites tailles. Ce qui suggère que les tubercules d'igname entrés en dormance, sont le siège d'intenses activités hydrolytiques induites par les enzymes amylolytiques notamment les α -amylases et phosphorylases, qui attaquent préférentiellement les granules d'amidon de petites en libérant le glucose, le maltose et des dextrines limites (Vasanthan *et al.* 1996).

L' α -amylase d'*Archachatina ventricosa* présente une sensibilité très faible sur les différents amidons natifs de *Dioscorea alata* cv «brazo», suggérant que ces molécules ne sont pas hydrolysées par l' α -amylase compte tenu de leur structure semi cristalline due à la présence de la croix de biréfringence (Builders *et al.*, 2010 ; Ma *et al.*, 2010 ; Afolabi *et al.*, 2016 ; Tian *et al.*, 2017 ; Zhang *et al.*, 2017). En effet, Favier (1969) a montré que les amidons crus d'ignames sont difficilement hydrolysés par l' α -amylase bactérienne (N. B. C). La présence d'une faible quantité de sucres réducteurs dans le milieu réactionnel proviendrait soit de l'hydrolyse amyliques des granules d'amidon qui a lieu au cours de la conservation post récolte, soit de l'hydrolyse des granules d'amidon endommagés au cours des opérations mécaniques d'extraction (Horseney, 1994). En revanche, les amidons gélatinisés de *Dioscorea alata* ont été très hydrolysés par l' α -amylase du suc digestif de l'escargot. Ce résultat est en accord avec celui obtenu par Bornet (1992) et Amani *et al.* (2004) sur l'hydrolyse enzymatique de l'amidon de gingembre. En effet, en présence d'un excès d'eau et à des températures supérieures à 70 °C, les granules d'amidon gélatinisent. Ce phénomène serait la conséquence de la destruction de la structure semi-cristalline entraînant le gonflement des granules d'amidon par rupture des liaisons hydrogènes et la solubilisation du contenu granulaire (Cook *et Gidley*, 1992 ; Tester *et Debon* ; 2000 ; Waigh *et al.*, 2000). Ce qui expose les granules d'amidon aux enzymes amylolytiques qui les hydrolysent en glucose, maltose et dextrine limite.

Conclusion

Les différents amidons extraits des tubercules de *Dioscorea alata* au cours de la conservation post récolte présentent des tailles variables (10 à 60 μm). Au cours de

Tableau II : Hydrolyse enzymatique de l'amidon gélatinisé *Dioscorea alata* cv «brazo»

Temps de conservation (Mois)	Quantité de sucres réducteurs libérée ($\mu\text{g/g}$)											
	Temps d'incubation (min)											
	10	20	30	40	50	60	80	100	120			
0	431,00 \pm 17,87 ^a	501,17 \pm 20,77 ^b	545,27 \pm 22,60 ^c	578,85 \pm 23,99 ^d	641,49 \pm 26,59 ^e	741,73 \pm 30,75 ^f	791,84 \pm 32,82 ^g	897,09 \pm 37,19 ^h	967,25 \pm 40,09 ⁱ			
1	378,61 \pm 14,68 ^a	468,28 \pm 18,16 ^b	572,84 \pm 22,21 ^c	594,81 \pm 23,06 ^d	607,76 \pm 23,56 ^e	677,51 \pm 26,27 ^f	737,29 \pm 28,59 ^g	858,84 \pm 33,30 ^h	931,57 \pm 36,12 ⁱ			
2	403,75 \pm 6,79 ^a	509,24 \pm 8,53 ^b	584,45 \pm 9,94 ^c	603,51 \pm 10,28 ^d	649,82 \pm 10,92 ^e	713,06 \pm 12,04 ^f	773,31 \pm 13,06 ^g	883,73 \pm 15,00 ^h	989,27 \pm 16,66 ⁱ			
3	448,34 \pm 14,57 ^a	523,57 \pm 17,02 ^b	559,67 \pm 18,19 ^c	603,81 \pm 19,63 ^d	673,01 \pm 21,88 ^e	730,18 \pm 23,74 ^f	804,91 \pm 26,16 ^g	877,63 \pm 28,53 ^h	954,86 \pm 31,04 ⁱ			
4	395,92 \pm 8,53 ^a	481,12 \pm 10,37 ^b	562,31 \pm 12,11 ^c	624,45 \pm 13,45 ^d	655,53 \pm 14,12 ^e	703,64 \pm 15,16 ^f	781,82 \pm 16,84 ^g	903,10 \pm 19,46 ^h	1002,33 \pm 21,59 ⁱ			
5	423,69 \pm 7,74 ^a	544,17 \pm 9,94 ^b	585,33 \pm 10,69 ^c	602,40 \pm 11,00 ^d	663,64 \pm 12,12 ^e	759,02 \pm 13,86 ^f	803,20 \pm 14,66 ^g	908,62 \pm 16,59 ^h	1000,99 \pm 18,28 ⁱ			
6	453,26 \pm 10,75 ^a	528,81 \pm 12,54 ^b	588,45 \pm 13,96 ^c	627,21 \pm 14,88 ^d	629,20 \pm 14,99 ^e	742,52 \pm 17,61 ^f	810,11 \pm 19,22 ^g	892,61 \pm 21,17 ^h	986,05 \pm 23,39 ⁱ			
7	418,32 \pm 12,37 ^a	501,98 \pm 14,85 ^b	551,38 \pm 16,75 ^c	586,66 \pm 17,35 ^d	637,06 \pm 18,84 ^e	739,87 \pm 21,89 ^f	803,38 \pm 23,76 ^g	924,34 \pm 27,34 ^h	1030,18 \pm 10,47 ⁱ			

Les moyennes affectées de lettre commune ne sont pas significativement différentes (P \leq 0,05)

cette période, les granules d'amidon de petite taille diminuent progressivement. Contrairement aux amidons natifs, les amidons gélatinisés sont hydrolysés par l' α -amylase du suc digestif d'*Archachatina ventricosa*. La durée de conservation post récolte n'a pas eu d'impact sur la digestibilité *in vitro* des amidons des tubercules de *Dioscorea alata*.

BIBLIOGRAPHIE

- Afolabi O.A., Osamudiamen P.M., Osundahusi O.F.** 2016. Chemical properties, *in vitro* digestibility and estimated glycemic index of water yam, cocoyam, sweet potato and cassava. *Applied Tropical Agriculture* 21, 3: 19-26.
- Archange L.M., Soumaila D., Siaka B., Tia G.J., Patrice K.L.** 2012. Physicochemical properties and digestibility of starch from bulbils of two cultivars of *Dioscorea bulbifera* during the growth. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 2, 12: 34-42.
- Bertolini A.C.** 2010. Trends in starch applications. In starch Characterization, Properties and Applications (A. C. Bertolini Ed) CRC Press: 99p.
- Błaszczak W., Valverde S., Fornal J., Amarowicz R. Lewandowicz G., Borkowski K.** 2003. Changes in the microstructure of wheat, corn and potato starch granules during extraction of non-starch compounds with sodium dodecyl sulfate and mercaptoethanol. *Carbohydrate Polymers* 53: 63-73.
- Bornet F.** 1992. Technologie des amidons, digestibilité et effets métaboliques. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 27(3): 170-178.
- Builders P.F., Nnurun A., Mbah C.C., Attama A.A., Manek R.** 2010. The physicochemical and blinder of starches from *persea americana* Miller (Lauraceae). *Starch/Stärke* 62: 309-320.
- Colas B., Attias J.** 1975. Caractérisation de quelques activités hydrolasiques du suc digestif d'*Achatina balteata*. *Brochure* 53: 1019-1027.
- Cooke D., Gidley M.J.** 1992. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization origin of enthalpy transtion. *Carbohydrate Research* 227: 103-112.
- Dhital S. Shrestha A.K., Hasjim J., Gidley M.J.** 2011. Physicochemical and structural properties of maize and potato starches as a function of granule size. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 59(18): 10151-10161.
- Durrani C.M., Donald A.M.** 1995. Physical characterization of amylopectin gels. *Polymer Gels and Network* 3(1): 1-27.
- Ehui F.H., Djedji C., Sako. A., Amani N.G.** 2009. Propriétés fonctionnelles des amidons de six variétés sélectionnées de manioc (*Manihot esculenta crantz*). *Agronomie Africaine* 21: 1015-2288.
- Favier J.C.** 1969. Etude de la digestibilité *in vitro* de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun. *Industries Alimentaires et Agricoles* 77: 9-13.
- Fuentes C., Kang I., Lee J. Song D., Sjöo, Choi J., Lee S., Nilsson L.** 2019. Fractionation and characterization of starch granules using field-flow (FFF) and differential scanning calorimetry (DSC). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 411: 3665-3674.
- Hoseney C.** 1994. Principles of cereal. Congress Catalogue Card Number, Second edition, 378p.
- Kowsik P.V., Mazumder N.** 2018. Structural and chemical characterization of rice and potato starch granules using microscopy and spectroscopy. *Microscopy Research and Technique* 81(12): 1533-1540.
- Libra M.A, Gonnety J.T., Ahi A.P Dabonné S. Ahipo E.D., Kouamé L.P.** 2011. Physicochemical changes in bulbils of two cultivars of *Dioscorea bulbifera* during the ripening period. *Advance Journal of Food Science and Technology* 3(5): 327-331.
- Lindeboom N., Chang P.R., Tyler R.T.** 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspect of starch granule size, with emphasis on small granule straches. *A review. Starch* 56(3-4): 89-99.
- Ma X.C., Chang P.R., Zheng P., Yu J., Ma X.** 2010. Characterization of new starches separated from several traditional chinese medicines. *Carbohydrate Polymers* 82: 148-152.
- Pérez S., Bertoff E.** 2010. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules : A comprehensive review. *Starch/ Stärke* 62: 389-420.
- Rasper V.** 1971. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana III. Particle size and particle size distribution. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 22: 572-580.
- Scherrer B.** 1994. Biostatistique, Chicoutimi, Quebec, Canada, Gaétan Morin, 850p.
- Seguchi M., Kanenaga K.** 1997. Study of three-dimensional structure of wheat starch granules stained with Remazolobright Blue R dyed and extracted with aqueous sodium dodecyl sulphate and mercaptoethanol. *Cereal Chemistry* 72(6): 602-608.
- Singh N., Kaur L.** 2004. Morphological, thermal, rheological and retrogradation properties of potato starch fractions varying in granule size. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(10):1241-1252.
- Smith A.M.** 2001. The biosynthesis of starch granules. *Biomacromolécules* 2(2): 335-341.
- Tester R.F., Qi X., Karkalas J.** 2006. Hydrolysis of native starches with amykases. *Animals Feed Science and Technology* 130(1-2): 39-64.
- Tester R.F., Karkalas J., Qi X.** 2004. Composition finestructure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2):151-165.

- Tester R.F., Debon S.J.J.** 2000. Annealing of starch-A review *International. Journal of Biological Macromolecules* 27: 1-12.
- Tian J., Chen S, Shi J., Chen J., Liu D., Cai Y., Ogawa Y., Ye X.** 2017. Microstructure and digestibility of potato strips produced by conventional frying and air-frying : An *in vitro* study. *Food structure* 14: 30-35.
- Vasanthan T., Bhatti R.S.** 1996. Physicochemical properties of small- and large granule starches of waxy, regular and high-amylose barleys. *Cereal Chemistry* 73: 199-207.
- Waigh T.A., Gidley M.J., Komanshek B.U., Donald A.M.** 2000. The phase transitions in starch during gelatinization : a liquid crystalline approach. *Carbohydrate Research* 328: 165-176.
- Zhang S., Fan X., Lin L., Zhao L., Liu A., Wei C.** 2017. Properties of starch from root tuber of *Stephania epigaea* in composition with potato and maize starches. *International Journal of Food Properties* 20: 1740-1750.

Connaissances écologiques locales sur les indicateurs de dégradation des sols utilisées par les paysans dans la zone guinéenne du Togo (Afrique de l'ouest)

AGBODAN Kodjovi Mawuégnigan Léonard^{1*}, AKPAVI Sêmihinva¹, AMEGNAGLO Kossi Béssan¹, AKODEWOU Amah^{1,2}, DIWEDIGA Badabaté^{1,3}, KODA Donko Koudzo^{1,4}, AGBODAN Kokou Agbékonyi⁵, BATAWILA Komlan¹, AKPAGANA Koffi¹

Résumé

Depuis des décennies, les populations paysannes se sont toujours servies des végétaux ou animaux comme repères dans la gestion de l'espace. La présente étude s'est déroulée dans la zone guinéenne du Togo et a pour objectif principal de valoriser les savoirs locaux sur les indicateurs de dégradation ou de fertilité de sols. Ce but est atteint grâce à des interviews semi-directs, *focus group* et par des observations réalisées dans les champs des paysans. Il ressort des 689 enquêtés que, 11 indicateurs biophysiques sont utilisés pour juger les sols. Les critères physiques comprennent essentiellement la couleur et la texture du sol. Les critères biologiques rassemblent la performance des mauvaises herbes et la présence des herbacées caractéristiques comme *Chromolaena odorata*, *Panicum maximum* et *Mucuna poggei* pour les sols fertiles et *Imperata cylindrica*, *Tridax procumbens*, *Gomphrena celosioides* pour les sols dégradés. Au total, 71 plantes bioindicatrices, essentiellement herbacées ont été recensés. Les analyses physicochimiques des échantillons de sol faites sur les parcelles dominées par ces espèces bioindicatrices montrent un taux supérieur en éléments nutritifs majeurs, et en matières organiques sur les sols fertiles par rapport aux sols pauvres. Ces indicateurs biophysiques constituent ainsi un bon repère montrant aux paysans le niveau de dégradation des sols, pour une mise en jachère, ou de fertilité de sols, pour la mise en culture sans apport d'engrais, ni amendement organique.

Mots clés : bioindicateurs, savoirs locaux, fertilité, Togo

Abstract

Abstract

For decades, farmers have always used plants or animals as landmarks in their agricultural plots management. This study was conducted in the Guinean zone of Togo and its main objective is to develop local knowledge on soil degradation or fertility indicators. This goal is achieved through semi-direct interviews and observations made in farmers' fields. According to the 689 respondents, 11 biophysical indicators allow to discriminate their soils. Physical criteria include color and soil texture. Biological criteria include weed performance and the presence of some characteristic herbaceous plants such as *Chromolaena odorata*, *Panicum maximum* and *Mucuna poggei* for fertile soils and *Imperata cylindrica*, *Tridax procumbens* and *Gomphrena celosioides* for degraded soils. Overall, 71 bioindicator plants, mostly herbaceous, were identified. Physicochemical analyzes of soil samples made on plots dominated by these bioindicator species show a higher rate of major nutrients, and organic matter on fertile soils compared to poor soils. These biophysical indicators constitute good driver to show farmers the level of soil degradation for fallowing or soil fertility for cultivation without fertilizer or organic amendment.

Keywords: bioindicators, local knowledge, fertility, Togo

1- Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LBEV), Université de Lomé, 01 BP 1515, Lomé 01 Togo.

2- AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75732 Paris, France.

3- United Nations Environment Programme - International Ecosystem Management Partnership, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China

4- WASCAL, Changement climatiques et Biodiversité, Université de

Felix Houphouët-Boigny, BP 165, Abidjan 31, Côte d'Ivoire

5- Laboratoire de Génie des Procédés et Ressources Naturelles (LAGEPREN), Département de Chimie, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé 01, Lomé, Togo

* Email : agbodana@gmail.com ; BP:503 ; Téléphone ; (+228) 92536518 / 98423510

Introduction

La dégradation des sols est un problème écologique mondial affectant les terres arables du monde (Karlen *et al.*, 2003 ; IPBES, 2018). Elle est en forte progression en Afrique subsaharienne (FAO, 2015) et constitue une menace importante pour le secteur agricole (Bruinsma, 2017 ; Altieri, 2018). Face à ce phénomène, la connaissance de l'état de dégradation des sols devient une priorité (Nezomba *et al.*, 2017). Il urge alors de trouver des méthodes d'évaluation techniquement,

socialement, économiquement justifiées et respectueuses de l'environnement.

Plusieurs méthodes ont été mises au points pour évaluer l'état de dégradation des sols dans le monde (Valentin, 2018). Les approches basées sur les conclusions des experts (Global Assessment of human induced Soil Degradation) (Oldeman *et al.*, 1991), celles sur la télédétection spatiale (Brabant *et al.*, 1996 ; Bai *et al.*, 2008 ; Baghdadi *et al.*, 2018), celles sur la modélisation (Jin *et al.*, 2017), et celles basées sur les analyses

physicochimique et biologique du sol (Bedano *et al.*, 2011 ; Juhos *et al.*, 2016) ont donné un aperçu général de l'ampleur de ce phénomène au niveau régional, voir mondial (Valentin, 2018). Ces différentes approches présentent des limites, car elles sont coûteuses et prennent en compte, des échelles trop grandes pour connaître les caractéristiques intrinsèques des sols au niveau paysan (local) (Nezomba *et al.*, 2017).

Indépendamment de ces méthodes dispendieuses, les paysans utilisent des savoirs locaux (approche empirique) basés sur des indicateurs ou bioindicateurs leur permettant d'évaluer l'état de dégradation des sols (Hill & Ramsay, 1977 ; Barrios & Trejo, 2003 ; Lima *et al.*, 2011). Selon Loireau (1998), un indicateur est un paramètre qui fournit des informations sur un phénomène qui affecte un système ou sur l'état des composants du système. Cette approche a le mérite d'être rapide, pratique, acceptée par la société, réalisable à moindre coût et fondée sur l'expérience (Desbiez *et al.*, 2004). Elle est une science : l'ethnopédologie (Barrera-Bassols & Zinck., 2003) et constitue un sujet d'actualité dans le monde (Akpovi *et al.*, 2016 ; Ball *et al.*, 2016 ; Pulido *et al.*, 2017 ; Ibrahima *et al.*, 2017 ; Brinkmann *et al.*, 2018 ; Kome *et al.*, 2018 ; Rabot *et al.*, 2018 ; *ect.*). Au Togo, les recherches dans le domaine de l'ethnopédologie restent peu investiguées et encore parcellaires.

Cette étude se propose ainsi de contribuer à la valorisation des savoirs locaux sur les indicateurs de dégradation ou de fertilité de sols dans la zone guinéenne du Togo. Il s'agira (i) d'inventorier les bioindicateurs physique et biologique de l'état de dégradation des sols, (ii) d'analyser les corrélations entre les indicateurs biophysiques suivant les différents groupes ethnoculturels et (iii) de vérifier les perceptions locales grâce aux analyses physicochimiques du sol.

Description de la zone d'étude

Le travail a été effectué dans la zone guinéenne du Togo (pays de l'Afrique de l'ouest), qui s'étend depuis la côte jusqu'au 8^{ème} latitude Nord (Figure 1). Elle est couverte par trois zones écologiques (zone écologique III, IV et V) selon Ern, (1979). La zone écologique III représente le sanctuaire d'une agriculture fondée essentiellement sur le maïs, l'igname et le cotonnier. La zone écologique IV est surtout marquée par des forêts semi-décidues (Akpaviana, 1989) avec comme cultures de rente le caféier, le cacaoyer et des cultures vivrières comme le manioc et le taro. La zone écologique V est une mosaïque de cultures (cocotier, palmier à huile, maïs, manioc, piment), de jachères et de fourrés (Akpavi *et al.*, 2013). La zone d'étude est influencée par un climat tropical à deux saisons pluvieuses (850-1600 mm/an) et deux saisons sèches dans les zones écologiques III et V, ensuite drainée par un réseau hydrographique (temporaire ou permanent) constitué du fleuve Mono, des rivières Haho, Zio et leurs affluents. Quant à la zone écologique IV, elle jouit d'un climat du type soudano-guinéen à régime unimodal à une saison pluvieuse et une saison sèche. Les sols qui se développent dans la zone d'étude sont diversifiés tant par leurs caractéristiques physicochimiques que par leur possibilité d'utilisation en agriculture. Il s'agit des sols peu évolués ; ferrugineux tropicaux ; ferralitiques et hydromorphes (Faure

& Pennanaech, 1981). La zone regroupe six indices (0 à 5) de dégradation du sol (Brabant *et al.*, 1996) et contient plusieurs groupes ethnoculturels inégalement répartis (Gayibor, 1987). L'agriculture est en forte expansion et demeure la principale activité génératrice de revenus.

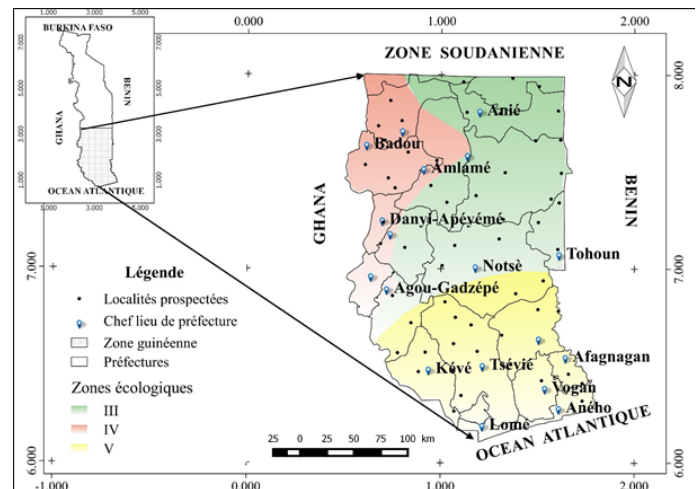


Figure 1 : Sites d'enquêtes et localisation de la zone d'étude

Matériel et méthode

Les localités investiguées ont été choisies sur la base d'un échantillonnage stratifié (Akpavi, 2009). Les zones écologiques (Ern, 1979), le niveau de dégradation des sols (Brabant, 1996) et l'ethnie (Gayibor, 1987) constituent les différents niveaux retenus. Une enquête exploratoire a été réalisée d'une part afin d'évaluer l'appréhension du questionnaire pour une amélioration des différentes rubriques et d'autre part, pour déterminer la taille de l'échantillon à investiguer. La taille de l'échantillon des enquêtés a été déterminée en intégrant les données de l'enquête exploratoire dans la formule de Dagnelie (1998).

$$N = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 \times p(1-p)}{d^2}$$

Dans cette formule, N est la taille de l'échantillon à déterminer, « p » est la proportion d'enquêtés ayant des connaissances sur les indicateurs biophysiques de dégradation du sol, $U_{1-\alpha/2}^2$ est la valeur de la loi normale à la valeur de probabilité $1-\alpha/2$ avec $\alpha = 5\%$, « d » est la marge d'erreur de l'estimation fixée à une valeur de 5% (Wédjangnon *et al.*, 2016). Au total, 689 enquêtés (Tableau 1) issus de 65 localités et 14 ethnies ont été prospectés entre septembre 2017 et mars 2018. Les ethnies Ewé, Adja et Kabyè ont été plus investiguées à cause de leurs fortes répartitions géographiques dans la zone d'étude (Gayibor, 1987). Les données ont été collectées *via* des enquêtes semi-structurées individuelles et par *focus group* (Twumasi, 2001 ; Akpavi *et al.*, 2013).

Les coordonnées géographiques des sites prospectés ont été enregistrés par un GPS (Global Positioning System). Dans un premier temps, les informations recherchées ont été axées sur les indicateurs biologiques (faune, flore) reflétant les caractéristiques intrinsèques du sol (état de dégradation ou fertilité, milieu inondable, dépression, battance, *etc.*) (Somé *et al.*, 1999 ; Mamoudou *et al.*, 2015 ; George *et al.*, 2017 ; Kissou *et al.*, 2018 ; Segat *et al.*, 2018). Dans un second temps, des informations ont été collectées sur les indicateurs physiques permettant de diagnostiquer leur parcelle (couleur, texture, capacité de rétention de l'eau, performance des

plantes, dureté du travail au champ, situation topographique, etc.) (Vinhai-Freitas *et al.*, 2017 ; Rabot *et al.*, 2018).

Tableau 1 : Points sur la prospection

Ethnie	Zone écologique			Pourcentage
	III	IV	V	
Ewé	11	17	181	30.33%
Adja	68	-	46	16.55%
Kabyè	50	15	13	11.32%
Ouatchi	-	-	52	7.55%
Akposso	9	40	-	7.11%
Akébou	-	36	-	5.22%
Ana-Ifè	36	-	-	5.22%
Lamba	25	-	-	3.63%
Yaka	20	-	-	2.90%
Kotokoli	-	19	-	2.76%
Danyi	-	18	-	2.61%
Moba	14	-	-	2.03%
Agouna	11	-	-	1.60%
Guin	-	-	8	1.16%
Total	244	145	300	100.00%

Des échantillons de sol (six fertile et six dégradé) ont été prélevés sur des parcelles dominées par les espèces bioindicatrices exclusives (citées par tous les paysans). Sur chaque parcelle indiquée, une aire minimale de 30m×40m a été délimitée, et un échantillon composite a été prélevé à une profondeur de 0 à 15 cm pour les analyses physicochimiques (Dawoe *et al.*, 2012 ; Liu *et al.*, 2016). Le pH du sol a été déterminé par la méthode électrométrique et la conductivité par conductimétrie. La porosité du sol a été calculée à partir de la densité apparente du sol, en supposant que la densité du sol soit égale à 2,65 g.cm⁻³ (Anderson & Ingram, 1993). Le taux de matières organiques est déterminé par la méthode de perte de feu tandis que l'azote total, le potassium disponible et phosphore assimilable (l'orthophosphate) ont été déterminés par la méthode spectrophotométrique à flamme (Bado *et al.*, 1997).

Analyse des données

Les données collectées ont été saisies et réorganisées dans un tableur Excel 2016 pour les différentes analyses. La nomenclature botanique utilisée pour l'identification des plantes bioindicatrices est celle de Brunel *et al.*, (1984). Les types biologiques considérés dans cette étude sont : arbres, arbustes (regroupés en ligneux) et les herbacées. Le traitement des données a consisté en une analyse descriptive par histogramme et en une analyse multivariée. Un diagramme de Pareto a été effectué afin de déterminer l'importance des variables microfauniques utilisées par les paysans. Une Analyse Factorielle de correspondance (AFC) a été réalisée pour identifier les plantes bioindicatrices de la dégradation des sols suivant les zones écologiques. Un corrélogramme est réalisé pour analyser les degrés de corrélation entre les indicateurs biophysiques et les ethnies prospectées. Une ANOVA (test de Duncan) à un seuil de signification de 5 % a été réalisé afin de comparer les moyennes des paramètres du sol. Le logiciel R (R project) a servi à la réalisation des différents

graphiques (Kassambara & Mundt, 2016).

Résultats

Indicateurs biophysiques de l'état de dégradation des sols

Au total 11 indicateurs biophysiques sont utilisés par les paysans dans la gestion de leurs espaces agricoles (figure 2).

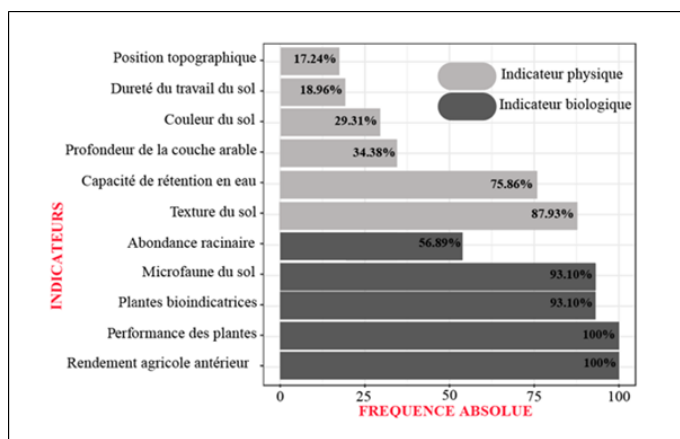


Figure 2 : Fréquence des indicateurs biophysiques de l'état de dégradation des sols

Indépendamment des ethnies enquêtées, les critères exclusifs tels que le rendement de la culture précédente et la performance des plantes (surtout la strate herbacée) sont les plus utilisés. Les critères physiques (texture du sol et la capacité de rétention en eau) et biologiques (plantes bioindicatrices, microfaune et l'abondance racinaire) sont utilisés par la majorité des ethnies enquêtées (Figure 3). La situation topographique, la couleur et la dureté du travail du sol constituent des critères non généralisés (mineurs).

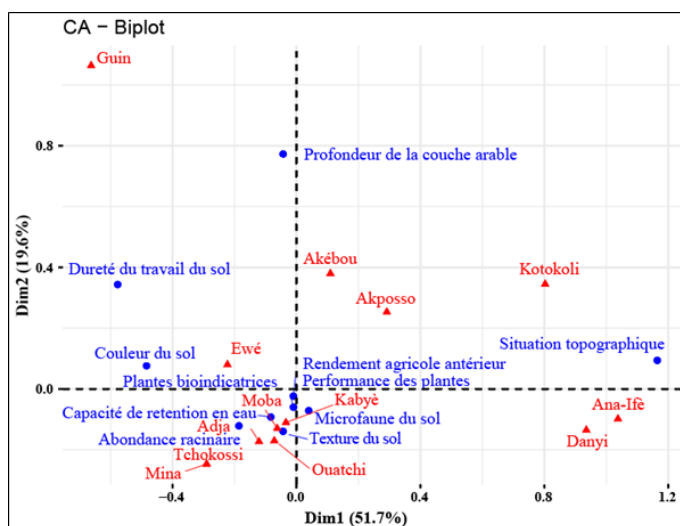


Figure 3 : AFC entre les groupes ethnoculturels et les indicateurs utilisés dans l'évaluation du sol

Plusieurs variables existent au sein des différents indicateurs. Ainsi, un sol fertile est caractérisé par une texture argileuse (92.34% des enquêtés) ayant une coloration noire (84.07%) ou rouge (18.91%). La diversité végétale relatives qui s'y développent sont de haute taille (84.48%) avec une biomasse aérienne importante (53.44%), verdoyante (98.27%), à croissance rapide (34.48%) suivi d'un envahissement homogène (13.80%) de la parcelle. Le niveau de dureté du travail lors du défrichage est faible (78.30%) et l'espace

est caractérisée par une couche relativement épaisse d'humus (63.00%, surtout dans la zone écologique IV). Les mauvaises herbes présentes possèdent généralement un type d'enracinement abondant (82.00% des enquêtes).

Quant aux sols pauvres, la texture est sablonneuse (94.23% des enquêtes). Les sols ont une couleur soit rouge (69.56%), grise (26.08%) ou blanche (13.07%). Les espèces végétales qui s'y développent sont rabougries (91.38%), avec peu de verdure (20.68%) ayant une forte décoloration foliaire (94.82%) [violette (43.11%), jaune (25.86%), rouge (24.13%) ou blanche (1.72%)]. Ces plantes ont une croissance difficile (34.48%) et se retrouvent en touffes, éparpillées (13.80%) dans la parcelle. Le niveau de dureté du travail lors du défrichage est élevé (45.11%). Les mauvaises herbes présentes possèdent généralement un type d'enracinement faible et fines (82.00% des enquêtes).

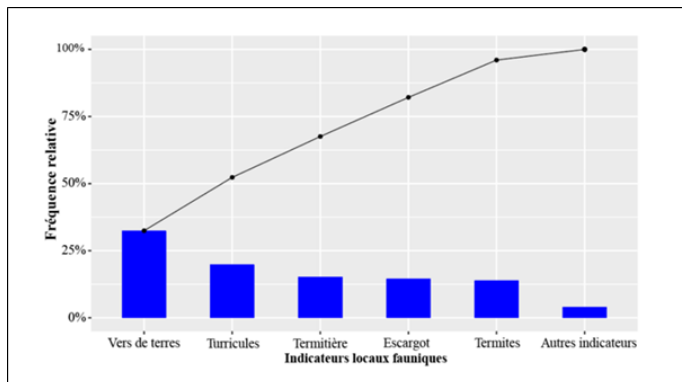


Figure 4 : Fréquences des indicateurs microfauniques utilisés par les paysans dans la gestion des parcelles agricoles

Indicateurs microfauniques de la dégradation des sols

Pour discriminer les sols, les paysans se basent aussi sur la composition microfaunique de la parcelle à cultiver. La présence des vers de terres, des turricules, des termitières et des termites sont des indicateurs biophysiques observés par les paysans sur un sol fertile tandis que leur absence indique un sol pauvre. La présence abondante des escargots indique une fertilité et une humidité importante du sol, proche de celle des terres forestières. Les fourmis du genre *Dorylus* (fourmi magnant) et *Formica* (fourmi à tête noire des champs) sont abondantes sur les sols dégradés et constituent un indicateur paysan de la fertilité initiale du sol. Le diagramme de Pareto ci-dessous (Figure 4) montre l'importance de chaque variable microfaunique utilisée par les paysans. Les barres correspondent aux fréquences relatives tandis que la courbe représente la fréquence cumulative des variables microfauniques.

Diversité des plantes bioindicatrices utilisées par les paysans dans l'évaluation de dégradation du sol

Au total, une diversité de 71 espèces végétales (herbacées et ligneuses) réparties en 63 genres et 23 familles a été recensée lors des enquêtes. Les familles les plus représentées (Figure 5) sont : Poaceae (33.44%), Asteraceae (27.86%) et les Commelinaceae (9.50%) représentées respectivement par 23 ; 19 et 6 espèces végétales. Les familles comme les Capparaceae ; Apocynaceae ; Bombacaceae ; Ceratophyllaceae ; Combretaceae ;

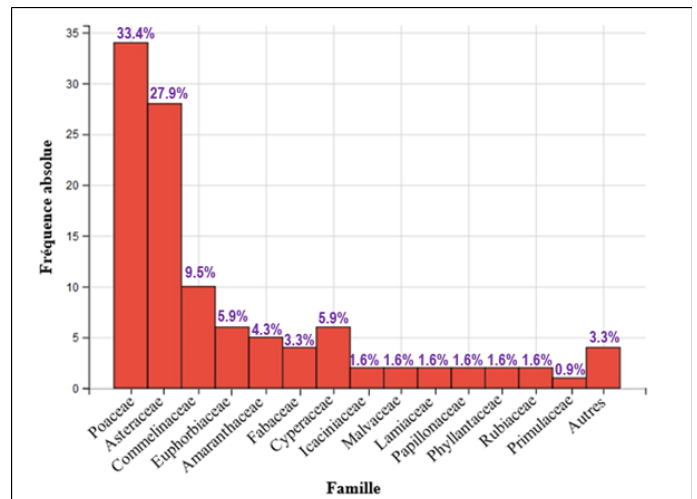


Figure 5 : Fréquences de familles des plantes bioindicatrices recensées

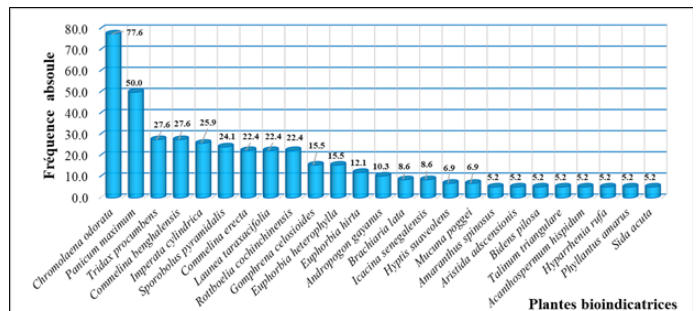


Figure 6 : Fréquence absolue de 25 plantes bioindicatrices recensées

Connaraceae ; Meliaceae ; Scrophulariaceae et Verbenaceae sont représentées par deux voire une espèces végétales.

La figure 6 illustre la fréquence relative des 25 plantes bioindicatrices les plus communes. L'analyse montre une prédominance d'un faible nombre d'espèces plus fréquentes et celle d'un grand nombre de faible à moyenne fréquence. Les espèces indicatrices à fréquence relativement élevée sont celles qui sont citées par la quasi-totalité des groupes ethnoculturels enquêtés. Elles sont représentées par *Chromolaena odorata* (77.58%), *Panicum maximum* (50.00%), *Tridax procumbens* (27.58%), *Commelina bengalensis* (27.58%), *Imperata cylindrica* (25.86%), etc.

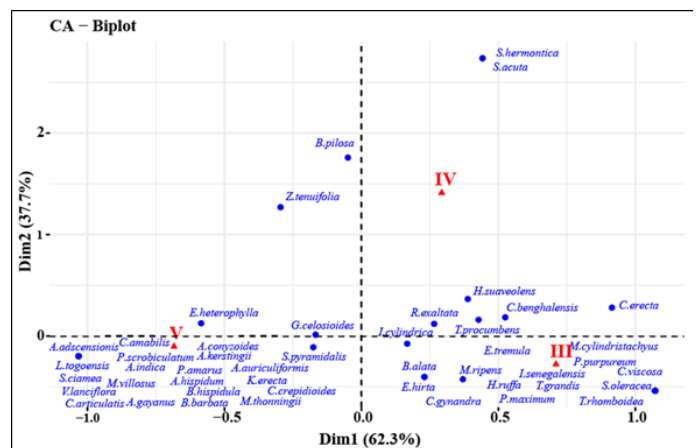


Figure 7 : AFC entre les plantes bioindicatrices des sols dégradés et les zones écologiques

Diversité des plantes bioindicatrices de l'état des sols suivant les zones écologiques

Le plan de l'Analyse Factoriel de Correspondance (AFC) fait ressortir les plantes bioindicatrices de dégradation des sols suivant les zones écologiques (figure 7 et 8). L'analyse de l'AFC 1 (Figure 7) montre que les espèces végétales telle que *I. cylindrica*, *Gomphrena celosioides* et *Sporobolus pyramidalis* indiquent les sols dégradés indépendamment des trois zones écologiques. Outre ces variables, l'envahissement de *Melenis repens* et *Spilanthes costata* indique un sol pauvre dans la zone écologique III. La présence de *Bidens pilosa*, *Striga hermontica* et *Sida acuta* caractérise un sol dégradé dans la zone écologique IV. Quant à la zone écologique V, un sol pauvre est caractérisé par *Euphorbia heterophylla* et *Loudetia togoensis*. Les parcelles dégradées dues au phénomène de battance sont caractérisées essentiellement par *Brachiaria alata*, *P. maximum* et *S. pyramidalis*.

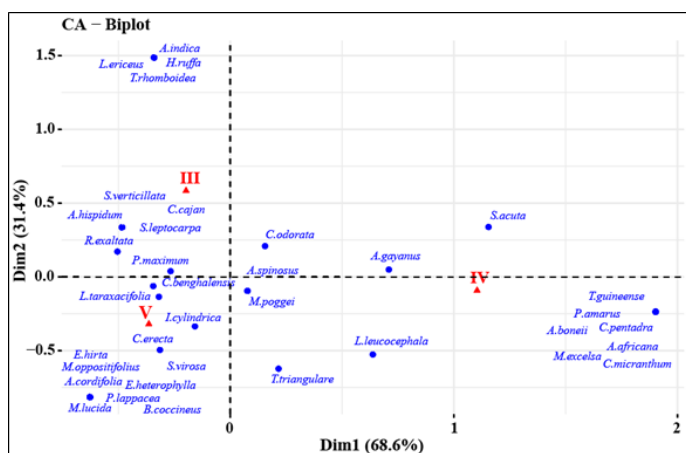


Figure 8 : AFC entre les plantes bioindicatrices des sols fertiles et les zones écologiques

L'analyse de AFC 2 (Figure 8) sur la base de la diversité des plantes dans les différentes zones écologiques laisse paraître que les plantes bioindicatrices de fertilité, comme *Chromolaena odorata*, *P. maximum* et *Mucuna poggei* constituent des espèces végétales indicatrices exclusives de fertilité du sol. L'espèce *Amaranthus spinosus* (variable exclusive) indique les sols riches en éléments azotés (dépotoirs). La recolonisation et la bonne performance de *Cajanus cajan* et *Rottboellia cochinchinensis* indiquent un sol riche en matière organique. Les espèces telle que *Leucaena leucocephala*, *Antiaris africana* et *Ceiba pentandra* caractérisent un sol riche en humus dans la zone écologique IV. Quant à la zone écologique V, l'apparition de *Commelina erecta*, *Commelina benghalensis* et *Launea taraxacifolia* indique un retour de jachère du sol (sol fertile).

La notion de fertilité est relative à chaque paysan. Ainsi, certaines espèces végétales servent à la fois d'indicateurs de fertilité et de dégradation des sols. Il s'agit de *R. cochinchinensis*, *C. benghalensis*, *C. erecta* qui sont cités par les paysans dans certaines localités comme indicateurs de fertilité et dans d'autres localités comme dégradation du sol.

Types biologiques des plantes bioindicatrices suivant les zones écologiques

Indépendamment des zones écologiques, les espèces de la strate herbacée sont les types biologiques les plus utilisés

(74.05%) pour la discrimination des parcelles agricoles (Figure 9). La faible diversité spécifique des herbacées indicatrices de dégradation ou de fertilité des sols dans la zone écologique IV est due l'application des bonnes pratiques culturales à l'instar des rotations culturales après deux à trois saisons culturales. Cette pratique entraîne une faible appréhension de la dégradation des sols dans les différents groupes ethnoculturels de la zone écologique IV. La forte richesse spécifique des herbacées bioindicatrices dans les

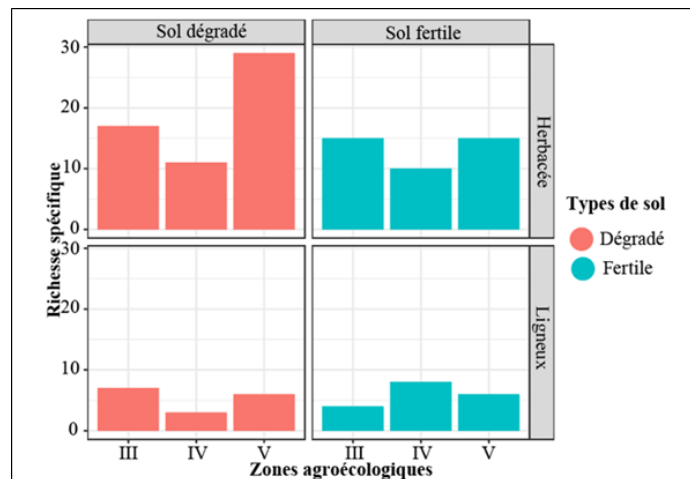


Figure 9 : Histogrammes comparatif des types biologiques suivant les zones écologiques

zones écologiques III et V démontre que le phénomène de dégradation des sols est très accentué dans ces localités. Le manque de terre (67.14%), l'usage des herbicides et engrais (91.98%), la battance des sols due aux parcours des animaux (68.17%) et l'abandon de la jachère (40.36%) constituent les principales causes d'un épuisement significatif des parcelles agricoles et d'un envahissement des mauvaises herbes dans les zones écologiques III et V. Les mauvaises herbes renseignent du processus de restauration des sols. L'apparition des espèces ligneuses constitue un signal de fin de jachère et une possibilité de remise en culture des parcelles mises en défends. Du point de vu richesse spécifique, très peu de ligneux (25.93%) sont utilisés pour caractériser les types de sols (fertile ou dégradé) avec une légère prédominance dans la zone écologique IV.

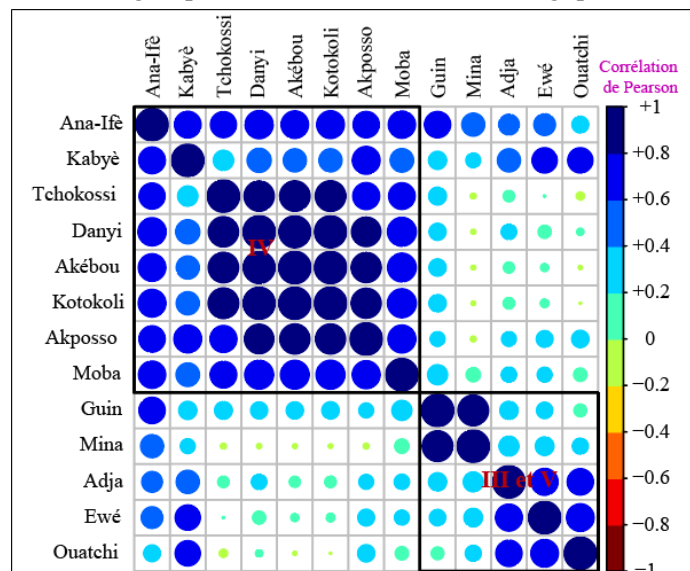


Figure 10 : Analyse de corrélation entre les groupes ethnoculturels et les indicateurs de dégradation

Corrélation entre groupes ethnoculturels et indicateurs biophysiques de dégradation

La figure 10 représente les corrélations issues du croisement de toutes les variables des 11 indicateurs biophysiques et les différentes ethnies prospectées. L'analyse du corrélogramme permet de regrouper toutes les ethnies en deux classes. La première classe regroupe les ethnies Kabyè, Tchokossi, Danyi, Akébou, Akposso, Kotokoli et Moba. En effet, ces différentes ethnies ont été rencontrées dans la zone méridionale des monts Togo (Zone écologique IV). Elles utilisent plus les ligneux que les herbacées, la couleur et la texture du sol dans le choix des itinéraires techniques à appliquer aux parcelles cultivables. La seconde classe regroupe les ethnies Guin, Mina, Adja, Ewé et Ouatchi qui caractérisent essentiellement la zone des plaines du centre (zone écologique III) et la zone côtière du sud (zone écologique V). Les variables telle que les herbacées, la texture et la capacité de rétention en eau du sol, le rendement de la culture précédente puis la performance des plantes qui se développent sur ces sols caractérisent ce groupe. Le choix des indicateurs dépend donc fortement des zones écologiques. L'ethnie Kabyè corrèle remarquablement avec toute les autres ethnies à cause de sa répartition ubiquiste dans la zone d'étude.

Corrélation entre les perceptions locales et analyses physicochimiques des échantillons de sols discriminés par les paysans

Les résultats de l'analyse physicochimique des échantillons de sols sont présentés dans le tableau 2. De façon générale, toutes les parcelles jugées fertiles renferment un taux de phosphore assimilable et de matières organiques élevés (double voire triple) en comparaison aux parcelles pauvres. Le fort taux

du sol. Les parcelles fertiles présentent une porosité élevée et variable sous les espèces par rapport à celles dégradées dont la porosité reste faible et invariable. Quant aux sols pauvres, ils sont caractérisés par une conductivité élevée (Tableau 2). Elle indique le degré de salinité du sol. Elle est de l'ordre de 90.75 ± 2.19 ppm sous *I. cylindrica* et de 50.25 ± 6.72 ppm sous *G. celosioides*. Elle demeure cependant faible sous *M. poggei* (28.65 ± 9.68 ppm) et *C. odorata* (36.85 ± 0.78 ppm). Ces différents paramètres analysés confirment les perceptions locales sur les indicateurs de fertilité initiale du sol.

Discussion

Des indicateurs biophysiques permettent aux paysans de faire un diagnostic rapide de leurs parcelles agricoles avant la définition de tout itinéraire cultural. Parmi ces indicateurs, certains sont exclusifs (général) et d'autre inclusifs (cités par quelques paysans). Les plantes ayant beaucoup de verdure, de haute taille constituent des critères exclusifs et sont caractéristiques des parcelles fertiles. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés au Cameroun par M'biandoun & Bassala. (2007) et par Ibrahimia *et al.* (2017).

En effet, la performance des plantes n'est que le reflet de la disponibilité en éléments nutritifs libres dans le sol (Ducfer, 2005 ; 2013). Ainsi, la décoloration foliaire (jaune, rouge, violette) observée par les paysans signale les carences en éléments nutritifs majeurs des parcelles agricoles (Castillon, 2006). Les analyses de sol démontrent que, les parcelles jugées fertiles, renferment un taux relativement supérieur en éléments nutritifs majeurs (N, P et K) et en matières organiques par rapport aux sols dégradés. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Dawoe *et al.* (2012) au Ghana et Nezomba *et al.* (2017) au Zimbabwe.

Tableau 2 : Analyse physicochimiques des échantillons de sol des parcelles discriminées par les paysans (moyenne \pm écart type).

Paramètres (0 - 15 cm)	Parcelle dégradée (n=6)			Parcelle fertile (n=6)			F pr
	<i>I.cylindrica</i>	<i>G.celosioides</i>	<i>T.procumbens</i>	<i>C.odorata</i>	<i>M.poggei</i>	<i>P.maximum</i>	
Physiques							
☼ Humidité du sol (%)	42.00 ^b \pm 0.00	42.00 ^b \pm 0.00	25.00 ^a \pm 7.07	32.5 ^{ab} \pm 3.54	22.5 ^a \pm 3.54	31.5 ^{ab} \pm 4.95	0.016 *
☼ Conductivité (μ S.cm ⁻¹)	90.75 ^d \pm 2.19	50.25 ^c \pm 6.72	35.9 ^{ab} \pm 0.57	36.85 ^{ab} \pm 0.78	28.65 ^a \pm 9.68	46.9 ^c \pm 5.66	0.001*
☼ Densité apparente (g.cm ⁻³)	1.38 ^a \pm 0.07	1.39 ^a \pm 0.05	1.37 ^a \pm 0.20	1.31 ^a \pm 0.03	0.93 ^b \pm 0.07	1.35 ^a \pm 0.16	0.1
☼ Porosité du sol (%)	47.98 ^a \pm 2.66	47.45 ^a \pm 2.09	48.48 ^a \pm 7.67	50.62 ^a \pm 1.33	64.15 ^b \pm 2.86	49.10 ^a \pm 6.16	0.1
Chimiques							
☼ pH	7.58 ^b \pm 0.66	7.55 ^{ab} \pm 0.01	6.70 ^a \pm 0.16	7.01 ^{ab} \pm 0.09	6.90 ^{ab} \pm 0.26	7.19 ^{ab} \pm 0.23	0.167
☼ Azote total (ppm)	nd	nd	0.025 \pm 0.00	nd	0.02 \pm 0.00	nd	0.5
☼ Potassium disponible (ppm)	nd	nd	0.37 \pm 0.13	nd	1.3 \pm 1.28	nd	0.192
☼ Phosphore assimilable (ppm)	0.92 ^{ab} \pm 0.34	0.85 ^a \pm 0.08	0.55 ^a \pm 0.16	1.80 ^c \pm 0.03	2.33 ^d \pm 0.18	1.35 ^{bc} \pm 0.04	0.001*
☼ Matière organique (ppm)	1.03 ^{ab} \pm 0.05	0.53 ^a \pm 0.01	0.99 ^{ab} \pm 0.35	1.84 ^b \pm 0.07	1.64 ^b \pm 0.24	1.87 ^b \pm 0.09	0.016 *

(nd) : les sols concernés sont très argileux. Dans nos conditions d'expérience, les résultats ne sont pas significatifs. L'ajout d'acide dans les solutions concernées peut permettre leur clarification. Toutefois les erreurs seront très considérables, raison pour laquelle nos expériences n'ont pas exploré cette piste.

(*) : Différence significative au seuil de 5%. Les nombres de la même ligne suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents ($p=0,05$)

de phosphore assimilable (2.33 ± 0.18 ppm) et de matières organiques (1.84 ± 0.07 ppm) est obtenu respectivement sous *M. poggei* et *C. odorata*, espèces bioindicatrices de fertilité

Les critères physiques tels que la texture argileuse et la capacité de rétention en eau du sol renseignent sur le caractère meuble du sol (Rabot *et al.*, 2018). Ces savoirs indigènes sont confirmés

par les études de Vinhal-Freitas *et al.* (2017), qui démontrent l'impact de la texture du sol sur le rendement agricole pour diverses cultures au Brésil. La texture argileuse permet une fixation de la pluie utile dans les premières couches du sol pour les racines (Kissou *et al.*, 2018). Les analyses du sol dominés par *M. poggei* montrent une porosité très élevée (64.15 ± 2.86 %) sur les parcelles fertiles. Ces résultats corroborent avec ceux de Dawoe *et al.* (2012) au Ghana et de Yeboua *et al.* (2008) en Côte d'Ivoire, où les sols fertiles étudiés avaient respectivement une porosité de 58.5% et 54%.

Les vers de terres et termites sont les variables microfauniques les plus utilisées dans la discrimination des sols (Bedano *et al.*, 2011 ; Santorufó *et al.*, 2012 ; Akpo *et al.*, 2016 ; George *et al.*, 2017). En effet, les vers de terre interviennent dans la bioturbation du sol. Outre ces critères, la présence des plantes bioindicatrices, de leurs fréquences et de leurs abondances sont des valeurs informatives importantes aux paysans (Mamoudou *et al.*, 2015). Les herbacées constituent les types biologiques les plus représentés. Ces résultats sont conformes à ceux de Somé *et al.* (2007) au Burkina Faso et Akpo *et al.*, (2016) au Bénin, où les mauvaises herbes servent essentiellement de repère aux paysans dans la caractérisation des aires agricoles. Ces espèces sont souvent des herbacées annuelles et constituent de bons bioindicateurs (Kissou *et al.*, 2018).

La répartition des espèces dépend fortement des facteurs climatiques, édaphiques, ainsi que des systèmes de gestion des terres agro-pastorales. Ce qui explique que la diversité spécifique des espèces bioindicatrices varie selon les zones écologiques. Ces plantes font partie des plantes envahissantes dominantes dans la zone d'étude (Akodewou *et al.*, 2019). La notion de fertilité étant relative à chaque paysan, certaines espèces sont citées à la fois comme indicatrices de fertilité et de dégradation des sols dans certaines localités de la zone d'étude. Les travaux de Nezomba *et al.* (2017) et de Kuira *et al.* (2019) signalent *C. bengalensis* comme indicateur de fertilité du sol respectivement au Zimbabwe et au Rwanda tandis qu'au Cameroun, elle indique un sol pauvre (M'biandoun & Bassala., 2007). L'espèce bioindicatrice par excellence de la fertilité du sol est *C. odorata* (Dawoe *et al.*, 2012).

Les analyses de sols montrent un fort taux de matières organiques (1.84 ± 0.07 ppm) sur les parcelles dominées par *C. odorata*. Plusieurs travaux corroborent la diversité spécifique des plantes bioindicatrices de fertilité des sols obtenue, à l'instar de *P. maximum*, *B. alata* (Somé *et al.*, 1999), *B. pilosa* (Nezomba *et al.*, 2017), etc. Les prélèvements sous *P. maximum* montrent un taux élevé en matières organiques (1.87 ± 0.24 ppm) et en phosphore assimilable (1.35 ± 0.04 ppm). Le niveau de fertilité de ces sols (dominées par *C. odorata* et par *P. maximum*) en matières organiques, et est proche de celui observé (2.88 ppm) sous les forêts en Côte d'Ivoire par Yeboua *et al.* (2008). En zone subtropicale, la perte de fertilité des sols est signalée par l'envahissement d'*Imperata cylindrica* (Kome *et al.*, 2018). Cette plante se développe généralement sur les sols sablonneux dégradés (Diallo *et al.*, 2009). La conductivité électrique du sol est élevée sur les parcelles dégradées, notamment sur celles dominées par *I. cylindrica* (90.75 ± 2.19 $\mu\text{S.cm}^{-1}$). La

conductivité électrique des sols renseigne sur le degré de salinité du sol, donc de dégradation du sol. Ce paramètre est en lien direct avec la disponibilité en éléments nutritifs libres et le niveau de productivité de la parcelle (Durand, 1983).

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier 11 indicateurs biophysiques (possédant plusieurs variables) utilisés par les paysans dans l'évaluation de l'état de dégradation des sols dans la zone guinéenne du Togo. Au total, 71 espèces végétales (inclusives et exclusives) servent au paysan de repère. Ainsi, les sols fertiles sont caractérisés par des espèces herbacées de haute taille à croissance rapide, ayant une biomasse aérienne importante envahissant de façon homogène les parcelles agricoles. Les espèces bioindicatrices exclusives de ces types de sols sont *C. odorata*, *P. maximum* et *M. poggei*. Quant aux sols pauvres, ils sont discriminés par des plantes aux aspects rabougris, avec peu de verdure possédant une forte décoloration foliaire. Les plantes bioindicatrices exclusives de la pauvreté d'un sol sont : *I. cylindrica*, *T. procumbens* et *G. celosioides*. Les analyses physicochimiques des échantillons de sol prélevés sur les parcelles dominées par ces espèces bioindicatrices confirment les perceptions locales des paysans sur l'état (fertile ou dégradé) du sol. Le choix des indicateurs biophysiques de la dégradation des sols diffère selon les zones écologiques compte tenue de la variabilité des facteurs environnementaux. Ces indicateurs biophysiques constituent un bon repère montrant aux paysans le niveau de dégradation des sols pour une mise en jachère ou de fertilité de sols pour la mise en culture sans apport d'engrais, ni amendement organique.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux Organismes IFS (Fond International pour la Science), le COMSTECH (Coopération Scientifique et Technologique) et IDEA WILD qui ont financé ce projet de recherche. Nous remercions vivement le Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LBEV) pour avoir prêté son cadre de travail ; aux reviewers anonymes pour les différentes remarques et contributions, puis aux populations locales qui ont accepté livrer gratuitement leurs propriétés intellectuelles pour la science.

Bibliographie

- Akpagana, K. (1989). Recherches sur les forêts denses humides du Togo. Th. Doc., Univ Bordeaux III. 1-195.
- Akodewou A., Oszwald J., Akpavi S., Gazull L., Akpagana K., Gond V. 2019. Problématique des plantes envahissantes au sud du Togo (Afrique de l'Ouest) : apport de l'analyse systémique paysagère et de la télédétection. *Biotech. Agron. Soc.*, Vol.23, N°2, pp. 1-16.
- Akpavi S. 2009. Plantes alimentaires mineures ou menacées de disparition au Togo: diversité, ethnobotanique et valeurs. Th. doct., Univ. Lomé, 1-202.
- Akpavi S., Kanda M., Odah K., Akpakpah K. E., Kossi-Titrikou K., Boutaré I., Akpagana K. 2013. Valeur socio-

- culturelle des plantes alimentaires: un facteur de préservation. *Europ. Scien. J., Vol.9, N°32, pp.383-395.*
- Akpo M., Saïdou A., Yabi I., Balogoun I., Bio Bigou B. 2016. Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin. *Etude et Gestion des Sols, Vol.23, pp. 53-65.*
- Altieri M. A. 2018. Agroecology: the science of sustainable agriculture. CRC Press. 2nd Edition.
- Anderson J., & Ingram J. 1993. Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods: Wallingford: CAB International. pp. 171-221.
- Bado, B. V., Sédogo, M. P., Cescas, M. P., Lompo, F., & Bationo, A. (1997). Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures, 6(6), 571-575.*
- Baghdadi N., Mallet C., Zribi M. 2018. QGIS et applications en aménagement du territoire. *Vol. 3: ISTE Editions.*
- Bai Z., Dent D., Olsson L., Schaepman M. 2008. Global assessment of land degradation and improvement: identification by remote sensing. ISRIC-World. Soil Information.
- Ball B. C., Guimarães R. M., Cloy J. M., Hargreaves P. R., Shepherd T. G., McKenzie B. M. 2017. Visual soil evaluation: a summary of some applications and potential developments for agriculture. *Soil and Tillage Research, Vol. 173, pp. 114-124.*
- Barrera-Bassols N., Zinck J.A. 2003. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma, Vol.111, N°3-4, pp. 171-195.*
- Barrios E., Trejo M. 2003. Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma, Vol.111, N°3-4, pp. 217-231.*
- Bedano J. C., Dominguez A., Arolfo R. 2011. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. *Soil & Tillage Research, Vol. 117, pp. 55-60.*
- Brabant P., Darracq S., Egué K., Simonneaux V., Aing A., Auberton Habert E. 1996. Togo: état de dégradation des terres résultant des activités humaines: notice explicative de la carte au 1: 500000 des indices de dégradation. ORSTOM éd. 1-369.
- Brinkmann K., Samuel L., Peth S., Buerkert A. 2018. Ethnopedological knowledge and soil classification in SW Madagascar. *Geoderma regional, Vol. 14, pp. 1-10.*
- Bruinsma J. 2017. World agriculture: towards 2015/2030: an FAO study: Routledge.
- Brunel J., Hiepkö P., Scholz H. 1984. Flore analytique du Togo: Phanérogames. GTZ éd., Eschborn. 1-751.
- Castillon P. 2006. Comment détecter et traiter les carences sur maïs? Perspectives agricoles. 1-6.
- Dagnelie P. 1998. Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. De Boeck Université, Paris.
- Dawoe E., Quashie-Sam J., Isaac M., Opong S. 2012. Exploring farmers' local knowledge and perceptions of soil fertility and management in the Ashanti Region of Ghana. *Geoderma, Vol. 179-180, pp. 96-103.*
- Desbiez A., Matthews R., Tripathi B., Ellis-Jones J. 2004. Perceptions and assessment of soil fertility by farmers in the mid-hills of Nepal. *Agriculture, Ecosystems & Environment, Vol. 103, N° 1, pp. 191-206.*
- Ducérf G. 2005. L'Encyclopédie des Plantes bioindicatrices Alimentaires et médicinales. Editions Permaculture.
- Ducérf G. 2013. L'encyclopédie des plantes bioindicatrices alimentaires et médicinales: guide de diagnostic des sols. Editions Permaculture.
- Durand J.H., 1983. Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique. 338 p
- Ern H. 1979. Die Vegetation Togos. Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. Willdenowia, 295-312.
- FAO. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR)–technical summary. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- Faure P., Pennanaech B. 1981. Sols. *Publication scientifique de l'IRD, pp. 16-18.*
- Gayibor N. L., Adotevi L., Aguigah D., Almeida-Houndedoke Z. D., Akibode K., Amouzouvi Y., Goeh-Akue A. 1997. Histoire des Togolais: 1. Des origines à 1884.
- George P. B. L., Keith A. M., Creer S., Barrett G. L., Lebron I., Emmett B. A., Jones D. L. 2017. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme. *Soil Biology & Biochemistry, Vol. 115, pp. 537-546.*
- Hill S. B., Ramsay J. 1977. Weeds as indicators of soil conditions. *The McDonald Journal, Vol. 38, N° 6, pp. 8-12.*
- Ibrahim A., Souhore P., Hassana B., Babba H. 2017. Farmers' perceptions, indicators and soil fertility management strategies in the sudano-guinea savannahs of Adamawa, Cameroon. *International Journal of Development and Sustainability, Vol. 12, N° 6, pp. 2035-2057.*
- IPBES. 2018. Principaux messages et chiffres du rapport de l'IPBES Dégradation et restauration des terres. 1-9.
- Jin X., Song K., Du J., Liu H., Wen Z. 2017. Comparison of different satellite bands and vegetation indices for estimation of soil organic matter based on simulated spectral configuration. *Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 244, pp. 57-71.*
- Juhos K., Szabób S., Ladányi M. 2016. Explore the influence of soil quality on crop yield using statistically-derived pedological indicators. *Ecological indicators, Vol. 63, pp. 366-373.*
- Karlen D. L., Ditzler C. A., Andrews S. S. 2003. Soil quality: why and how? *Geoderma, Vol. 114, N° 3-4, pp. 145-156.*

- Kassambara A., Mundt F. 2016. Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version.
- Kissou R., Gnankamary Z., Nacro H. B., Sedogo M. P. 2018. Classification locale et utilisation des sols en zone sahélienne au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 12, N° 1, pp. 610-617.
- Kome G. K., Enang R. K., Yerima B. P. K. 2018. Knowledge and management of soil fertility by farmers in western Cameroon. *Geoderma regional*, Vol. 13, pp. 43-51.
- Krasilnikov P., Makarov O., Alyabina I., Nachtergaele F. 2016. Assessing soil degradation in northern Eurasia. *Geoderma regional*, Vol. 7, N° 1, pp. 1-10.
- Kuria A. W., Barrios E., Pagella T., Muthuri C. W., Mukuralinda A., Sinclair F. L. 2019. Farmers' knowledge of soil quality indicators along a land degradation gradient in Rwanda. *Geoderma regional*, Vol. 16, pp. 1-16.
- Le Bourgeois T., Merlier H. 1995. Adventrop: les adventices d'Afrique soudano-sahélienne: Editions Quae.
- Lima A., Hoogmoed W., Brussaard L., dos Anjos F. S. 2011. Farmers' assessment of soil quality in rice production systems. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, Vol. 58, N° 1-2, pp. 31-38.
- Loireau M. 1998. Espace, ressources, usages: interactions milieux et sociétés dans le Sahel nigérien. Thèse de doctorat, Université Paul Valéry–Montpellier III, Montpellier, France.
- Liu S., Dong Y., Cheng F., Yin Y., Zhang Y. 2016. Variation of soil organic carbon and land use in a dry valley in Sichuan province, Southwestern China. *Ecological Engineering*, Vol. 95, pp. 501-504.
- Mamoudou B. M., Rabiou H., Inoussa M. M., Bakasso Y., Mahamane A. 2015. Bioindicateurs de la fertilité des sols et la perception paysanne à l'Ouest du Niger. *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 89, N° 1, pp. 8281-8290.
- M'Biandoun M., Bassala J-P. O. 2007. Savoir paysan et fertilité des terres au Nord-Cameroun. *Cahiers Agricultures*, Vol. 16, N° 3, pp. 185-197.
- Nezomba H., Mtambanengwe F., Titonell P., Mapfumo P. 2017. Practical assessment of soil degradation on smallholder farmers' fields in Zimbabwe: Integrating local knowledge and scientific diagnostic indicators. *Catena*, Vol. 156, pp. 216-227.
- Oldeman L. R. 1991. World map of the status of human-induced soil degradation, An explanatory note, Global assessment of soils degradation, GLASOD. The Map Sheets.
- Pulido M., Schnabel S., Contador J. F. L., Lozano-Parra J., Gómez-Gutiérrez Á. 2017. Selecting indicators for assessing soil quality and degradation in rangelands of Extremadura (SW Spain). *Ecological indicators*, Vol. 74, pp. 49-61.
- Rabot E., Wiesmeier M., Schlüter S., Vogel H.-J. 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma*, Vol. 314, pp. 122-137.
- Santorufu L., Van Gestel C.A.M., Rocco A., Maisto, G. 2012. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environmental Pollution*, Vol. 161, pp. 57-63.
- Segat J. C., Vasconcellos R. L. F., Silva D. P., Baretta D., Cardoso E. J. B. N. 2017. Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. *Forest Ecology and Management*, Vol. 404, pp. 338-343.
- Somé A., Alexandre D.-Y., Hien V. 1999. Bioindicateurs paysans de la fertilité des sols et gestion du cycle culture-jachère en zone soudanienne (Burkina Faso). *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, Vol. 41, N° 2, pp. 137-145.
- Twumasi P. A. 2001. Social research in rural communities. *Ghana University Press*. pp. 1-168.
- Valentin C. 2018. Les sols au cœur de la zone critique 5: Dégradation et réhabilitation (Vol. 5): ISTE Editions.
- Vinhal-Freitas I. C., Corrêa G. F., Wendling B., Bobul'ská L., Ferreira A.S. 2017. Soil textural class plays a major role in evaluating the effects of land use on soil quality indicators. *Ecological indicators*, Vol. 74, pp. 182-190.
- Wédjangnon A., Houèchégnon T., Ouinsavi C. 2016. Caractéristiques ethnobotaniques et importance socio-culturelle de *Mansonia altissima* A. Chev. au Bénin, Afrique de l'Ouest. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 29, N° 3, pp. 4678-4690.

Composition Floristique et Structure des Forêts Urbaines des Villes Sahéliennes: Cas de Niamey et Maradi, Niger

Soulé Moussa^{1*}, Boateng Kyereh², Shem Kuyah³, Abasse Tougiani⁴, Mahamane Saadou⁵

Résumé

Les villes jouent un rôle majeur dans la conservation de la biodiversité ligneuse. Néanmoins, il y a peu de données sur la composition floristique ligneuse et la structure des forêts urbaines au Sahel. L'objectif de cette étude est de déterminer la liste floristique ligneuse et les caractéristiques structurales des forêts urbaines dans les villes de Niamey et Maradi en fonction des types d'utilisation et d'occupation des terres. L'inventaire forestier basé sur l'échantillonnage aléatoire stratifié a été réalisé sur 363 placettes de 2500 m². Les indices de diversité (Shannon, Piélou et la richesse spécifique), la composition systématique (nombre de genres et de familles), la naturalité (exotique ou indigène) ont été utilisés pour l'analyse floristique ligneuse de deux forêts urbaines. Les formes biologiques (nombre d'arbres ou arbustes), la densité et la surface terrière ont été analysées pour apprécier la structure des forêts urbaines. Environ 139 espèces ligneuses dans 41 familles ont été inventoriées. Environ 112 espèces ont été identifiées à Niamey tandis que 111 espèces ont été trouvées à Maradi. L'indice de Shannon dans les forêts urbaines dans les deux villes est $H' = 2,48 \pm 0,56$ pour Niamey et $2,30 \pm 0,87$ pour Maradi. Les zones résidentielles ont les indices de diversité les plus élevés dans les deux villes. *Fabaceae* 24,46% (34 espèces) est la famille dominante dans les deux forêts urbaines. La flore ligneuse exotique représente environ 52,52% de la flore totale, tandis que 47,48% est indigène. *Azadirachta indica* est l'essence la plus abondante dans les deux villes, représentant 45,85% du nombre total de plantes ligneuses rencontrées. L'indice de similarité (76%) a montré une grande similarité entre les deux forêts urbaines. La surface terrière moyenne du peuplement est de $9,2 \pm 3,3$ m²/ha pour la forêt urbaine de Niamey et de $13,0 \pm 5,7$ m²/ha pour Maradi. La densité moyenne des plantes ligneuses est de $81,3 \pm 18$ individus/ha à Niamey et de $184,8 \pm 80$ individus/ha à Maradi. Les essences alimentaires représentent 15% de la flore inventoriée à Niamey et 30% à Maradi. Les essences locales et exotiques sont utilisées pour l'alimentation humaine dans les deux villes.

Cela s'ajoute, l'arbre est la forme biologique la plus dominante dans les deux villes. Le test de signification entre les indices de diversité et les paramètres structuraux a montré des différences significatives au sein de chacune des forêts et entre les deux forêts. La distribution des formes biologiques et l'origine des espèces sont associées aux types d'utilisation et d'occupation des terres dans les deux villes. Sur la base de nos résultats, nous pouvons dire que la plantation d'espèces ligneuses indigènes et essences alimentaires doivent être une priorité pour la conservation de la biodiversité ligneuse et la production d'alimentation humaine à Niamey et Maradi. Il est recommandé que la biodiversité ligneuse urbaine soit intégrée dans les évaluations nationales et régionales de la biodiversité végétale au Niger.

Mot clés : Biodiversité ; Espèce Exotique, Espèce Indigène, Ligneux Urbain,

Abstract

Cities play a major role in woody biodiversity conservation. Nevertheless, there is lack of data on the woody floristic composition and structure of urban forests. The objective of this study was to determine the woody floristic list and structural characteristics of urban forests in Niamey and Maradi cities across land use and land cover gradient. Random stratified forest inventory was used to collect dendrometric variables (total height and diameter) within 363 plots of 2500 m². Diversity indices, origin of species (exotic or native) and systematic composition were used for the floristic analysis of the two urban forests. Stem density, stand basal area, number of trees and shrubs were used to appreciate the urban forests structure in Niamey and Maradi. About 139 woody species in 41 families were determined within the two cities. About 112 species were identified in Niamey while 111 species were recorded in Maradi. The overall diversity index shows that the urban forest in two cities is rich in species ($H' = 2.48 \pm 0.56$ for Niamey and 2.30 ± 0.87 for Maradi). Residential areas had the highest diversity indices in both cities. *Fabaceae* 24.46% (34 species) was the most dominant family in the two urban forests. Exotic woody flora presents about 52.52% were while 47.48% were indigenous. *Azadirachta indica* was the most abundant woody species in both urban areas, accounting for 45.85% of the total number of woody plants encountered. The similarity index (76%) showed high values suggesting the similarity of the two urban forests. The mean stand basal area was 9.2 ± 3.3 m²/ha for Niamey urban forest. It was 13.0 ± 5.7 m²/ha for Maradi. The mean woody plants density was 81.3 ± 18 stems/ha for Niamey and 184.8 ± 80 stems/ha for Maradi. 15% and 30% of the woody species inventoried were food species in Niamey and Maradi. Local and exotic woody species were used for urban food forests in the both cities. Added to that tree was the dominant life form in the two cities. Test of significance between means of diversity indices and structural parameters showed significant differences within and among the study areas ($P < 0.05$). The distribution of growth form and origin of species is associated with land use and land cover in both cities. Based on the results, planting native woody species and food species should be prioritized for woody plants biodiversity conservation and urban food production in Niamey and Maradi. It is recommended that urban woody species biodiversity be integrated into national and regional woody species biodiversity assessments in Niger.

Key words: Woody Species Biodiversity, Urban Forest, Urbanization

¹West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL), Department of Civil Engineering, College of Engineering, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana, Email: moussa_soulesama@yahoo.fr

²Department of Silviculture and Forest Management, Faculty of Renewable Natural Resources, Kwame Nkrumah University of Science & Technology, Kumasi, Ghana,

³Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology (JKUAT), Nairobi, Kenya,

⁴Département de Gestion des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey,

⁵Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Faculté des Sciences et techniques, Département de Biologie

1. Introduction

Les changements d'affectation des terres et l'expansion spatiale accélérée des villes sont les principales causes des changements dans la composition et dans la structure des forêts urbaines. La flore urbaine se trouve dans des paysages fortement anthropisés et qui sont également très fragmentés (McKinney, 2002). En conséquence, les paysages urbains sont parsemés de groupes uniques de plantes qui se sont développés en réponse à la pression anthropique. Dans la plupart des villes, les espèces indigènes ont été remplacées par la plantation intentionnelle d'espèces exotiques ou par des perturbations écologiques telles que celles qui sont dues à l'expansion urbaine (Elmqvist et al., 2016). Par exemple, l'urbanisation est l'une des causes de la perte de végétation en Afrique de l'Ouest et de l'introduction d'essences exotiques dans le paysage urbain (Sené, 1993). Les activités anthropiques urbaines ont d'énormes impacts sur la biodiversité et les services écosystémiques (McDonald, Marcotullio & Güneralp, 2013). Par exemple, l'expansion urbaine entraîne la réduction et la disparition des espèces locales par la modification de leur l'habitat naturel (Bierwagen, 2007; Tait et al., 2005), ce qui réduit la biodiversité (Flores et al., 2018). A cela s'ajoute le fait que l'expansion urbaine conduit à l'homogénéisation biotique, ce qui constitue un défi majeur pour la conservation de la biodiversité locale (McKinney, 2006). En plus de cela, l'urbanisation est également une menace majeure pour l'endémisme en raison de l'introduction de la biodiversité exotique (McKinney, 2006).

Cependant, le nombre des essences augmente avec l'expansion urbaine en raison des influences anthropiques telles que l'irrigation et l'embellissement du paysage (Hope et al., 2003) qui conduisent aux plantations ligneuses urbaines. En plus de cela, (McKinney, 2002) a rapporté que la richesse spécifique peut effectivement augmenter dans les zones urbaines lorsque les conditions de développement urbain sont de niveau faible à modéré. Il faut aussi souligner que l'urbanisation améliore l'hétérogénéité du paysage au fil du temps (Nowak and Dwyer, 2007; Yan and Yang, 2017), ce qui semble entraîner une très grande diversité d'espèces dans un paysage (Marzluff et al., 2008) et une plus grande richesse spécifique que le milieu rural environnant (Wania et al., 2006). A cela s'ajoute l'augmentation du nombre d'espèces dans les zones péri-urbaines comme l'avait rapporté (Kowarik, 2011) issus de l'hétérogénéité élevée de l'habitat, des facteurs socio-économiques tels que l'introduction d'espèces et des régimes de perturbation modifiés. En outre, l'urbanisation améliore la structure de la végétation (Berland, 2012; Nowak et al., 2016a). L'urbanisation peut également améliorer l'état de la végétation et conserver la biodiversité dans les zones marginales en intégrant les arbres et arbustes dans la construction de la ville (Bigirimana et al., 2012).

Malgré l'importance des essences en milieu urbain, il existe peu d'informations sur la foresterie urbaine au Sahel dans la littérature internationale. Cela entrave les efforts visant à généraliser les caractéristiques des forêts urbaines dans différentes zones climatiques ainsi que dans des régions aux cultures et au développement socio-économique contrastés comme le Sahel. Peu de recherches ont été menées sur la composition et de la structure des forêts urbaines dans les centres urbains au Sahel, en particulier dans les pays à forte croissance démographique et à forte pauvreté comme le Niger. Cependant, les forêts urbaines des villes du Niger rapidement urbanisées, en particulier celles des villes de Niamey et de Maradi, ont fait l'objet de peu d'études. Leur diversité floristique ligneuse et leur structure ne

sont pas bien connues. Le but de cette étude est de déterminer la composition floristique ligneuse et la structure des forêts urbaines à Niamey et à Maradi selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres urbaines.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans les villes de Niamey et Maradi au Niger. Les deux villes sont situées dans la zone sahélienne, où les précipitations annuelles moyennes varient entre 150 mm et 350 mm (Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable, 2016). Niamey est la capitale politique du Niger, elle est située à la latitude 13 ° 20'-13 ° 35 'N et à la longitude 2 ° 00'-2 ° 15'E dans l'ouest du Niger (Figure 1). Niamey est la plus grande ville du Niger et s'étend sur 552,27 km² dont environ 297,46 km² de zones urbanisées (Institut National de la Statistique (INS), 2017). Niamey compte 1 026 848 habitants (INS, 2016). Cependant, Maradi est située à la latitude 13 ° 29'-13 ° 49'N et à la longitude 7 ° 5 '-7 ° 09'E dans le centre-sud du Niger (Figure 1). Maradi est la capitale économique du Niger. elle compte 326 804 habitants et couvre 86 km² (INS, 2016).

L'agriculture et le commerce sont les principales activités des habitants de deux villes. Les systèmes de production agricole comprennent l'agriculture pluviale, l'agriculture irriguée, l'agriculture et l'élevage urbains et péri-urbains. Outre l'utilisation des terres, les activités anthropiques ayant un impact sur la végétation à Niamey et à Maradi sont la surexploitation, l'introduction ou l'enlèvement des espèces. Les sécheresses et le défrichement sont les principales causes de la réduction du couvert végétal au Niger (Saadou, 1990).

La végétation de la ville de Niamey appartient au compartiment Sud Sahélien Occidental (B₁). La végétation naturelle pour la ville de Niamey comprend un fourré à *Combretum* sur les plateaux latéritiques et de steppes qu'on trouve sur les terrasses sableuses, dans les vallées sèches et sur les dunes fixées (Saadou, 1990). Le type de végétation de la ville de Maradi appartient lui au compartiment Sud Sahélien central (B₂) (Saadou, 1990). Le type de végétation comprend des savanes sur les terrasses sableuses méridionales, des steppes sur les dunes et dans les vallées sèches et un fourré à *Combretum* sur les plateaux latéritiques (Saadou, 1990).

Le type de végétation de deux villes est composé des parcs agroforestiers tels que les champs, le cordon ligneux des cours d'eaux qui traversent les deux villes, de plantations d'arbres urbains et péri-urbains telles que la Ceinture Verte de Niamey créée en 1965, les plantations d'alignement, le bosquet de Nations Unies de Niamey (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010), le bois de Sékou Touré de Maradi créé en 1982 (Communication personnelle, Soumaila Dan Barria, 2018) etc. Il y a aussi des forêts galeries qu'on trouve tout au long des cours d'eaux qui traversent les deux villes. Les forêts urbaines dans les villes comprennent aussi les plantations des ligneux dans les maisons, dans les marchés, à la devanture des maisons, les arbres d'avenues etc. Il y a aussi la formation naturelle résiduelle conservée dans les espaces publics et privés. Le matériel d'étude est la forêt urbaine de deux villes qui est défini comme un ensemble des espèces ligneuses trouvées dans les centres urbains et péri-urbains (FAO, 2016).

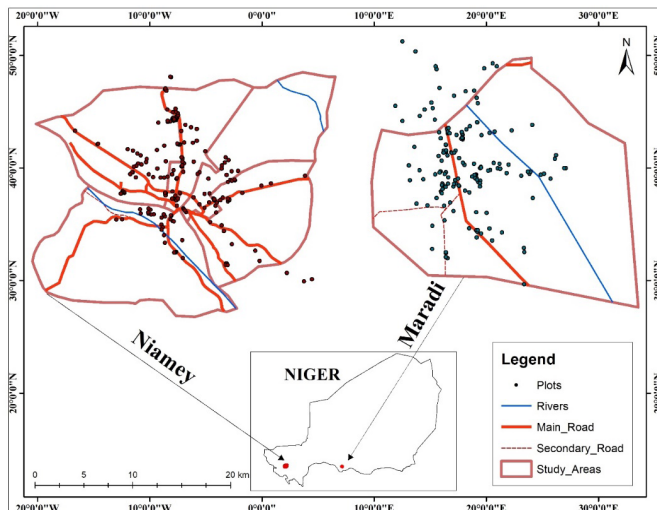


Figure 1. Carte de la zone d'étude et le point de relevés.

2.2 Foresterie Urbaine au Niger

La dégradation des forêts et la déforestation sont de grands problèmes environnementaux au Niger. Les ressources forestières sont sous pressions climatiques et socio-économiques (Saadou, 1990) au Niger. Par exemple, le Niger a l'un des taux de croissance démographique les plus élevés au monde (3,9% par an (INS, 2016)) et 19,0% de la population vit dans les zones urbaines (Worldometers, 2018). En outre, le taux de pauvreté y est de 44,5% (World Bank, 2018) et 90% des zones urbaines du Niger utilise le bois de chauffe comme source d'énergie (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010). Ces facteurs ont conduit à la dégradation des forêts et à la déforestation, principalement des formations végétales à proximité des villes, exposant les villes aux problèmes de dégradation des terres tels que l'érosion éolienne, la désertification et la perte de la biodiversité etc. Cela a conduit les autorités nationales du Niger à promouvoir des projets de boisement urbain visant à augmenter la couverture végétale dans les villes nigériennes et à lutter contre la désertification. Par exemple, les autorités nigériennes ont créé la Ceinture Verte de Niamey en 1965 couvrant une superficie de 2500 hectares et une composition floristique variée mais dont le neem ou *Azadirachta indica* est l'essence plus importante afin de protéger la ville de Niamey contre la désertification (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010). La ceinture de verte de Niamey est menacée par les lotissements, la déforestation, les activités agricoles, les occupations anarchiques, le déversement des déchets de plusieurs ordres, l'insécurité, l'incendie etc. d'après le (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010) dont sa superficie couvre 2336 hectares aujourd'hui. En plus de cela, en 1975, le 3 Août qui est le jour de la célébration de l'indépendance du Niger, a été institué comme la Fête Nationale de l'Arbre (FNA). Au cours de cette journée des essences sont plantées partout à travers le pays pour combattre la désertification, ce qui a conduit à la création de certains espaces verts aux plantations d'espèces exotiques et locales dans les villes du Niger comme le bosquet des Nations Unies à Niamey et l'arboretum Sékou Touré à Maradi (Communication personnelle, Soumaila Dan Barria, 2018). Il faut également rappeler l'Opération Sahel Vert qui a eu lieu en 1980 comme au cours de laquelle la plantation de *Prosopis Juliflora* a été promue dans les villes et villages du Niger. Il y a eu aussi en 1984 un débat national intitulé « L'engagement de Maradi » pour lutter contre la désertification, qui encourageait les projets des plantations d'arbres dans les villages et les villes (Ministère de l'Environnement du Niger, 2010) pour stopper la désertification au Niger.

2.2 Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage aléatoire stratifié a été utilisé pour l'inventaire forestier comme dans les travaux des afin de diminuer l'effet de la variabilité de la variable à estimer et de réduire l'erreur d'échantillonnage. Basée sur la définition de la (FAO, 2016) de la forêt urbaine, la zone d'étude a été stratifiée en six types d'utilisation et d'occupation des terres qui correspondent aux forêts urbaines à Niamey et Maradi :

- (1) zones commerciales comprenant les marchés, les magasins, les boutiques, les restaurants et les ateliers de réparation de véhicules ;
- (2) routes couvrant les rues principales et les boulevards ;
- (3) zones résidentielles couvrant les maisons, les mosquées et les églises ;
- (4) écoles couvrant des institutions privées et publiques de formation et d'apprentissage telles que les écoles primaires, les écoles secondaires, les universités, les écoles et centres de formation professionnelle ;
- (5) zones administratives telles que les services publics et privés ;
- (6) zones boisées composées de parcelles agricoles urbaines, des espaces verts urbains, de systèmes agroforestiers et de zones humides, de terres agricoles irriguées et de jardins botaniques. Cette étude a évalué les plantes ligneuses et semi-ligneuses trouvées dans ou à la périphérie des villes de Niamey et Maradi.

2.3 Le Taux de Sondage

Pour déterminer le nombre d'unités d'inventaire (n), un inventaire exploratoire a été effectué dans les deux villes où 12 placettes (soit une placette par strate dans chaque ville) d'échantillons aléatoires stratifiés ont été inventoriées. La moyenne et l'écart type de la surface terrière ont été calculés et le nombre d'unités d'échantillonnage a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$n = \frac{CV^2 t^2}{E^2} \quad (\text{Dagnelie, 1998}) \text{ in } (\text{Thiombiano et al., 2016}).$$

CV = est le coefficient de variation de la surface terrière des ligneux inventoriés dans les 12 placettes pendant l'inventaire pilote. Le CV était de 71,8% pour Niamey et 62,6% pour Maradi

T = est la valeur de la statistique t de la distribution de Student pour un risque alpha de 0,05. T est approximativement égale à 2.

E = marge d'erreur d'estimation de la surface terrière estimée pour les deux villes. E était de 10% pour les deux villes. Le nombre total des placettes à inventorier est de 206 parcelles à Niamey et 157 à Maradi. La taille de la placette d'inventaire est 0,25 hectare comme recommandée pour les systèmes agroforestiers en Afrique de l'Ouest Sahel par (Thiombiano et al., 2016) mais qui a varié selon les obstacles du terrain. La superficielle totale inventoriée est de 28,8 hectares à Niamey (4,8 hectares pour chaque type d'occupation et d'utilisation des terres) et de 19,8 hectares (3,3 hectares pour chaque type d'occupation et d'utilisation des terres) à Maradi.

2.4 Inventaire des Forêts Urbaines

Le mètre ruban de 50 m et les piquets ont été utilisés pour l'installation de placettes. Le Global Positioning System (GPS) a été utilisé pour délimiter certaines placettes comme sur les rues. Le diamètre minimum d'intérêt pour cette étude était supérieur ou égal à 2,5 cm comme recommandé pour les zones

sèches (Pearson et al., 2007). Le diamètre a été mesuré à 1,3 m pour les arbres (Le ligneux dont la hauteur est supérieure à 7 m est considéré comme arbre) et à 0,2 m pour les arbustes (Le ligneux dont la hauteur est inférieure ou égale à 7 m est considéré comme arbuste) à l'aide d'un dendromètre. La hauteur totale des ligneux a été mesurée à l'aide des jalons gradués. Les plantes ligneuses ou semi-ligneuses avec des fourches avant 1,3 m étaient considérées comme multicaules ; leurs tiges individuelles ont été mesurées séparément. Les plantes ligneuses avec des fourches au-dessus de 1,30 m étaient considérées comme une seule tige. Le nom de l'espèce de toutes les plantes mesurées a été enregistré. Des spécimens et des photographies ont été collectés pour des plantes dont l'identité n'a pu être établie sur le terrain pour identification ultérieure au Laboratoire de Biologie Garba Mounkaila de l'Université de Niamey et au département de biologie de l'université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi. La classification des angiospermes dite APG IV (2016) (pour Angiosperm Phylogeny Group IV) a été utilisée. Pour le légumineuses la nouvelle classification dite LPWG (2017) (The Legume Phylogeny Working Group (LPWG), 2017) a été utilisée.

2.4 Analyse des Données

La diversité de Shannon-Wiener (H'), la richesse spécifique (S), l'équitabilité de Pielou, le pourcentage des espèces exotiques et indigènes, le nombre de familles et de genres ont été calculés pour décrire la diversité floristique ligneuse des deux forêts urbaines en fonction du type d'utilisation et d'occupation des terres. La richesse spécifique (S) a été calculée comme le nombre total d'espèces dans une strate donnée. L'indice de diversité Shannon-Wiener a été calculé comme la proportion de l'espèce par rapport au nombre total d'espèces en utilisant la formule : $H' = -\sum [(ni / N) * \ln (ni / N)]$, où ni est le nombre des individus des espèces i , N est le nombre total d'individus par unité d'utilisation des terres et \ln est le logarithme naturel.

L'équitabilité de Pielou (J') a été utilisée comme mesure de l'abondance relative des espèces calculée comme l'indice L'équitabilité en utilisant la formule : $J = H' / \ln(S)$, où H' est l'indice de diversité Shannon et S est le nombre d'espèce. L'indice de Sorensen a été calculé pour comparer la similarité entre Niamey et Maradi en utilisant la formule décrite dans (Thiombiano et al., 2016) : $K = 2C / (2C + A + B)$, où A est le nombre d'espèces dans une zone (par exemple Niamey), B est le nombre d'espèces dans une autre zone (par exemple Maradi) et C est le nombre d'espèces communes aux sites d'étude.

Pour caractériser la structure des deux forêts urbaines, la surface terrière, la densité, le nombre des formes biologiques (arbre ou arbuste) et nombre des arbres ou arbustes selon la naturalité (exotiques ou indigènes) ont été calculés par strate.

Pour les multicaules, le diamètre quadratique moyen (d) a été calculé en utilisant la formule recommandée par (Thiombiano et al., 2016) comme suit :

$$\text{Diamètre quadratique moyen (d)} = \sqrt{\sum_{i=1}^w ds_i^2}$$

Où ds représente les diamètres de différentes ramifications du tronc

La surface terrière a été calculée comme suit : $G (\text{m}^2/\text{ha}) = D^2 * (\pi / 4)$, où π est $\text{Pi} = 3,14$, et D est le diamètre de 1,3 m des arbres

et 0,2 m pour les arbustes. La densité de ligneux a été calculée comme le nombre total d'individus de toutes les espèces dont le diamètre était supérieur à 2,5 cm de la superficie par unité de surface (hectares).

Le test de Ryan-Joiner a été utilisé pour vérifier la normalité des données quantitatives. Le test de Levene a été utilisé pour évaluer l'égalité de la variance. L'intervalle de confiance alpha était de 0,05. Le test de Mann-Whitney (W), test de Kruskal-Wallis (H) et le test de X^2 (Chi carré) et le t test pour comparer la moyenne des indices de diversité et paramètres structuraux dans les deux villes selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres.

3. Résultats

3.1 Composition Spécifique, Diversité et Similarité

Le tableau 1 montre la distribution des indices de diversité (Shannon-Wiener, Équitabilité de Pielou et richesse spécifique) des forêts urbaines en fonction des types d'occupation et d'utilisation des terres dans la ville de Niamey et Maradi. La ville de Niamey comprend 112 espèces ligneuses appartenant à 88 genres et 37 familles (Voir liste floristique annexe). L'indice de diversité Shannon moyen et son écart-type pour Niamey est de $2,48 \pm 0,56$ à Niamey. L'équitabilité de Pielou et son écart-type est de $0,68 \pm 0,1$ à Niamey. Les forêts urbaines résidentielles ont les indices de diversité les plus élevés (Shannon et richesse en espèces) (Tableau 1). Un exemple particulier est une résidence avec 10 essences le plus grand nombre trouvées dans le type d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey. L'indice de diversité Shannon le plus élevé est dans les zones résidentielles ($H' = 3,27$) et dans les zones administratives, et le plus bas est dans les écoles et les zones commerciales (Tableau 1). Aussi, ces zones boisées ont la plus grande richesse en espèces suivie de zones administratives. Il y a une différence statistiquement significative dans l'indice de diversité de Shannon entre les types d'utilisation et d'occupation des terres ($H = 25,28$; $DF = 5$; $P = 0,000$) à Niamey. L'indice de l'équitabilité de Pielou a varié significativement ($T = 4,63$; $DF = 5$; $P = 0,006$) dans la ville de Niamey. Ajouté à cela, la richesse spécifique n'a pas varié selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres ($H = 5,00$; $DF = 5$; $P = 0,416$). *Fabaceae* a le plus grand nombre d'espèces (28 espèces), tandis que les *Combretaceae* et les *Verbenaceae* ont été trouvés à Niamey, mais avec moins de 10 espèces (voir liste floristique annexe).

Maradi a un total de 111 espèces ligneuses appartenant à 83 genres et 34 familles y ont été inventoriées (Voir liste floristique annexe). L'indice de diversité Shannon moyen et son écart-type pour Maradi est de $2,30 \pm 0,87$. L'équitabilité de Pielou et son écart-type est de $0,49 \pm 0,2$. Les forêts urbaines résidentielles ont les indices de diversité les plus élevés (Shannon et richesse spécifique) (Tableau 1). Une tendance similaire a été observée à Maradi (Tableau 1). Les zones résidentielles et administratives ont le plus grand nombre d'espèces, tandis que les zones boisées et les routes, ainsi que les zones commerciales et les écoles, comptent respectivement un nombre comparable d'espèces (Table 1). L'indice de diversité de Shannon a varié de manière significative entre les types d'utilisation et d'occupation des terres à Maradi ($H = 30,15$ $DF = 5$ $P = 0,000$). *Fabaceae* a le plus grand nombre d'espèces (27 espèces), tandis que les *Combretaceae* et *Euphorbiaceae* ont été trouvés à Maradi, mais avec moins de 10 espèces (voir liste floristique annexe). L'indice de l'équitabilité de Pielou n'a pas varié de façon significative le long du gradient d'utilisation et d'occupation des terres à Maradi ($H = 5,00$; $DF = 5$; $P = 0,42$). Ajouté à cela, la richesse spécifique qui n'a pas varié

significativement selon le gradient d'utilisation et d'occupation des terres ($H = 4,86$, $DF = 5$, $P = 0,43$). Ainsi, l'indice de similarité entre les deux villes est de 0,76.

3.2 Structure des Peuplements

3.2.1 Classification selon les Formes Biologiques et la Naturalité

Le tableau 2 montre le nombre de formes biologiques (arbres ou arbustes) et la naturalité (exotiques ou indigènes) des espèces ligneuses inventoriées dans les villes de Niamey et Maradi. À Niamey, 2205 individus ont été répertoriés contre 2772 individus à Maradi. Les arbres constituent la forme biologique plus numériquement importante dans les deux villes avec respectivement 60% à Niamey et 55% à Maradi. La majorité des essences inventoriées à Niamey sont exotiques, représentant 54,5% de toutes les espèces rencontrées, 45,45% sont indigènes. La naturalité des espèces (indigènes et exotiques) est significativement associée aux types d'utilisation et d'occupation des terres (Chi-Square de Pearson = 12,613 ; $DF = 5$; $P = 0,027$) à Niamey. De plus, les espèces à Maradi sont dans leur majorité exotiques (51,4%) tandis que 48,6% sont indigènes. Puis, la naturalité des espèces (indigènes et exotiques) à Maradi a varié significativement selon les types d'utilisation et d'occupation des terres dans la ville (Pearson Chi-Square = 15,086, $P = 0,010$).

La répartition des formes biologiques (arbres et arbustes) dans la ville de Niamey est influencée par les types d'utilisation et d'occupation des terres (Chi-Square de Pearson = 127,608, $DF = 5$, $P = 0,000$). De plus, la répartition des arbres et arbustes indigènes et exotiques est associée aux types d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey (Chi-Square de Pearson = 58,720, $DF = 5$, $P = 0,000$, Chi-Square de Pearson = 31,681, $DF = 5$, $P = 0,000$).

En outre, la distribution des formes biologiques est associée aux types d'utilisation des terres et d'occupation des terres dans la ville de Maradi (Chi-Square de Pearson = 148,834, $DF = 5$, $P = 0,000$). La répartition des formes biologiques et de la naturalité des espèces (indigènes et exotiques arbres ou arbustes) Maradi (Chi-carré de Pearson = 100,502, $DF = 5$, $P = 0,000$, Chi-Carré de Pearson = 305,164, $DF = 5$, $P = 0,000$).

3.2.2. Densité et Surface Terrière

En outre, le tableau 3 donne la distribution de la densité et la surface terrière des ligneux urbains dont le diamètre est supérieur ou égal à 2,5 cm des forêts urbaines de la ville de Niamey et Maradi en fonction des types d'utilisation et d'occupation des terres.

La densité des ligneux a varié significativement ($W = 53$, $P = 0,03$) avec les types d'utilisation et d'occupation des terres dans les deux villes. Mais la différence n'est pas significative pour la surface terrière ($T = 1,41$, $P = 0,202$, $DF = 7$) pour dans les deux villes.

La valeur de la densité des ligneux est élevée, mais similaire (103 individus/ha) dans les zones résidentielles et les routes à Niamey, mais elle est faible (51 individus/ha) dans les zones commerciales. À l'exception des zones boisées, tous les types d'utilisation et d'occupation des terres présentent une densité des ligneux supérieure à la densité moyenne globale aux types d'utilisation et d'occupation des terres correspondantes à Niamey. La surface terrière est plus élevée dans les écoles (10,7 m²/ha) et les routes (15,2 m²/ha) que dans les autres types d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey, la surface terrière la plus

basse se trouve dans les zones boisées et les zones commerciales (Tableau 3). À Maradi, la surface terrière est plus élevée dans les zones commerciales et les routes, et la plus faible est dans les écoles (Tableau 3).

En termes de densité, les espèces ayant le plus grand nombre d'individus à Niamey sont *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca* et *Terminalia mantaly*, représentant 54,74% (respectivement 39,6%, 10,16% et 4,98%) du nombre total d'arbres et d'arbustes trouvés dans cette zone. *Azadirachta indica* est principalement trouvée dans l'école, sur les routes, les zones boisées ; *Balanites aegyptiaca* a été trouvée dans les zones boisées, sur les routes et les dans zones administratives, tandis que *Terminalia mantaly* a été trouvée dans les zones résidentielles, sur les routes, les écoles. Les espèces rares (c'est-à-dire celles ayant moins de 5 individus par espèce) à Niamey sont *Dialium guineense*, *Vitellaria paradoxa* et *Anogeissus leiocarpus*. Il faut noter que la majorité des espèces rares à Niamey est originaire d'Afrique.

À Maradi, les espèces les plus abondantes que sont *Azadirachta indica*, *Terminalia mantaly* et *Balanites aegyptiaca*, représentent 57,58% (respectivement 50,83%, 3,86% et 2,89%) du nombre total d'arbres trouvés dans la zone. *Azadirachta indica* se trouve principalement dans les zones et espaces scolaires, sur les routes et dans les zones administratives; *Terminalia mantaly* a été trouvée dans les zones commerciales, les zones administratives et les zones résidentielles, tandis que *Balanites aegyptiaca* a été trouvée dans les zones administratives, les zones boisées et dans les écoles. Les espèces rares documentées à Maradi sont *Boscia salicifolia*, *V. paradoxa* et *Boswellia papyrifera*.

Les essences les plus dominantes (basées sur la densité) à Niamey sont *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca* et *Terminalia mantaly* avec des densités moyennes de peuplement de $30,36 \pm 9,38$, $12,77 \pm 4,02$ et $8,95 \pm 4,7$ individus/ha, respectivement. *Azadirachta indica* est l'espèce la plus dominante parmi les six types d'utilisation et d'occupation des terres à Niamey ; *B. aegyptiaca* n'est dominant que dans les zones administratives et boisées tandis que *T. mantaly* domine dans les zones résidentielles, commerciales et sur les routes. *M. indica* est l'arbre fruitier le plus dominant ($6,94 \pm 4,20$ individus / ha), trouvé principalement dans les zones résidentielles et administratives. *A. indica* est l'espèce la plus dominante à Maradi avec une densité moyenne de peuplement de $86,70 \pm 40,94$ tiges/ha ; c'est aussi l'espèce la plus dominante à travers les six types d'utilisation et d'occupation des terres.

Quinze pour cent des arbres et arbustes documentés à Niamey et 30% de ceux trouvés à Maradi sont des plantes alimentaires. Les espèces telles qu'*Annona squamosa*, *Anacardium occidentale*, *D. guineense*, *Diospyros mespiliformis*, *Averrhoa carambola*, *Vitex* spp., *Punica granatum*, *M. indica*, *V. paradoxa*, *Sclerocarya birrea*, *Citrus* spp., Et *Ziziphos* spp. fournissent des fruits et des noix, tandis que les feuilles de *Moringa* sont utilisées à des fins alimentaires et médicinales. Les espèces ornementales documentées dans l'étude sont *Bougainvillea spectabilis*, *Nerium oleander* et *Thevetia nerifolia*.

4. Discussion

4.1 Composition Spécifique, Diversité et Similarité

Les indices de diversité (Shannon-Wiener, Equitabilité de Piélou et richesse spécifique) montrent que les forêts urbaines de Niamey et de Maradi ont une grande diversité d'espèces ligneuses (Tableau 1). L'indice moyen de Shannon pour les deux

villes (2,48 et 2,3) est supérieur à 2, ce qui indique que le milieu est d'une grande diversité (Magurran, 2004). Cette diversité est importante pour les deux villes, car la diversité des essences en milieu urbain augmente la résilience des villes et est importante pour l'approvisionnement en services écosystémiques comme rapporté par (Kendal et al., 2014). De plus une forêt urbaine avec une grande diversité d'espèces peut fournir de multiples services écosystémiques de manière durable (Escobedo et al., 2015). Cette diversité peut être due aux multiples usages de ces espèces par la communauté urbaine tels que la régulation de température et le soutien à la biodiversité (Sjöman et al., 2016) et la médecine traditionnelle (Furukawa et al., 2016) rendus par les ligneux urbains dans les villes de Niamey et Maradi. Puis, cette diversité pourrait aussi être due à la diversité de la population dans les deux villes comme l'avait souligné (Kühn et al., 2004) qui indique que la diversité des espèces en ville est corrélée à l'hétérogénéité du paysage urbain. Ceci indique également le rôle des villes du Sahel dans la conservation de la biodiversité ligneuse, comme les autres villes du monde. (Nero et al., 2017; Nowak et al., 2016b; Yan and Yang, 2017) ont souligné que les villes sont des habitats importants pour la conservation de la biodiversité. Un autre résultat important est que les forêts urbaines résidentielles ont le plus grand nombre d'espèces dans les deux villes. Cela suggère que les résidents gèrent une diversité d'essences comme leurs propriétés et n'aiment pas une flore monospécifique (Grimm et al., 2008). En outre, la dominance des forêts urbaines résidentielles peut être due à l'utilisation de ces zones pour planter des essences à des fins ornementales, alimentaires (fruits et noix), médicales, d'ombrage, de fourrage, de réduction de température, de protection contre le vent et de lutte contre l'érosion hydrique. Cette tendance a également été observée dans les villes américaines (Gillespie et al., 2017). Le plus grand nombre d'espèces ligneuses observé dans les résidences peut s'expliquer aussi par le fait que les individus privés contrôlent les plantations urbaines par rapport au contrôle institutionnel dans les autres types d'utilisation et d'occupation des terres. En plus de cela, il y a une proportion significative d'espèces exotiques dans les forêts urbaines dans les deux villes. Cela pourrait être dû au fait que les espèces exotiques ligneuses fournissent de précieux services socio-économiques et environnementaux aux citoyens, comme le soulignent (Davies et al., 2011; Riley et al., 2018). La prédominance des espèces exotiques dans les deux villes du Sahel indique que de nombreuses espèces ligneuses exotiques sont bien adaptées aux conditions climatiques sévères de cette zone, ce qui est important dans le contexte du changement climatique tel que rapporté par (Chalker-scott, 2015). En outre, la prédominance d'essences exotiques des deux villes a contribué à accroître la diversité (Chalker-scott, 2015), essentielle à la provision de services écosystémiques (Escobedo et al., 2015; Kendal et al., 2014). Même si l'irrigation peut être l'une des causes de cette diversité (Hope et al., 2003) ou de l'hétérogénéité du paysage (Kowarik, 2011), il existe une différence significative dans l'indice de diversité Shannon dans chaque ville et entre les villes. Malgré le rôle de la flore exotique dans l'amélioration de la biodiversité et les valeurs de la forêt urbaine. La prédominance des essences ligneuses exotiques constitue une menace pour la conservation de la biodiversité mondiale, comme le soulignent (Aronson et al., 2014), ce qui conduit à une homogénéisation biotique du milieu (Mckinney, 2006). Pour cette raison, la prédominance des espèces ligneuses exotiques devrait être une grande préoccupation pour la gestion des forêts urbaines dans les villes de Niamey et Maradi afin d'éviter une prochaine invasion des exotiques espèces au détriment des espèces locales et la perte

de la biodiversité locale comme l'atteste leur faible nombre dans cette étude. En plus de cela, le faible nombre des essences locale pourrait affecter l'éducation environnementale des enfants dans les deux villes.

La famille de *Fabaceae* compte le plus grand nombre d'espèces dans les deux villes. Cela indique que *Fabaceae* est adaptée aux conditions environnementales difficiles (Sreetheran et al., 2011) et joue un rôle important pour la fixation de l'azote atmosphérique (Chaer et al., 2011). Ceci peut être un avantage pour la croissance des espèces non légumineuses.

La dominance de *Fabaceae* peut être due aux divers services rendus par les essences de cette famille. Par exemple, sur notre liste d'espèces de *Fabaceae*, il y a quelques essences à usage multiples telles que *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica*, *Acacia senegal*, *Dialium guineense*, *Parkia biglobosa*, etc. Cette dominance peut être due à l'importance socio-économique de ces espèces en termes de production alimentaire, médicaments, fourrage, etc. De plus, il s'agit de l'introduction d'espèces de *Fabaceae* exotiques utilisées dans le verdissement urbain à Niamey et à Maradi, telles que *Senna siamea*, *Prosopis juliflora*, *Dalbergia sissoo*, *Delonix regia*, etc. La diversité des espèces légumineuses dans les deux villes est un indicateur de la diversité botanique comme rapporté par (Raes et al., 2013) qui indique que la diversité des légumineuses était un indicateur de la diversité botanique d'un milieu. La prédominance de *Fabaceae* a été rapporté dans les autres types de végétation au Niger tels que le parc agroforestiers (Moussa, 2013).

La prédominance de neem dans les deux villes peut être due à son adaptabilité aux conditions climatiques dures (Raj et al., 2013) comme le Sahel et son usage multiple dans les villes du Niger comme à Niamey où l'espèce est plantée pour le bois de feu, de service et pour l'ombrage (Moussa et al., 2018). La dominance de neem est dans deux villes présente une opportunité pour la protection de l'environnement. Par exemple, le neem est un bon absorbeur de polluants atmosphériques (Dhadse et al., 2011) et un bon accumulateur et absorbeur de dioxyde de carbone dans un milieu anthropisé (Bohre et al., 2016) comme les villes. Le neem est bon pour l'interception des précipitations (Gaur and Kumar, 2018) et fonctionne comme un bon brise vent et une bonne ceinture de protection dans les régions arides et semi-arides telles que le Sahel (Raj et al., 2013).

Ainsi, l'indice de similarité entre les deux villes indique une grande similarité floristique entre les villes ce qui contredit les résultats de (Saadou, 1990) que les villes appartenaient à des compartiments différents. Ceci peut être dû à la modification de la végétation ligneuse de deux zones par les activités humaines telles que la déboisement, l'expansion spatiale de deux villes et peut être aux facteurs pressions climatique telles que le rétrécissement de l'isohyète.

1.2 Structure des Peuplements

Les arbres sont plus abondants que les arbustes dans les forêts urbaines de Niamey et de Maradi. Ce schéma indique que la structure verticale des forêts urbaines de Niamey et de Maradi est arborée, ce qui peut être expliqué par l'utilisation des arbres pour l'ombrage. Le neem est l'espèce ligneuse la plus abondante dans les villes en terme de densité. Cela semble être dû aux divers services rendus par cet arbre à l'être humain et à l'environnement ; ainsi qu'à son adaptabilité aux conditions climatiques difficiles et aux zones de pression anthropique comme indiqué par (Raj et al., 2013). Ceci corrobore le but de l'introduction du neem au Niger qui est de combattre la désertification. Il y a aussi l'existence de

quelques espèces indigènes rares avec la densité très basse dans les deux villes. Ces résultats ont montré le rôle des villes dans la conservation in situ qui a été rapporté par (Yan and Yang, 2017). La surface terrière et la densité dans les deux villes ont varié à travers le gradient d'utilisation et d'occupation des terres. Les valeurs élevées de la surface terrière constituent une indication de la productivité des deux forêts urbaines. Des valeurs plus élevées de la densité des plantes ligneuses dans les deux villes indiquent la prédominance des plantes ligneuses dans deux sites urbains. Les variations écologiques entre les deux villes en termes de paramètres structuraux sont importantes pour l'intégrité des écosystèmes forestiers (Carreiro and Zipperer, 2008). En plus de cela, cette variation est importante pour la stratégie de gestion des forêts urbaines telle que rapportée par (Oyebade et al., 2012). Les différences dans la surface terrière et la densité des ligneux entre les zones étudiées peuvent être dues à des différences dans la composition floristique et les activités humaines telles que l'irrigation, l'élagage, mais aussi à l'âge de plantation. Les paramètres structuraux constituent des attributs vitaux essentiels pour comprendre l'écologie de forêts (Naidu and Kumar, 2016). La densité et la surface terrière déterminées dans cette étude ont montré des valeurs plus élevées que les valeurs rapportées pour les parcs agroforestiers au Niger (Moussa et al., 2016). Cela indique la forte densité d'arbres atteinte par les programmes de boisement urbain au Niger. Mais les résultats de test de signification parmi les moyens de la caractéristique structurelle ont indiqué des différences significatives à l'intérieur et entre les zones d'étude, soutenant ainsi la similitude dans le traitement sylvicole et la performance des espèces au climat urbain.

5. Conclusion

Nous avons évalué la composition de la biodiversité ligneuse et la structure des forêts urbaines à Niamey et Maradi, deux villes sahéliennes au Niger. Nous avons identifié 112 espèces appartenant à 88 genres avec 37 familles à Niamey. Cependant, nous avons inventorié 111 espèces ligneuses appartenant à 37 genres, avec 34 familles dans la ville de Maradi. Le type de forêt urbaine résidentielle a le nombre le plus grand nombre d'espèces dans les deux villes. La *Fabaceae* est la famille la plus dominante dans les deux villes. Les essences exotiques dominent la flore urbaine des deux sites. La structure verticale de la forêt urbaine est arborée. Le neem est l'essence la plus abondante dans les deux villes. La parité de la richesse spécifique entre les deux villes à travers le gradient d'utilisation et d'occupation des terres réitère la nécessité de prioriser et de conserver globalement les écosystèmes urbains. En particulier, les efforts de conservation devraient cibler les espèces ligneuses indigènes, dont le nombre est inférieure à celui des espèces exotiques dans les deux villes. À cet égard, les plantes ligneuses indigènes peuvent être entretenues lors de la construction des infrastructures dans les deux villes. Il y a aussi la nécessité de promouvoir les forêts urbaines alimentaires dans les deux villes. Les résultats de cette recherche constituent une situation de référence pour une meilleure compréhension de la structure de la forêt urbaine pour les deux villes pour une gestion durable de ces forêts et l'aménagement du territoire urbain. L'étude recommande de poursuivre les recherches qui détermineront les facteurs de la diversité et de la structure des essences urbaines dans les villes de Niamey et de Maradi.

6. Remerciements

Mes sincères remerciements vont au Ministère Fédéral de l'Education et de la Recherche Allemand (BMBF) et au Centre Ouest Africain de Recherche et de Services Scientifiques sur le Changement Climatique et l'Utilisation Adaptée des Terres (WASCAL) pour la bourse d'étude qui m'a été accordée et leur soutien financier. Mes remerciements vont également à l'antenne de l'INRAN de Maradi et Département de Recherche en Economie Rurale (DECOR) Niamey et à la Direction régionale de l'Environnement de Niamey et celle de de Maradi pour leur appui technique et matériel. Mes remerciements vont aussi à la population de la ville de Niamey et celle de Maradi pour leur compréhension.

Tableau 1. Indices de diversité de deux forêts urbaines.

Villes	Types d'occupation et Utilisation de terres	Indice de Shannon	Équitabilité de Piélou	Richesse spécifique
Niamey	Zones résidentielles	3,27	0,78	68
Maradi		3,06	0,71	73
Niamey	Zones boisées	2,57	0,65	53
Maradi		2,9	0,73	53
Niamey	Ecoles	1,92	0,54	36
Maradi		0,97	0,27	33
Niamey	Zones commerciales	1,82	0,69	14
Maradi		2,70	0,75	36
Niamey	Routes	2,41	0,7	32
Maradi		1,44	0,4	36
Niamey	Zones administratives	2,92	0,76	47
Maradi		2,79	0,68	57

Tableau 2. Formes Biologiques et Naturalité.

Villes	Types d'occupation et d'utilisation des terres	Formes biologiques		Naturalité	
		Arbres	Arbustes	Espèces exotiques	Espèces indigènes
Niamey	Zones résidentielles	152	119	38	30
Maradi		193	245	45	28
Niamey	Zones boisées	305	369	15	38
Maradi		211	314	15	38
Niamey	Ecoles	345	164	14	22
Maradi		429	217	16	17
Niamey	Zones commerciales	78	18	6	8
Maradi		115	95	21	15
Niamey	Routes	230	73	19	13
Maradi		248	89	17	19
Niamey	Zones administratives	223	129	23	24
Maradi		342	274	29	28

Tableau 3. Densité et Surface Terrière dans les deux villes.

Villes	Types d'occupation et d'utilisation de la terres	Densité ligneux	Structure des Surface terrière (ha) (m ² / ha)
Niamey	Zones résidentielles	103,43	8,21
Maradi		254,65	11,55
Niamey	Zones boisées	61,38	6,27
Maradi		78,98	4,43
Niamey	Ecoles	79,16	10,7
Maradi		126,63	9,71
Niamey	Zones commerciales	51,06	6,69
Maradi		292,47	19,17
Niamey	Routes	103,76	15,18
Maradi		198,38	19,19
Niamey	Zones administratives	88,66	8,44
Maradi		157,57	14,20
Niamey	Moyenne (± Ecart type)	81,3 ± 21,8	9,2 ± 3,3
Maradi		184,77 ± 79,97	13,0 ± 5,7

Tableau 4. Liste floristique des espèces ligneuses des villes de Niamey et Maradi.

No	Noms des espèces	Familles	Villes	Naturalité
1	<i>Acacia holosericea</i> A. Cunn. ex G. Don	Fabaceae	Commune	Exotique
2	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.	Fabaceae	Commune	Indigène
3	<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae	Commune	Indigène
4	<i>Adenium obesum</i> (Forssk.) Roem. & Schult	Apocynaceae	Commune	Exotique
5	<i>Albizia chevalieri</i> Harms	Fabaceae	Maradi	Indigène
6	<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.	Fabaceae	Commune	Exotique
7	<i>Alluaudia montagnacii</i> Rauh	Didiereaceae	Niamey	Exotique
8	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	Niamey	Exotique
9	<i>Ammona muricata</i> L.	Annonaceae	Maradi	Exotique
10	<i>Ammona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	Commune	Indigène
11	<i>Ammona squamosa</i> L.	Annonaceae	Commune	Exotique
12	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae	Commune	Indigène
13	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Oxalidaceae	Niamey	Exotique
14	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Meliaceae	Commune	Exotique
15	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Balanitaceae	Commune	Indigène
16	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. Ex J.C. Wendl.	Poaceae	Commune	Exotique
17	<i>Bauhinia monandra</i> Kurz	Fabaceae	Maradi	Exotique
18	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	Fabaceae	Commune	Indigène
19	<i>Blighia sapida</i> Koenig	Sapindaceae	Commune	Exotique
20	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	Bombacaceae	Maradi	Indigène
21	<i>Borassus aethiopicum</i> Mart.	Arecaceae	Commune	Indigène
22	<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	Capparaceae	Commune	Indigène
23	<i>Boscia salicifolia</i> Oliv.	Capparaceae	Maradi	Indigène
24	<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir.	Capparaceae	Niamey	Indigène
25	<i>Boswellia dalzielii</i> Hutch.	Bursaceae	Maradi	Indigène
26	<i>Boswellia papyrifera</i> (Del.) A. Rich.	Bursaceae	Maradi	Indigène
27	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	Nyctaginaceae	Commune	Exotique
28	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Fabaceae	Commune	Exotique
29	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	Fabaceae	Niamey	Exotique
30	<i>Calliandra brevipes</i> Benth.	Fabaceae	Maradi	Exotique
31	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. f.	Asclepiadaceae	Commune	Indigène
32	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	Commune	Exotique
33	<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Fabaceae	Niamey	Indigène
34	<i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.	Casuarinaceae	Commune	Exotique
35	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Bombacaceae	Commune	Indigène
36	<i>Citrus grandis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Maradi	Exotique
37	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	Rutaceae	Commune	Exotique
38	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	Commune	Exotique
39	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	Commune	Exotique
40	<i>Clerodendrum inerme</i> L.	Verbenaceae	Commune	Exotique
41	<i>Coccoloba uvifera</i> L.	Polygonaceae	Maradi	Exotique
42	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	Niamey	Exotique
43	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	Sterculiaceae	Commune	Exotique
44	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	Combretaceae	Commune	Indigène
45	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Combretaceae	Commune	Indigène
46	<i>Combretum indicum</i> L.	Combretaceae	Commune	Exotique
47	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. et Perr.	Combretaceae	Niamey	Indigène
48	<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	Bursaceae	Maradi	Indigène

49	<i>Cordia sebestena</i> L.	Boraginaceae	Niamey	Exotique
50	<i>Cratogeomys adansonii</i> DC	Capparaceae	Maradi	Indigène
51	<i>Dalbergia sissoo</i> Roxb.	Fabaceae	Commune	Exotique
52	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolf.) Hutch. & Dalz.	Fabaceae	Maradi	Indigène
53	<i>Delonix regia</i> (Boj.) Raf.	Fabaceae	Commune	Exotique
54	<i>Dialium guineense</i> Willd.	Fabaceae	Niamey	Exotique
55	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. Rich.	Ebenaceae	Commune	Indigène
56	<i>Duranta repens</i> Linn.	Verbenaceae	Commune	Exotique
57	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Myrtaceae	Commune	Exotique
58	<i>Euphorbia balsamifera</i> Ait.	Euphorbiaceae	Commune	Indigène
59	<i>Euphorbia kamerunica</i> Pax	Euphorbiaceae	Maradi	Exotique
60	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	Fabaceae	Commune	Indigène
61	<i>Ficus benamina</i> L.	Moraceae	Commune	Exotique
62	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	Moraceae	Commune	Exotique
63	<i>Ficus platyphylla</i> Del.	Moraceae	Commune	Indigène
64	<i>Ficus sycomorua</i> ssp. <i>gnaphalocarpa</i> (Miq.) C.C. Berg	Moraceae	Commune	Indigène
65	<i>Ficus thonningii</i> Blume	Moraceae	Commune	Indigène
66	<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Hutch.	Rubiaceae	Commune	Indigène
67	<i>Gliricidia septium</i> (Jacq.) Walp.	Fabaceae	Commune	Exotique
68	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae	Commune	Exotique
69	<i>Grewia barberi</i> Burret	Tiliaceae	Niamey	Indigène
70	<i>Grewia bicolor</i> Juss.	Tiliaceae	Niamey	Indigène
71	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	Combretaceae	Commune	Indigène
72	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Malvaceae	Niamey	Exotique
73	<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	Maradi	Exotique
74	<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Arecaceae	Commune	Indigène
75	<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	Commune	Exotique
76	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Euphorbiaceae	Maradi	Exotique
77	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss	Meliaceae	Commune	Indigène
78	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bigoniaceae	Commune	Indigène
79	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K. Krause	Anacardiaceae	Commune	Indigène
80	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	Niamey	Exotique
81	<i>Lawsonia inermis</i> L.	Lythraceae	Commune	Exotique
82	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	Commune	Exotique
83	<i>Maerua angolensis</i> DC.	Capparaceae	Commune	Indigène
84	<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	Capparaceae	Commune	Indigène
85	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Commune	Exotique
86	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Malvaceae	Commune	Exotique
87	<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Commune	Exotique
88	<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae	Niamey	Indigène
89	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) Kuntze	Rubiaceae	Maradi	Indigène
90	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringaceae	Commune	Exotique
91	<i>Moringa stenopetala</i> Baker f.	Moringaceae	Commune	Exotique
92	<i>Morus nigra</i> L.	Moraceae	Niamey	Exotique
93	<i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance	Chrysobalanaceae	Niamey	Indigène
94	<i>Nerium oleander</i> Linn.	Apocynaceae	Commune	Exotique
95	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seem.	Bigoniaceae	Commune	Exotique
96	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G. Don	Fabaceae	Commune	Indigène
97	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Fabaceae	Commune	Exotique
98	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	Commune	Indigène
99	<i>Phoenix reclinata</i> Jacq.	Arecaceae	Maradi	Indigène
100	<i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir.	Euphorbiaceae	Maradi	Indigène
101	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Fabaceae	Commune	Indigène
102	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	Commune	Exotique
103	<i>Platycladus orientalis</i> L.	Cupressaceae	Niamey	Exotique
104	<i>Plumeria rubra</i> L.	Apocynaceae	Commune	Exotique
105	<i>Polyalthia longifolia</i> Sonn	Annonaceae	Commune	Exotique
106	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Fabaceae	Maradi	Indigène
107	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae	Commune	Exotique
108	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Commune	Exotique
109	<i>Punica granatum</i> L.	Punicaceae	Commune	Exotique
110	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	Anacardiaceae	Commune	Indigène
111	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Fabaceae	Niamey	Exotique
112	<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby	Fabaceae	Commune	Exotique
113	<i>Senna singuana</i> (Del.) Lock	Fabaceae	Maradi	Indigène
114	<i>Sesbania pachycarpa</i> DC. Em. Guill. Et Perr.	Fabaceae	Maradi	Indigène
115	<i>Sesbania sesban</i> (L.) Merrill	Fabaceae	Niamey	Indigène
116	<i>Sterculia setigera</i> Del.	Sterculiaceae	Maradi	Indigène
117	<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bigoniaceae	Maradi	Indigène
118	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC.	Myrtaceae	Commune	Exotique
119	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae	Niamey	Exotique
120	<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	Commune	Indigène
121	<i>Tapinanthus dodoneifolius</i> (DC.) Danser	Loranthaceae	Niamey	Indigène
122	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bigoniaceae	Maradi	Exotique
123	<i>Tectonia grandis</i> L. f.	Verbenaceae	Niamey	Exotique
124	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	Commune	Exotique
125	<i>Terminalia mantaly</i> H. Perrier	Combretaceae	Commune	Exotique
126	<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	Niamey	Exotique
127	<i>Thevetia nerifolia</i> Juss.	Apocynaceae	Commune	Exotique
128	<i>Vachellia nilotica</i> subsp. <i>nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.	Fabaceae	Commune	Indigène

129	<i>Vachellia seyal</i> (Delile) P.J.H.Hurter	Fabaceae	Commune	Indigène
130	<i>Vachellia sieberiana</i> (DC.) Kyal. & Boatwr	Fabaceae	Niamey	Indigène
131	<i>Vachellia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i> (Savi) Brennan	Fabaceae	Commune	Indigène
132	<i>Vernonia amygdalina</i> Del.	Asteraceae	Maradi	Exotique
133	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn. f.	Sapotaceae	Commune	Indigène
134	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Verbenaceae	Commune	Indigène
135	<i>Vitex simplicifolia</i> Oliv.	Verbenaceae	Commune	Indigène
136	<i>Vitex trifolia</i> L.	Verbenaceae	Niamey	Exotique
137	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Rhamnaceae	Commune	Indigène
138	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	Rhamnaceae	Niamey	Indigène
139	<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desf.	Rhamnaceae	Maradi	Indigène

Commune : Veut dire l'espèce recensée dans la ville de Maradi et Niamey

Bibliographie

- Aronson, M.F.J., La Sorte, F.A., Nilon, C.H., Katti, M., Goddard, M.A., Lepczyk, C.A., Warren, P.S., Williams, S.G., Cilliers, S., Clarkson, B., Dobbs, C., Dolan, R., Hedblom, M., Klotz, S., Kooijmans, J.L., Kuhn, I., MacGregor-Fors, L., McDonnell, M., Mortberg, U., Pyšek, P., Siebert, S., Sushinsky, J., Werner, P., Winter, M., 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proc. R. Soc.* 281, 20133330.
- Berland, A., 2012. Long-term urbanization effects on tree canopy cover along an urban-rural gradient. *Urban Ecosyst.* 15, 721–738. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0224-9>
- Bierwagen, B.G., 2007. Connectivity in urbanizing landscapes: The importance of habitat configuration, urban area size, and dispersal. *Urban Ecosyst.* 10, 29–42. <https://doi.org/10.1007/s11252-006-0011-6>
- Bigirimana, J., Bogaert, J., Charles De, C., Bigendako, M., Parmentier, I., 2012. Domestic garden plant diversity in Bujumbura, Burundi: Role of the socio-economical status of the neighborhood and alien species invasion risk. *Landsc. Urban Plan.* 107, 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.05.008>
- Bohre, P., Chaubey, O.P., Pradesh, M., Forest, S., Jabalpur, M.P., 2016. Biomass Production and Carbon Sequestration by *Azadirachta indica* in Coal Mined Lands. *Int. J. Bio-Science Bio-Technology* 8, 111–120.
- Carreiro, M.M., Zipperer, W.C., 2008. Urban forestry and Ecology: Today and tomorrow, in: Carreiro, M.M., Song, Y.-C., Wu, J. (Eds.), *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests*. Springer, New York, NY, pp. 435–456.
- Chaer, G.M., Resende, A.S., Campello, E.F.C., Faria, S.M. de, Robert Michael Boddey, 2011. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiol.* 31, 139–149. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq116>
- Chalker-scott, L., 2015. Nonnative, Noninvasive Woody Species Can Enhance Urban Landscape Biodiversity. *Arboric. Urban For.* 41, 173–186.
- Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable, 2016. Troisième Communication Nationale à la Conférence des Parties de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Niamey.
- Davies, Z.G., Edmondson, J.L., Heinemeyer, A., Leake, J.R., Gaston, K.J., 2011. Mapping an urban ecosystem service: quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. *J. Appl. Ecol.* 48, 1125–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02021.x>
- Dhadse, S., Gajghate, D.G., Chaudhari, P.R., Satapathy, D.R., Wate, S.R., 2011. Interaction of Urban Vegetation Cover to Sequester Air Pollutants from Ambient Air Environment. *Air pollution-New Dev.* 13.
- Elmqvist, T., Zipperer, W.C., Gii, B., 2016. Urbanization, habitat loss and biodiversity decline Solution pathways to break the cycle, in: Seto, K.C., D.Solecki, W., Griffith, C.A. (Eds.), *The Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change*. Rotledge Taylor & Francis Group, London and New York, pp. 139–152.
- Escobedo, F.J., Clerici, N., Staudhammer, C.L., Corzo, G.T., 2015. Socio-ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia's public urban forests and their ecosystem services. *Urban For. Urban Green.* 14, 1040–1053. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.011>
- FAO, 2016. Guidelines on urban and peri-urban forestry (No. 178), FAO Forestry Paper. FAO, Rome, Italia.
- Flores, L.M.A., Zanette, L.R.S., Araujo, F.S., 2018. Effects of habitat simplification on assemblages of cavity nesting bees and wasps in a semiarid neotropical conservation area. *Biodivers. Conserv.* 27, 311–328. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1436-3>
- Furukawa, T., Kiboi, S.K., Mutiso, P.B.C., Fujiwara, K., 2016. Multiple use patterns of medicinal trees in an urban forest in Nairobi, Kenya. *Urban For. Urban Green.* 18, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.05.003>
- Gaur, M., Kumar, S., 2018. Preliminary Investigations on Localized Rainfall Interception Losses Under Real Field Observations. *Hydrol. Model. Springer* 81. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5801-1_3
- Gillespie, T.W., Goede, J. De, Aguilar, L., Jenerette, G.D., Fricker, G.A., Avolio, M.L., Pincetl, S., Johnston, T., Clarke, L.W., Pataki, D.E., 2017. Predicting tree species richness in urban forests. *Urban Ecosyst.* 839–849. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0633-2>
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J.M., Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bal, X., Briggs, J.M., 2008. Global Change and the Ecology of Cities. *Science* 319, 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- Hope, D., Gries, C., Zhu, W., Fagan, W.F., Redman, C.L., Grimm, N.B., Nelson, A.L., Martin, C., Kinzig, A., 2003. Socioeconomics drive urban plant diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. United States Am.* 100, 8788–8792.
- INS, 2017. Annuaire Statistique Regional 2012 - 2016. Niamey.
- INS, 2016. Le Niger en Chiffres 2016. Niamey.
- Kendal, D., Dobbs, C., Lohr, V.I., 2014. Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule? *Urban For. Urban Green.* 13, 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.04.004>
- Kowarik, I., 2011. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environ. Pollut.* 159, 1974–1983. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022>
- Kühn, I., Brandl, R., Klotz, S., 2004. The flora of German cities is

- naturally species rich. *Evol. Ecol. Res.* 6, 749–764. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2009.2035730>
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring biological diversity: Rejoinder, Environmental and Ecological Statistics.* Blackwell Science Ltd. <https://doi.org/10.2989/16085910409503825>
- Marzluff, J.M., Endlicher, W., Bradley, G., Simon, U., Shulenberg, E., Alberti, M., Ryan, C., Zumbunnen, C., 2008. *Urban ecology: An international perspective on the interaction between humans and nature.* *Urban Ecol. An Int. Perspect. Interact. Between Humans Nat.* 1–807. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5>
- McDonald, R. I., Marcotullio, P. J., & Güneralp, B., 2013. *Urbanization and global trends in biodiversity and ecosystem services, in: Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunitie.* Springer, Dordrecht, pp. 31–52.
- Mckinney, M.L., 2006. *Urbanization as a major cause of biotic homogenization.* *Biol. Conserv.* 3, 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- McKinney, M.L., 2002. *Urbanization, Biodiversity, and Conservation.* *Bioscience* 52, 883–890.
- Ministère de l'Environnement du Niger, 2010. *Foresterie Urbaine, version revue Niger.* Niamey.
- Moussa, S., 2013. *Inventaire des légumineuses des communes d'Aguié et Mayahi : composition systématique, chorologie, types biologiques et importance socioéconomique.* Université de Maradi.
- Moussa, S., Kyereh, B., Tougiani, A.A., Saadou, M., 2018. *Carbon Stocks of neem tree (Azadirachta indica A. Juss .) in different urban land use and Land Cover types in Niamey City, Niger, West Africa.* *South Asian J. Biol. Res.* 1, 153–165.
- Naidu, M.T., Kumar, O.A., 2016. *Tree diversity, stand structure, and community composition of tropical forests in Eastern Ghats of Andhra Pradesh, India.* *J. Asia-Pacific Biodivers.* 9, 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2016.03.019>
- Nero, B.F., Campion, B.B., Agbo, N., Callo-concha, D., Denich, M., 2017. *Tree and trait diversity , species coexistence , and diversity- functional relations of green spaces in Kumasi , Ghana.* *Procedia Eng.* 198, 99–115. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.164>
- Nowak, D.J., Dwyer, J.F., 2007. *Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems.* Springer, Dordr. 25–45. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8>
- Nowak, D.J., Hoehn, R.E., Bodine, A.R., Greenfield, E.J., Neil-dunne, J.O., 2016a. *Urban forest structure , ecosystem services and change in Syracuse , NY.* *Urban Ecosyst.* 19, 1455–1477. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0326-z>
- Nowak, D.J., Hoehn, R.E., Bodine, A.R., Greenfield, E.J., Neil-dunne, J.O., 2016b. *Urban forest structure, ecosystem services and change in Syracuse, NY.* *Urban Ecosyst.* 19, 1455–1477. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0326-z>
- Oyebade, B.A., Popo-ola, F., Itam, E.S., 2012. *Growth characteristics and diversity of urban tree species in selected areas of Uyo Metropolis , Akwa Ibom State , Nigeria.* *Adv. Appl. Sci. Res.* 3, 1655–1662.
- Pearson, T.R.H., Brown, S.L., Birdsey, R.A., 2007. *Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon.* North. Res. Stn. 42.
- Raes, N., Saw, L.G., van Welzen, P.C., Yahara, T., 2013. *Legume diversity as indicator for botanical diversity on Sundaland, South East Asia.* *South African J. Bot.* 89, 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.06.004>
- Raj, A., Agriculture, C., Agriculture, C., Sahu, K.P., 2013. *Neem- A Tree for Solving Global Problem Manoj Kumar Jhariya.* *Indian J. Appl. Res.* 3, 1–3.
- Riley, C.B., Herms, D.A., Gardiner, M.M., 2018. *Exotic trees contribute to urban forest diversity and ecosystem services in inner-city Cleveland, OH.* *Urban For. Urban Green.* 29, 367–376. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.01.004>
- Saadou, M., 1990. *La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger.* Université de Niamey.
- Sené, E.H., 1993. *Urban and peri-urban forests in sub-Saharan Africa, the Sahel.* *Unasylva* 173, 45–51. <https://doi.org/http://www.fao.org/docrep/u9300e/u9300e09.htm>
- Sjöman, H., Morgenroth, J., Sjöman, J.D., Sæbø, A., Kowarik, I., 2016. *Diversification of the urban forest—Can we afford to exclude exotic tree species?* *Urban For. Urban Green.* 18, 237–241. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.011>
- Sreetheran, M., Adnan, M., Azuar, A.K.K., 2011. *Street Tree Inventory and Tree Risk Assessment of Selected Major Roads in Kuala Lumpur, Malaysia.* *Arboric. Urban For.* 37, 226–235.
- Tait, C.J., Daniels, C.B., Hill, R.S., 2005. *Changes in species assemblages within the Adelaide metropolitan area, Australia, 1836-2002.* *Ecol. Appl.* 15, 346–359. <https://doi.org/10.1890/04-0920>
- The Legume Phylogeny Working Group (LPWG), 2017. *A new subfamily classification of the leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny.* *Taxon.* <https://doi.org/10.12705/661.3>
- Thiombiano, A.R., Glele KaKai, P., Bayen, J.I.B.A., & Mahamane, A., 2016. *Méthodes de collecte et d'analyse des données de terrain pour l'évaluation et le suivi de la végétation en Afrique Methods for sampling and analysis of field data to evaluate and monitor vegetation in Africa,* *Annales des sciences agronomiques, FSA/UAC.,*
- Wania, A., Kühn, I., Klotz, S., 2006. *Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany - Spatial gradients of species richness.* *Landsc. Urban Plan.* 75, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.12.006>
- World Bank, 2018. *WorldBank [WWW Document]. Poverty Equity Data Portal.* URL <http://povertydata.worldbank.org/poverty/country/NER> (accessed 11.24.18).
- Worldometers, 2018. *Niger Population [WWW Document]. Niger Popul.* URL <http://www.worldometers.info/world-population/niger-population/> (accessed 11.24.18).
- Yan, P., Yang, J., 2017. *Species diversity of urban forests in China.* *Urban For. Urban Green.* 28, 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.09.005>

