



# RAMRES

ISSN 2424-7235

Revue Africain et Malgache de REcherches  
Scientifiques

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

**Année 2022, Volume 10, Numéro 2**



*Numéro de décembre 2022*

# 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.

# 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@yahoo.fr (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: - **WARI**; - **Express union Internationale**; - **Rapid Transfert ECOBANK**; - **Africash UBA**.

Au Comptable du CAMES (**M. BOUROBOU Orphé Tuburse**) et le code par **SMS** au **+226 66897033**. Les reçus doivent être scannés et envoyés à l'adresse suivante **<pocoulibly\_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.)

APRES RETRAIT DE L'ARGENT, LE COMPTABLE DU CAMES VOUS DÉLIVRERA UNE ATTESTATION DE RETRAIT QUE VOUS ENVERREZ à **iglitho\_at\_yahoo.fr** ACCOMPAGNEE DE VOTRE MANUSCRIT (DEUX FICHIERS WORD AU MAXIMUM).

# SOMMAIRE

<b>Production en étang de oreochromis niloticus (linne, 1758) en association avec le riz wita 9 (oryza sativa).</b>	<b>6</b>
<b>Faune cynégétique exploitée dans la filière viande de brousse a l'est de la cote d'ivoire</b>	<b>15</b>
<b>Péetrographie des metabasites aurifères du Kokumbo Bocca et de leurs produits d'altération (Centre de la Côte d'Ivoire)</b>	<b>24</b>
<b>Etat des connaissances de l'avifaune pour une gestion intégrée de la Réserve Naturelle de Dahliafleur (Côte d'Ivoire)</b>	<b>32</b>
<b>Influence de l'application du compost solide sur les paramètres de croissance et de rendement de la culture de tomate au centre de la Côte d'Ivoire</b>	<b>37</b>
<b>Modélisation de la niche écologique de Detarium microcarpum Guill &amp; Perr. : Preuve d'adaptation locale à travers le gradient climatique au Bénin.</b>	<b>43</b>

# EFFETS DES RÉGIMES ALIMENTAIRES SUR LES PRODUCTIONS ASSOCIÉES DE *Oreochromis niloticus* (LINNE, 1758) ET DU RIZ WITA 9 (*Oryza sativa*) EN ETANG

Titre Courant : PRODUCTION DE TILAPIA *Oreochromis niloticus* EN RIZIPISCICULTURE

ZIE Barthélemy<sup>1</sup>, BAMBA Yacouba<sup>1</sup>, GROGA Noel<sup>2</sup>, SALLA Moreto<sup>2</sup>. & OUATTARA Allassane<sup>1</sup>

## Résumé

A la ferme piscicole de « Kouadiokro-Bonoufla, Côte d'Ivoire », une étude intégrée de production tilapia-riz a été réalisée en 2018-2019. Cette étude a été menée en vue de contribuer à la sécurité alimentaire et à l'amélioration des revenus des paysans des zones rurales et périurbaines. Les essais ont porté sur 58 668 plantules de riz WITA 9 (*Oryza sativa*) et 49 140 alevins de tilapia de poids moyen de  $6 \pm 0,4$  g nourris avec deux régimes complémentaires : un à base de tourteaux de soja et de coton, son de maïs et farine basse de riz (AC), et un autre fait de farine basse de riz uniquement (ASF) et un aliment naturel (AN). Cet aliment naturel correspond aux organismes animaux et végétaux se développant naturellement dans les structures piscicoles. La densité de stockage était de 12 poissons/m<sup>2</sup>. Neuf étangs ont été utilisés dont 3 attribués au hasard à chaque traitement alimentaire pour évaluer la croissance des poissons et la production de riz. Une ration journalière de 5 % de la biomasse des poissons élevés a été distribuée en deux repas (9 h et 15 h). Les plantules de riz ont été repiquées avec un espacement de 25 cm x 20 cm. Après 90 jours d'essai, au niveau des régimes complémentaires ASF et AC, les meilleurs quotients nutritifs (Qn) ( $2,65 \pm 0,48$ ) et croissance journalière ( $0,38 \pm 0,06$  g/jour) ont été obtenus avec AC. En revanche, le plus grand Qn ( $4 \pm 0,71$ ) et la plus faible croissance journalière ( $0,21 \pm 0,04$  g/jour) ont été enregistrés avec ASF. La comparaison de tous les lots montre que les poissons ne recevant que de l'aliment naturel (AN) ont obtenu la plus faible croissance journalière ( $0,14 \pm 0,0$  g/jour). Les rendements de riz où les aliments complémentaires ASF ( $3,34 \pm 0,04$  t/ha) et AC ( $4,24 \pm 0,19$  t/ha) ont été apportés étaient meilleurs à celui de AN (témoin) ( $2,99 \pm 0,14$  t/ha). Cette étude montre qu'il est possible d'améliorer la production de fingerlings de *O. niloticus* et le rendement du riz WITA 9 (*Oryza sativa*) avec l'utilisation d'aliments complémentaires en système associé riz-poisson.

**Mots clés :** *Oreochromis niloticus*, riz WITA 9 (*Oryza sativa*), Production, sous-produits agricoles, rizipisciculture

## Abstract

**EFFECTS OF FOOD DIETS ON THE ASSOCIATED PRODUCTION OF *Oreochromis niloticus* (LINNE, 1758) AND WITA 9 RICE (*Oryza sativa*) IN POND.**

Current title: TILAPIA *Oreochromis niloticus* PRODUCTION IN RICE-FISH CULTURE

At the fish farm of "Kouadiokro-Bonoufla, Côte d'Ivoire", an integrated tilapia-rice production study was conducted in 2018-2019. This study was conducted with the aim of contributing to food security and improving the income of farmers in rural and peri-urban areas. The trials involved 58,668 rice WITA 9 (*Oryza sativa*) seedlings and 49,140 tilapia fingerlings with an average weight of  $6 \pm 0.4$  g fed with two complementary diets: one based on soybean and cotton cakes, maize bran and low-grade rice flour (GG), and another made of low-grade rice flour only (GG) and a natural feed (NF). This natural feed corresponds to the animal and plant organisms that develop naturally in the fish farm structures. The stocking density was 12 fish/m<sup>2</sup>. Nine ponds were used, 3 of which were randomly assigned to each feed treatment to assess fish growth and rice production. A daily ration of 5% of the reared fish biomass was fed in two meals (9 am and 3 pm). Rice seedlings were transplanted at a spacing of 25 cm x 20 cm. After 90 days of testing, in the complementary ASF and AC diets, the best nutrient quotients (Qn) ( $2.65 \pm 0.48$ ) and daily growth ( $0.38 \pm 0.06$  g/day) were obtained with AC. In contrast, the highest Qn ( $4 \pm 0.71$ ) and lowest daily growth ( $0.21 \pm 0.04$  g/day) were recorded with ASF. Comparison of all batches shows that fish receiving only natural feed (AN) achieved the lowest daily growth ( $0.14 \pm 0.0$  g/day). The yields of rice where ASF ( $3.34 \pm 0.04$  t/ha) and AC ( $4.24 \pm 0.19$  t/ha) supplementary feeds were fed were better than those of AN (control) ( $2.99 \pm 0.14$  t/ha). This study shows that it is possible to improve the production of *O. niloticus* fingerlings and the yield of rice WITA 9 with the use of supplementary feeds in a rice-fish combination system.

**Keywords:** *Oreochromis niloticus*, rice WITA 9 (*Oryza sativa*), Production, agricultural by-products, rice-fish farming.

<sup>1</sup>Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire),

<sup>2</sup>Laboratoire de Biodiversité et Gestion de l'Environnement (LBGE),

UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa (Côte d'Ivoire)

Auteur pour les correspondances (E-Mail : ziebarthelemy@yahoo.fr)

## INTRODUCTION

Le poisson et le riz font partie des aliments les plus consommés en Afrique de l'Ouest (Aerni, 2001). En Côte d'Ivoire par exemple, les activités rizicole et piscicole sont pratiquées sur toute l'étendue du territoire national. Toutefois, malgré des efforts consentis, les contributions de la pisciculture (4 500 tonnes) et la riziculture (650 000 tonnes de riz blanchi) à la production nationale sont encore marginales et ne représentent

respectivement que 2,4 % (MINAGRI-PNR, 2008 ; FAO, 2009) et 40 % (MIRAH, 2014). Les consommations annuelles de poissons (plus de 300 000 tonnes) et de riz (plus de 1 500 000 tonnes) sont soutenues par des importations importantes d'environ 90 % pour le poisson (MIRAH, 2014 ; Amian et al., 2017) et 60 % pour le riz (ONDR, 2010). Pourtant, le pays possède un potentiel socio-naturel important dont un vaste plan d'eau lagunaire d'environ 1200 km<sup>2</sup>, plus de 1 000 petits barrages et retenues d'eau d'une superficie totale de

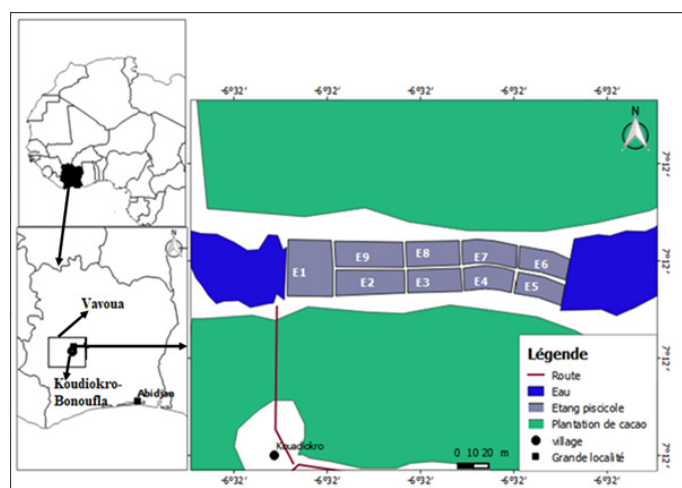
64 000 ha et de milliers de bas-fonds (Amian *et al.*, 2017). Une meilleure valorisation de ces ressources peut contribuer à réduire les importations de poisson et de riz, renforcer la sécurité alimentaire et même alléger la pauvreté en milieu rural (MIPARH, 2009 ; Assi-Kaudjhis, 2009). En général, l'agriculture et la pisciculture constituent respectivement les activités principale (62 %) et secondaire (18 %) de la plupart des pisciculteurs paysans (Amian *et al.*, 2017). Toutefois, les difficultés identifiées qui entravent le développement de l'activité piscicole sont entre autres (i) le coût élevé des aliments, (ii) la non maîtrise des technologies de fabrication des aliments, et (iii) parfois le faible niveau de technicité des acteurs de la filière (MIRAH, 2014). L'alimentation représente 40 à 60 % du coût de production des poissons. L'intérêt économique de cette activité est donc très dépendant de la disponibilité et du coût des aliments (Tacon & Metian, 2009). En conséquence, la réduction des charges liées à l'alimentation est une des priorités essentielles. Dans ce contexte, l'enjeu consiste à trouver une forme de pratique aquacole simple, peu onéreuse, adaptée au contexte socio-économique local et susceptible d'être rapidement adoptée par les populations rurales (Hem *et al.*, 2008). Pour ces mêmes auteurs, l'association riz-poisson engendre de bonnes relations symbiotiques dans lesquelles chaque entité tire des ressources nécessaires à sa croissance remarquable, et présente des conditions favorables pour une forte production d'alevins. Largement utilisée dans les pays asiatiques, au Madagascar et ailleurs dans le monde, la technologie de l'intégration riziculture-pisciculture est une technique efficace d'accroissement de la production de poisson et du rendement de riz par l'optimisation de l'exploitation des bas-fonds participant ainsi à la sécurité alimentaire (Halwart & Van, 2010 ; Niaré & Kalossi, 2014). La faisabilité technique et économique de cette innovation technologique agricole a été démontrée dans plusieurs pays africains (Pillay, 1990). Toutefois, dans les pays ouest africains en général, et en Côte d'Ivoire en particulier, la pratique dans le milieu paysan, même à petite échelle est rare, voire inexistante. Face à une montée de l'insécurité alimentaire et les corollaires des changements climatiques, la rizipisciculture apparaît aujourd'hui comme une alternative pour répondre à une demande en riz et en poisson qui croît régulièrement. Ce système de production pourrait constituer l'une des alternatives prometteuses de par les nombreux services qu'elle pourrait rendre, notamment, la production conjointe du riz et du poisson (source de protéines), l'amélioration du revenu des ménages, la diminution de la dépendance à l'achat d'alevins chez d'autres pisciculteurs et l'augmentation des rendements rizicoles.

Ce travail a pour objectif global, de tester les effets de différents régimes alimentaires de poissons à base de sous-produits agricoles sur la productivité des poissons et du riz en étang. Cette étude est consacrée à la production conjointe de juvéniles de *Oreochromis niloticus* et du riz en étang. Il s'est agi de : i) analyser les effets des traitements alimentaires appliqués sur les performances de croissance des juvéniles de *O. niloticus* et sur les rendements rizicoles, ii) déterminer les paramètres de croissance et d'alimentation des tilapias élevés dans les conditions de faibles intrants, iii) évaluer la rentabilité économique des traitements appliqués.

## MATERIEL ET METHODES

### Infrastructures de production

L'expérimentation a été réalisée à la ferme rizipiscicole « Bonoufla-kouadiokro » (N 7°11'40,03" ; W 6°31'39,03") située à 11 kilomètres du village de Bonoufla dans la Sous-préfecture de Vavoua (Figure 1). Les essais ont été conduits dans neuf étangs de superficie allant de 200 à 675 m<sup>2</sup>, à raison de 3 étangs par traitement alimentaire. Ces étangs ont été alimentés en eau par gravité à partir d'un barrage de retenue d'eau d'un hectare avec un débit de 15 L/mn. Dans chaque étang d'essai, un étang-refuge de 60 cm de profondeur a été aménagé sur 5 % de la superficie totale. Pour chaque étang, une entrée et une sortie d'eau opposées dans la zone rizicole et une sortie d'eau dans l'étang-refuge ont été réalisées afin de permettre une bonne maîtrise de la hauteur d'eau dans la rizière pour les poissons. Ce système de canalisation a été équipé d'une toile moustiquaire (maille : 1 mm) pour prévenir l'entrée d'animaux indésirables ainsi que la fuite des poissons élevés. Le niveau d'eau dans les surfaces rizicoles a été maintenu au 1/5<sup>ème</sup> de la hauteur du plant de riz (Avit *et al.*, 2014).



**Figure 1 :** Localisation de la ferme rizipiscicole de Kouadiokro-Bonoufla et les points d'échantillonnage

Les matières premières entrant dans la composition des aliments expérimentaux sont constituées de son de maïs, de farine basse de riz, de tourteaux de soja et de coton, de farine de coquillage et de sel de cuisine. Ces ingrédients utilisés ont été achetés auprès des fournisseurs locaux. Le son de maïs a été séché à l'air ambiant au soleil pendant 6 à 8 h. Deux régimes locaux (Tableau I) ont été formulés pour les essais. Les compositions de base de ces aliments ont été les suivantes : AC (tourteaux de soja et de coton, son de maïs et farine basse de riz) et ASF (Farine basse de riz uniquement).

Pour la fabrication de l'aliment AC, les ingrédients bruts ont été moulus (1 mm de diamètre) à l'aide d'un broyeur à marteau de fabrication locale et passés à travers un tamis de maille 1 mm. Ces ingrédients ont été pesés et homogénéisés à l'aide d'un mélangeur jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène. A cet ensemble, les huiles végétales, le sel de cuisine et la farine de coquillage ont été ajoutés puis, l'ensemble du mélange a été homogénéisé à nouveau de sorte à obtenir un produit homogène. Concernant l'aliment ASF (aliment simple), constitué uniquement que de la farine basse de riz, il n'a pas subi d'homogénéisation et d'autres modifications. Cet aliment a été simplement conditionné dans des sacs de

25kg et stockés sur les palettes en bois. Les compositions bromatologiques des deux aliments expérimentaux sont présentées dans le tableau II. Tous les deux aliments complémentaires sont sous la forme pulvérulente. Les analyses bromatologiques ont été effectuées en Côte d'Ivoire par le Laboratoire Central d'Analyses (LCA) de l'Université NANGUI ABROGOUA.

**Tableau I : Formulation et proportions d'incorporation des ingrédients dans les aliments pour alevins de *Oreochromis niloticus* en pré-grossissement (g /100 g).**

Ingrédients	Aliment simple	Aliment composé
	(ASF)	(AC)
Tourteau de soja	0	23
Tourteau de coton	0	22
Farine basse de riz	100	29
Son de maïs	0	22,5
Chlorure de sodium	0	1,5
Farine de coquille	0	1
Huile de palme	0	1,5

ASF : Aliment simple à base de farine basse de riz ; AC : Aliment composé à base de tourteaux de soja et coton, son de maïs et farine basse de riz.

**Tableau II : Composition bromatologique des aliments complémentaires utilisés.**

Composition	Traitements alimentaires	
	ASF	AC
Matière sèche	90,33	87,63
	(% de matière sèche)	
Protéines brutes	13,21	23,08
Lipides	5,42	9,31
Cendres	5,22	7,55
Glucides totaux	62,64	47,69
Extractif non azoté	38,26	35,53
Fibres	18,33	12,16
Energie métabolisable : EM (MJ/kg de MS)	2,41	3,07

ASF : Aliment simple à base de farine basse de riz ; AC : Aliment composé à base de tourteaux de soja et coton, son de maïs et farine basse de riz.

### Procédures expérimentales

Les expériences ont été effectuées durant 90 jours. Elles ont consisté à produire dans les mêmes étangs du riz et du poisson. Deux cycles d'expérimentation ont été exécutés, le premier entre novembre 2018 et février 2019 et le second entre avril et juillet 2019. Les essais ont été conduits dans 9 étangs, formant ainsi trois traitements en triplicata. Les essais ont commencé par la mise en place de la pépinière de riz. Cette opération qui a duré 15 jours a été suivie du repiquage de plantules de riz conformément à Kouakou et al. (2016). Pour le repiquage du riz, trois carrés de rendement (entrée d'eau, milieu de l'étang et à côté du moine) ont été définis dans chaque étang (Figure 2). Chaque carré de rendement a été délimité à l'aide des piquets en bois et un rouleau de fil nylon. Le carré de rendement du milieu de l'étang se trouve à équidistance de ceux du moine et de l'entrée d'eau dans l'étang.

La variété de riz *O. sativa* WITA 9 a été choisie en raison de la courte durée de son cycle cultural (105 jours) et de son haut rendement (9 t/ha) (Bouet et al., 2013) couvrant quasiment la durée de la phase de pré-grossissement de *O. niloticus*. Cette variété de riz est également bien appréciée par les populations

humaines. Le repiquage du riz dans les milieux rizicoles a été effectué quatre jours durant. Des surfaces allant de 189 m<sup>2</sup> à 657,4 m<sup>2</sup> ont été repiquées par étang à raison de 1 pied de plantule de riz chaque 500 cm<sup>2</sup> (Figure 3), soit 3720 à 12568 plantules par étang (Tableau III). L'alimentation en eau des étangs a été réalisée progressivement en fonction de la taille du plant de riz. Une remontée progressive du niveau de l'eau jusqu'au 1/5<sup>ème</sup> de la hauteur de la tige de riz a été effectuée. Ce niveau d'eau convient aux poissons et également au riz. Le niveau d'eau dans l'étang-refuge est de 60 cm. L'étang-refuge créé dans chacun des étangs de production offre un abri aux poissons pendant le sarclage. Par ailleurs, ces étang-refuges facilitent également l'accès à la nourriture exogène et la récolte du poisson. Ils servent aussi de zone de nourrissage de poissons et d'empoisonnement des étangs. L'empoisonnement des structures de production a été effectué 30 jours après le repiquage du riz. La densité de mise en charge de 12 poissons/m<sup>2</sup> a été appliquée. Avant le transfert des poissons, des mesures du poids individuel de 30 poissons ont été d'abord effectuées pour déterminer la variabilité du poids en début de l'essai (Bamba et al., 2015). Ensuite, des pesées par lots de 100 à 200 poissons ont été réalisées pour atteindre la densité de mise en charge souhaitée. Deux aliments locaux (ASF et AC) ont été utilisés. En outre, des lots ne recevant pas d'aliment complémentaire ont été utilisés comme témoin (AN) pour estimer l'apport naturel provenant des structures piscicoles. Les poissons ont été nourris manuellement à la volée. La ration journalière a été fractionnée en deux repas distribués à 9 h et à 15 h. Un taux de rationnement de 5 % du poids total vif a été appliqué conformément à Bamba et al. (2014). Des contrôles mensuels de croissance pondérale ont été effectués sur un échantillon de 15 % de la population dans chaque étang. Ces contrôles ont permis de réajuster conséquemment les rations alimentaires des mois suivants au prorata de la biomasse totale. A l'issue de 90 jours d'élevage, 50 individus ont été prélevés dans chaque étang, ensuite, ils ont fait l'objet de mesure du poids individuel (Bamba et al., 2015) pour les traitements statistiques de comparaison. A partir de ces données, différents paramètres de performances zootechniques de production et de coût ont été calculés. En outre, tous les poissons des différents étangs de production ont été capturés et sexés manuellement. A la suite de cette opération, la production piscicole et la survie ont été évaluées. Pour capturer les poissons, le niveau d'eau dans la rizière a été diminué jusqu'à ce qu'il ne reste que l'eau dans l'étang-refuge où les poissons sont regroupés.

Pour la collecte de données sur le riz par étang, 10 poquets ont été choisis de façon aléatoire à l'intérieur des trois carrés de rendement. Pour chacun de ces 10 poquets, le nombre de talles a été relevé. De même, tous les plants de riz dans les poquets ont fait l'objet de mesure de taille. Les relevés de ces paramètres ont été effectués toutes les deux semaines pendant 70 jours. Ces données recueillies ont été utilisées pour les traitements statistiques de comparaison. Le rendement de riz à l'hectare a été également déterminé selon la formule suivante (Avit et al., 2012) :

$$\text{Rendement du riz (kg/ha)} = \text{Production sèche (kg)} / \text{surface (ha)}$$



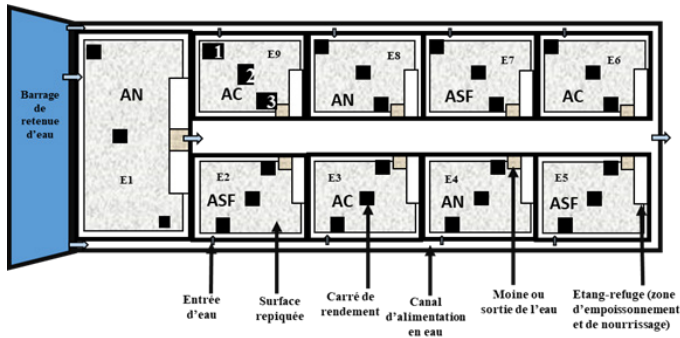


Figure 2 : Dispositif expérimental. (1) : entrée de l'eau, (2) : milieu de l'étang et (3) : vers le moine. AN : aliment naturel, AC : aliment composé et ASF : aliment à base de farine basse de riz .

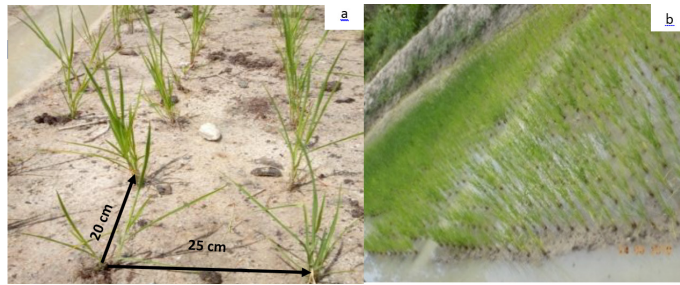


Figure 3: Mise en place d'un étang de rizipisciculture. a) pieds repiqués et b) Mise sous eau progressive de la rizière

Tableau III : Dispositif expérimental de conduite des essais à l'empoisonnement et au repiquage du riz.

Traitement	Structure Elevage (m <sup>2</sup> )	Superficie Étangs (m <sup>2</sup> )	Superficie Rizicultivée (m <sup>2</sup> )	densité de poissons (ind / m <sup>2</sup> )	Nbre de plantules riz / étang	Nombre de poissons par étang	Poids moyen des poissons (g)
Rizipisciculture sans aliment complémentaire (AN)	E1	675	657,4	12	12 568	8 100	6,11 ±0,02
	E2	220	208,4	12	4 100	2 640	6,11 ±0,02
	E3	300	286	12	5 620	3 600	6,11 ±0,02
Rizipisciculture + aliment farine basse de riz (ASF)	E4	360	344,2	12	6 760	7 200	6,10 ±0,03
	E5	360	344,2	12	6 760	7 200	6,10 ±0,03
Rizipisciculture + aliment complémentaire composé (AC)	E6	360	344,2	12	6 760	7 200	6,10 ±0,03
	E7	360	344,2	12	6 760	7 200	6,09 ±0,04
Rizipisciculture + aliment complémentaire composé (AC)	E8	300	286	12	5 620	3 600	6,09 ±0,04
	E9	200	189	12	3 720	2 400	6,09 ±0,04

ASF : Aliment simple à base de farine basse de riz ; AC : Aliment composé à base de tourteaux de soja et coton, son de maïs et farine basse de riz et AN : aliment naturel.

**Paramètres de la qualité de l'eau**

Le suivi de la qualité des eaux des étangs a consisté à faire des relevés de pH, oxygène dissous, température et transparence *in situ* toutes les semaines. Un multi-paramètre portable de Modèle « HANNA Instruments HI 83141 pH & Water Analysis » a été utilisé pour évaluer simultanément les valeurs de la température en degrés Celsius et le pH. L'oxygène dissous (en mg/L) a été mesuré au moyen d'un oxymètre portable de Modèle « HANNA Instruments HI 9146 ». La transparence a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Les mesures ont été effectuées deux fois par semaine entre 6 h et 7 h du matin et entre 13 h et 14 h l'après-midi.

**Évaluation du coût des aliments complémentaires**

L'analyse économique vise à évaluer les impacts de l'utilisation des aliments complémentaires (ASF : farine basse de riz et AC : aliment composé :) sur les coûts d'alimentation. L'analyse se fonde principalement sur le prix de revient du kilogramme des aliments complémentaires et les coûts d'alimentation par unité de gain de poids. L'estimation du prix de revient des régimes a été fondée sur le coût des matières premières, leur transport, la fabrication des aliments et leur conditionnement. La comparaison entre traitements alimentaires a porté sur le taux d'augmentation du rendement par rapport à celui

du régime (AN), sur les coûts de nourrissage pour produire une unité (1 kg) de gain de poids et les taux de réduction par rapport à celui du régime composé AC.

**Paramètres zootechniques**

En l'absence de mesure directe, l'Energie Métabolisable (EM) peut être estimée par des équations faisant appel à l'analyse chimique (Janssen & Carré, 1985). Les valeurs des énergies métabolisables des deux régimes exogènes ont donc été calculées conformément à l'équation de prédiction de Sibbald (1980).

- EM (MJ / kg de MS) = 3,95 + [0,0544 x % lipides] - [0,0887 x % fibres] - [0,0408 x % cendres].

Les paramètres utilisés pour la comparaison entre les traitements alimentaires ont été calculés comme suit :

- Gain de poids (Gp, g) = (poids final (g) - poids initial (g));
- Gain de poids quotidien (Gpj, g/j) = (poids final (g) - poids initial (g)) / durée d'élevage ;
- Taux de survie (%) = 100 x (nombre final de poisson / nombre initial de poissons) ;
- Taux de croissance spécifique (TCS, %/jour) = 100 x [Ln (poids final) - Ln (poids initial)] / durée d'élevage ;
- Indice de conversion (IC) ou Quotient nutritif (Qn) = Quantité d'aliment sec distribuée/ Gain de poids frais ;
- Coefficient d'efficacité protéique (CEP) = (gain de poids frais) / (protéines ingérées) ;
- Rendement (Rdt) (kg/a/an) = (Biomasse nette x 365) / (Durée d'élevage x superficie) ;
- Hydrates de carbone (extractif non azoté) (%) = 100 - (% d'humidité + % protéines brutes + % matières grasses brutes + % fibres + % teneur de cendres) ;
- Energie Métabolisable (EM, MJ/kg de MS) = 3,95 + [0,0544 x % lipides] - [0,0887 x % fibres] - [0,0408 x % cendres] (Sibbald (1980)). ;
- Coût lié au nourrissage par unité de gain de poids = Coût de revient d'un (1) kg d'aliment x IC , où IC est l'indice de conversion alimentaire où Qn est le quotient nutritif ;
- Taux de réduction du coût comparé au régime composé (%) = 100 x [(coût de l'aliment composé (AC) - coût de l'aliment (ARS) simple) / [coût de l'aliment composé (AC)]] ;
- Taux d'augmentation de production des aliments comparé au régime naturel AN (%) = 100 x [(rendement aliment (AN) - rendement aliment (x)) / (rendement AN)].

**Analyses statistiques**

Avant les différentes analyses statistiques, nous avons vérifié l'homogénéité des variances à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov test. Lorsque les variances sont homogènes, l'analyse statistique a consisté en un test paramétrique de ANOVA. Lorsque les variances ne sont pas homogènes et que les distributions des variables ne sont pas de type normal, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été appliqué.

Les paramètres de croissance, de production ont tous été soumis à l'analyse de variance à deux facteurs (ANOVA 2) (traitement alimentaire, étang). Lorsque des différences entre les groupes ont été identifiées, plusieurs comparaisons entre les moyennes ont été effectuées à l'aide du test de la différence vraiment significative de Tukey (test HSD de Tukey).

Les paramètres de la qualité de l'eau ont été soumis au test non paramétrique de Kruskal-Wallis. Ensuite, les comparaisons deux à deux ont été réalisées avec le test de Mann-Withney.

Pour ces comparaisons, le seuil de signification de 5 % a été retenu. Ces analyses ont été exécutées à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1.

## RESULTATS

## Qualité de l'eau

Les valeurs moyennes des paramètres de la qualité de l'eau au cours des élevages sont consignées dans le tableau IV. Les valeurs moyennes de la température ont été similaires dans l'ensemble des structures de production et ont été comprises entre 26,56 ± 0,93 °C (AC) et 27,81 ± 1 °C (AN). Les valeurs moyennes de l'oxygène dissous obtenues ont varié de 3,20 ± 0,4 mg/L (AC) à 5,25 ± 0,53 mg/L (AN). Les valeurs moyennes du pH et de la transparence calculée ont été respectivement comprises entre 7,18 ± 0,66 (AN) et 7,96 ± 0,89 (AC) et entre 20,21 ± 3,52 cm (AC) et 33,30 ± 6,47 cm (AN). Les résultats du test de Kruskal-Wallis n'ont pas montré de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre la qualité des eaux des structures d'élevage ayant reçu les aliments AC et ASF. En revanche, les valeurs moyennes de l'oxygène dissous et de la transparence sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) entre les traitements témoins et celles notées chez les autres traitements.

**Tableau IV : Variations des paramètres physico-chimiques au cours pré-grossissement dans les structures d'élevage**

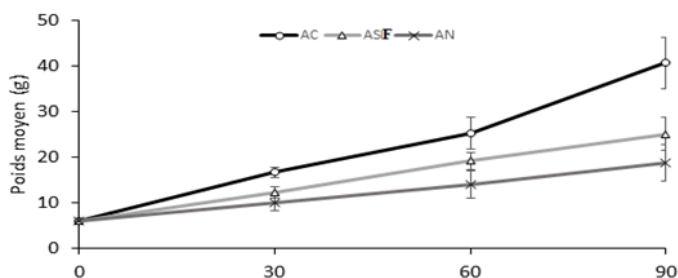
Paramètres	Traitements alimentaires		
	Aliment AN	Aliment ASF	Aliment AC
Température (°C)	27,81 ± 1 <sup>a</sup>	26,68 ± 0,94 <sup>a</sup>	26,56 ± 0,93 <sup>a</sup>
Transparence (cm)	33,30 ± 6,47 <sup>a</sup>	23,74 ± 5,94 <sup>b</sup>	20,21 ± 3,52 <sup>b</sup>
Oxygène dissous (mg/L)	5,25 ± 0,93 <sup>a</sup>	3,32 ± 0,65 <sup>b</sup>	3,20 ± 0,81 <sup>b</sup>
pH	7,18 ± 0,66 <sup>a</sup>	7,82 ± 0,59 <sup>a</sup>	7,96 ± 0,89 <sup>a</sup>

Les résultats ont été exprimés en : Moyenne ± ECT (écart type) de trois répétitions et de deux cycles de production. Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ). Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), portant au moins une même lettre en commun, ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ )

ASF : Aliment simple à base de farine basse de riz ; AC : Aliment composé à base de tourteaux de soja et coton, son de maïs et farine basse de riz

## Croissance pondérale

La figure 4 présente la croissance pondérale des alevins soumis aux traitements AN, ASF et AC sur la durée de l'élevage. A l'issue de 90 jours d'élevage, trois groupes peuvent être distingués. Le premier relatif au lot soumis au régime AN (poisson non nourri avec l'aliment complémentaire) montre une croissance plus faible qui se maintient tout au long de l'expérience. Le second groupe renferme les poissons nourris avec l'aliment ASF. Ce groupe a montré une croissance intermédiaire et se distinguant nettement à la fois du premier et du troisième nourri avec l'aliment AC. Les poissons nourris avec l'aliment composé AC ont présenté une croissance pondérale supérieure à celles de ceux nourris avec les aliments naturels et la farine basse de riz uniquement.



**Figure 4 :** Evolution du poids moyen (g) de tilapia *O. niloticus* élevé en étangs rizipiscicoles à la ferme piscicole Bonoufla-kouadiokro (Côte d'Ivoire). AC : Aliment composé contenant les tourteaux de soja et de coton, le son de maïs et la farine basse de riz ; ASF : Aliment à base de farine basse de riz et AN : Aliment naturel.

## Paramètres zootechniques

Les résultats des paramètres de croissance (poids moyen final : Pf, gain de poids journalier : Gpj et taux de croissance spécifique : TCS) et de l'efficacité de transformation des aliments (quotient nutritif : Qn et coefficient d'efficacité protéique : CEP) sont présentés dans le tableau V. Pour les lots nourris aux aliments AC et ASF, les valeurs moyennes (GPj) obtenues ont été respectivement de 0,38 ± 0,06 g/j et 0,21 ± 0,04 g/j (*versus* 0,14 ± 0,00 g/j pour AN). Les TCS correspondants sont de 2,1 ± 0,16 %/j (AC) et 1,56 ± 0,15 %/j (ASF) contre 1,23 ± 0,2 %/j pour le lot témoin (AN). A la récolte, les poids moyens finaux respectifs atteints par les poissons ont été de 40,64 ± 5,70 g, 25,05 ± 4 g et 18,77 ± 3,98 g pour les régimes AC, ASF et AN, respectivement. Les valeurs des paramètres de croissance (Pf, GPj, TCS) des poissons nourris avec les régimes AC et ASF ont été nettement supérieures ( $p < 0,05$  ; ANOVA 2) à celles des poissons du traitement AN. De même, pour ces paramètres, l'aliment AC a enregistré des valeurs significativement supérieures (ANOVA 2 ;  $p < 0,05$ ) à celles de l'aliment ASF. Les quotients nutritifs moyens enregistrés ont été de 4 ± 0,71 (ASF) et 2,65 ± 0,48 (AC). Ces deux aliments AC et ASF ont été caractérisés par des valeurs moyennes de CEP respectives de 1,68 ± 0,28 et 1,96 ± 0,37. Les taux de survie moyens obtenus en fin de l'expérience ont été de 68,17 ± 0,76 %, 74,33 ± 1,53 % et 91 ± 1 % respectivement pour AN, ASF et AC. Les rendements en poissons obtenus avec les régimes expérimentaux (AC et ASF) ont été respectivement de 153,01 ± 1,18 kg/a/an et 68,55 ± 1,97 kg/a/an contre 42,86 ± 0,91 kg/a/an pour le lot témoin (AN).

Tableau V : Performances zootechniques de juvéniles de *Oreochromis niloticus* soumis à trois traitements alimentaires durant 90 jours.

**Tableau V : Performances zootechniques de juvéniles de *Oreochromis niloticus* soumis à trois traitements alimentaires durant 90 jours.**

Paramètres	Traitements alimentaires		
	Aliment AN	Aliment ASF	Aliment AC
Poids initial : Pi (g)	6,11 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,10 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,09 ± 0,04 <sup>a</sup>
Poids final : Pf (g)	18,77 ± 3,98 <sup>a</sup>	25,05 ± 4 <sup>b</sup>	40,64 ± 5,70 <sup>c</sup>
Gain de poids : GP (g)	12,66 ± 4 <sup>a</sup>	18,95 ± 3,57 <sup>b</sup>	34,55 ± 5,70 <sup>c</sup>
Gain de poids/jour GPj (g/j)	0,14 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,06 <sup>c</sup>
Taux de croissance spécifique : TCS (%/j)	1,23 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,56 ± 0,15 <sup>b</sup>	2,1 ± 0,16 <sup>c</sup>
Quotient nutritif : Qn	Néant	4 ± 0,71 <sup>a</sup>	2,65 ± 0,48 <sup>b</sup>
Coefficient d'efficacité Protéique : C.E.P	Néant	1,96 ± 0,37 <sup>b</sup>	1,68 ± 0,28 <sup>a</sup>
Taux de survie : (%)	68,17 ± 0,76 <sup>a</sup>	74,33 ± 1,53 <sup>b</sup>	91 ± 1 <sup>c</sup>
Rendement (Rdt) (kg/a/an)	42,86 ± 0,91 <sup>a</sup>	68,55 ± 1,97 <sup>b</sup>	153,01 ± 1,18 <sup>c</sup>

Les résultats ont été exprimés en : Moyenne ± ECT (écart type) de trois répétitions et de deux cycles de production. Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ). Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), portant au moins une même lettre en commun, ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ ).

ASF : Aliment simple à base de farine basse de riz ; AC : Aliment composé à base de tourteaux de soja et coton, son de maïs et farine basse de riz ; AN : Aliment naturel.

The results were expressed as : Mean ± SD of three replicates and two production cycles. In each row, the values (Means ± ECT), assigned by different letters, are significantly different ( $P < 0.05$ ). On each line, the values (Means ± ECT), bearing at least one letter in common, are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

ASF: Simple feed based on low rice flour; AC: Compound feed based on soybean and cotton cake, maize bran and low rice flour; AN: Natural feed.

**Paramètres économiques**

Les résultats des différents paramètres de la charge financière liée à l'alimentation sont présentés dans le tableau VI. Les coûts de revient d'un kilogramme d'aliment pour les régimes complémentaires (AC et ASF) sont respectivement de 207,5 F CFA et 60 F CFA. Les coûts par unité de prise de poids engendrés par l'emploi de ces régimes ont été de 550 F CFA (AC) et 240 F CFA (ASF).

**Tableau VI: Evaluation des coûts des aliments complémentaires AC et ASF pour la production de *O. niloticus*.**

Paramètres	Traitements alimentaires		
	AN	ASF	AC
Coût de fabrication d'un kilogramme d'aliment (F CFA)	Néant	10	10
Coût de revient d'un kilogramme d'aliment/kg (F CFA/kg)	Néant	60	207,5
Quotient nutritif (Qn)	Néant	4 ±0,71 <sup>a</sup>	2,65 ±0,48 <sup>b</sup>
Coût financier lié à l'alimentation par unité de prise de poids (F CFA/kg gain de poids)	Néant	240	550
Taux de réduction du coût d'alimentation par unité de gain de poids par rapport à AC (%)	Néant	56,36	Néant-
Taux d'augmentation du rendement par rapport à AN (%)	-	59,94	257

**Paramètres de croissance du riz**

Dans un même étang, le nombre de talles situés au milieu de l'étang est inférieur à celui de l'entrée d'eau et du moine. Le nombre moyen de talles par poquet a varié de 2,33 ±0,98 à 4,08 ±0,90 (AN) et de 4,83 ±1,44 à 7 ±1,46 (AC) du 14<sup>ème</sup> au 56<sup>ème</sup> jour après la levée (JAL). Ces valeurs ont été statistiquement différentes (p < 0,05) d'un traitement à un autre. Les effectifs de talles les plus élevés ont été observés dans les étangs ayant reçu l'aliment AC (7 ±1,46), suivi des étangs soumis au régime ASF (5,33 ±0,78). Au-delà du 56<sup>ème</sup> JAL, ces nombres sont restés constants pour tous les traitements.

Concernant la croissance des plants de riz, les tailles ont varié significativement (ANOVA 2 ; p < 0,05) entre les traitements. Cette croissance a été meilleure avec l'aliment AC que les autres régimes (ASF et AN) (Tableau VII). Au 70<sup>ème</sup> jour après la levée, les tailles respectives des plants de riz des traitements AN, ASF et AC ont été de 106,5 ±4,34 cm, 106,5 ±4,34 cm et 119,23 ±1,56 cm, respectivement. L'analyse statistique (ANOVA 2 ; p > 0,05) révèle que les tailles des plants de riz des étangs témoins (AN) (étangs non nourris avec l'aliment exogène) et celles des plants de riz issus des étangs ayant reçu l'aliment simple ASF sont similaires. De même, les étangs soumis au traitement ASF ont procuré des plants de riz ayant des tailles significativement réduites (ANOVA 3 ; p < 0,05) que celles obtenues dans les étangs nourris avec l'aliment AC. Concernant les rendements, les valeurs obtenues sont respectivement de 4,24 ±0,19 et 3,34 ±0,04 t/ha pour AC et ASF contre 2,99 ±0,14 t/ha pour AN. Ces rendements ont varié faiblement entre les traitements alimentaires AC et ASF. En revanche, la production de riz obtenue (2,99 ±0,14 t/ha) dans les étangs témoins (AN) a été la plus faible (Tableau VIII). Comparés au témoin, les rendements enregistrés ont eu des taux d'augmentation respectifs de 11,71 et 41,81% pour ASF et AC.

**Tableau VII : Evolution du nombre de talles et la hauteur des pieds de plants de riz (*Oryza sativa*, variété WITA 9) dans les différents traitements**

Traitements alimentaires	Paramètres de croissance	Périodes de production				
		14 <sup>ème</sup>	28 <sup>ème</sup>	42 <sup>ème</sup>	56 <sup>ème</sup>	70 <sup>ème</sup>
AN	Nombre de talles	2,33 ±0,98 <sup>b</sup>	3,25 ±1,60 <sup>a</sup>	3,83 ±1,23 <sup>a</sup>	4,08 ±0,90 <sup>a</sup>	4,08 ±0,90 <sup>a</sup>
ASF		3,25 ±1,08 <sup>a</sup>	4,33 ±1,44 <sup>a</sup>	4,58 ±1,31 <sup>a</sup>	5,33 ±0,78 <sup>a</sup>	5,33 ±0,78 <sup>a</sup>
AC		4,83 ±1,44 <sup>a</sup>	5,58 ±1,57 <sup>b</sup>	6,67 ±0,99 <sup>b</sup>	7 ±1,46 <sup>b</sup>	7 ±1,46 <sup>b</sup>
AN	Hauteur du pied de riz (cm)	44 ±2,83 <sup>a</sup>	65,33 ±2,23 <sup>a</sup>	80 ±4,28 <sup>a</sup>	99,25 ±1,60 <sup>a</sup>	106,5 ±4,34 <sup>a</sup>
ASF		44 ±2,83 <sup>a</sup>	65,33 ±2,23 <sup>a</sup>	80 ±4,28 <sup>a</sup>	99,25 ±1,60 <sup>a</sup>	106,5 ±4,34 <sup>a</sup>
AC		51,33 ±3,34 <sup>b</sup>	69,15 ±1,98 <sup>b</sup>	84,38 ±2,54 <sup>b</sup>	107,31 ±1,62 <sup>b</sup>	119,23 ±1,56 <sup>b</sup>

Les résultats ont été exprimés en : Moyenne ± ECT (écart type) de trois répétitions et de deux cycles de production. Sur chaque colonne, les valeurs (Moyennes ± ECT), affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes (P < 0,05). Sur chaque colonne, les valeurs (Moyennes ± ECT), portant au moins une même lettre en commun, ne sont pas significativement différentes (P > 0,05)

ASF : Aliment simple à base de farine basse de riz ; AC : Aliment composé à base de tourteaux de soja et coton, son de maïs et farine basse de riz ; AN : Aliment naturel).

The results were expressed as : Mean ± standard deviation (SD) of three replicates and two production cycles. In each column, the values (Means ± ECT), assigned by different letters, are significantly different (P < 0,05). In each column, the values (Means ± ECT) with at least one letter in common are not significantly different (P > 0,05)

ASF: Simple feed based on low rice flour; AC: Compound feed based on soybean and cotton cake, maize bran and low rice flour; AN: Natural feed).

**Tableau VIII : Rendement de riz WITA 9 obtenu sous trois traitements alimentaires durant 90 jours**

Paramètres	Traitement alimentaires		
	AN	ASF	AC
Superficie (m <sup>2</sup> )	1151,8	1032,6	819,2
Poids sec (kg)	344	345	347
Rendement moyen (t/ha)	2,99 ±0,14	3,34 ±0,04	4,24 ±0,19
Taux d'augmentation du rendement par rapport à AN (%)	Néant	11,71	41,81

ASF : Aliment simple à base de farine basse de riz ; AC : Aliment composé à base de tourteaux de soja et coton, son de maïs et farine basse de riz ; AN : Aliment naturel

**Discussion**

A l'exception des étangs témoins (AN), les différents paramètres abiotiques étudiés présentent des valeurs assez proches selon les types de traitements. L'oxygène dissous et la transparence des étangs ayant reçu l'ASF et AC ont des valeurs inférieures à celles relevées dans les traitements témoins. Ces faibles valeurs enregistrées pourraient-être en relation avec les aliments apportés régulièrement pendant le cycle de production. Ces aliments auraient entraîné une utilisation plus importante de l'oxygène par les poissons et les micro-organismes aquatiques pour leurs différentes activités biologiques. En effet, selon Arrignon (2002), la baisse des teneurs en oxygène des structures recevant les aliments de complément (AC et ASF) aux structures témoins (AN) pourrait provenir des activités de respiration des organismes du milieu et celles de la décomposition et minéralisation des matières organiques (aliments non consommés, déjections de poissons etc.) par les agents de décomposition (bactéries, protozoaires). Pour ce qui concerne les faibles transparences des eaux des étangs nourris avec les aliments de complément (AC et ASF), elles seraient la conséquence de l'abondance du phytoplancton dans les étangs due à l'enrichissement de ces milieux en sels nutritifs issus du processus de fertilisation par des aliments non consommés par les microorganismes (bactéries et les champignons) (Schlumberger & Girard,

2012). Cependant, tous les paramètres de qualité de l'eau sont conformes aux normes recommandées pour l'aquaculture tropicale (Boyd & Tucker, 1998 ; Kestemont *et al.*, 2004).

Les différences observées dans les performances de croissance et de production (Tableau V) entre les unités expérimentales pourraient être attribuées aux performances des traitements alimentaires appliqués. Les taux de croissance spécifiques (TCS) enregistrés ( $1,56 \pm 0,15$  %/jour (ASF) ;  $2,1 \pm 0,16$  (AC) et  $1,23 \pm 0,2$  %/jour (AN)) sont supérieurs à ceux rapportés par Avit *et al.* (2012) ( $0,64 \pm 0,06 - 0,67 \pm 0,23$  %/jour). Mais les TCS de la présente étude sont inférieurs à ceux de Bamba *et al.* (2015) ( $2,65 \pm 0,3$  à  $2,97 \pm 0,3$  %/j) obtenus avec des alevins de *O. niloticus* nourris à base de sous-produits. Les quotients nutritifs (Qn) obtenus (2,65 (AC) – 4 (ASF)) sont comparables à des valeurs rapportées par Garduno-Lugo & Olvera-Novoa (2008) (2,13 - 3,18) pour des régimes à base de sous-produits végétaux destinés à *Oreochromis niloticus*. Les taux de survie ont été acceptables et ont varié en moyenne de 68,17 % (AN) à 91 % (AC). Des taux de survie similaires chez *O. niloticus* ont été rapportés par Avit *et al.* (2014) (74,1 à 80,9 %), Fiogbé *et al.* (2009) (86,67 à 97,78 %) et Bamba *et al.* (2008) (75,49 à 92,48 %).

Les résultats de ce travail corroborent ceux de Avit *et al.* (2012 et 2014) qui ont observé des performances de croissance similaires de *O. niloticus* élevé avec des aliments à base de sous-produits végétaux en rizipisciculture. Il est intéressant de constater que les performances zootechniques des poissons décroissent significativement ( $p < 0,05$ ) du régime AC, ASF au régime AN. Les écarts de performances de croissance observés entre les régimes AC et ASF résulteraient des teneurs en protéines, en fibres, énergie métabolisable et en lipides. Le régime AC se distingue de ASF par une teneur relativement faible en fibres (12,16 %) et de valeurs de protéines (23,08 %), d'énergie métabolisable (3,07 MJ/kg de MS) et de lipides (9,31 %) plus grandes (Tableau II). Selon Francis *et al.* (2001) et Krogdahl *et al.* (2010), les hautes teneurs en fibres alimentaires accélèrent le transit gastro-intestinal, conduisant à une faible efficacité digestive des enzymes et une réduction de la biodisponibilité des protéines, lipides et minéraux. Des résultats similaires ont été enregistrés chez *O. niloticus* nourri avec un aliment à base de sous-produits végétaux (Hilton *et al.*, 1993 ; Anderson *et al.*, 1984 ; Bamba *et al.*, 2015). Ces auteurs ont rapporté une réduction des performances de croissance et de l'efficacité de la transformation alimentaire chez cette espèce nourrie avec un aliment contenant plus de 10% de fibres. Par ailleurs, des auteurs (Du *et al.*, 2005 ; Krogdahl *et al.*, 2005) ont rapporté qu'une augmentation des teneurs en lipides dans l'aliment peut induire une économie d'utilisation des protéines chez les poissons et permettre une augmentation de leurs performances de croissance. Des résultats similaires ont été rapportés par Ghanawi *et al.* (2011) chez *Siganus rivulatus*. L'écart de performances zootechniques observé entre les régimes AC et ASF pourrait également provenir de la nature des ingrédients utilisés et de la formule ou composition des aliments. En effet, il a été démontré que la qualité (digestibilité, assimilation, etc.) d'un aliment serait améliorée par la combinaison de plusieurs sous-produits agricoles (Nguyen *et al.*, 2009 ; Burel & Médale, 2014). Or le régime ASF ne contient que de la farine basse de riz (Tableau I). L'étude de Ouattara (2004), a montré que le son de maïs génère une meilleure croissance des poissons que la farine basse de riz. Ceci porte à croire que la différence

de croissance observée résulterait vraisemblablement de la composition des aliments. Les plus faibles performances de croissance ont été observées chez les lots non nourris avec l'aliment artificiel. Ces écarts de performances de croissance entre les lots nourris avec les aliments artificiels et ceux n'ayant pas reçu ce type d'aliment pourraient être en relation avec la sous-alimentation et le déséquilibre nutritionnel affectant les performances de croissance (Dabrowski *et al.*, 2007). En effet, De Silva (1995) indique que les organismes planctoniques sont moins énergétiques mais plus protéiques (55 et 60 %). Par conséquent les lots témoins auraient bénéficié de moins de rations alimentaires et d'énergie nécessaire pour couvrir leurs besoins et assurer une bonne croissance.

Concernant la production de riz, les différences de performances de croissance et de rendement enregistrées entre les traitements pourraient être en relation avec les aliments apportés. Il pourrait s'agir de la fertilisation due aux aliments artificiels non ingérés par les poissons. En effet, la pisciculture est un mode de production qui génère des déchets (Hargreaves *et al.*, 2005). Ces étangs nourris avec les aliments seraient particulièrement plus fertiles du fait de la décomposition et minéralisation des aliments non consommés par les bactéries, protozoaires (Arrignon, 2002).

Pour ce qui concerne les aliments exogènes, d'une manière générale, les étangs nourris avec l'aliment AC ont procuré des performances de croissance et de rendement significativement meilleurs ( $p < 0,05$  ; ANOVA 2) par rapport à ceux ayant reçu l'aliment ASF. Les écarts de performances de croissance de riz et de rendement observés entre les différents traitements alimentaires pourraient être en relation avec la composition des aliments et leur teneur en azote (protéines). Les résultats mettent en évidence à la fois les effets positifs de la combinaison de plusieurs sous-produits agricoles et de la teneur en protéine de l'aliment. En effet, les aliments AC titrant 23% (Azote (N) X 6,25) de protéine contre 13 % (Azote (N) x 6,25) pour ASF n'ont pas les mêmes valeurs en azote. L'aliment AC contient environ 3,7 % d'azote contre 2,1 % d'azote pour ASF. Il est à remarquer que les performances de croissance de riz et les rendements enregistrés croissent avec l'augmentation des teneurs en azote et le nombre de sous-produits contenus dans les aliments. En d'autres termes, la dégradation de l'aliment AC non consommé (3,7% Azote) par les poissons aurait mis à la disposition des plants de riz plus d'éléments minéraux, en l'occurrence de l'azote que l'aliment ASF (2,1 % d'azote) composé uniquement que de farine base de riz. Au regard de ce qui précède, la teneur en azote des aliments et leur composition de base pourrait être à l'origine des écarts de rendements et de performances de croissance constatés entre les traitements alimentaires. Des résultats similaires sont obtenus par Paradis (2017) à Madagascar au cours des études de l'effet du nourrissage et de l'empoissonnement des surfaces rizipiscicoles. Nos résultats sont semblables à ceux de Bouet *et al.* (2015). Ces auteurs ont obtenu des rendements de 2,36 à 3,11 t/ha de WITA 9 en Côte d'Ivoire.

Au regard des analyses de rentabilité économique, les résultats ont indiqué que l'utilisation des régimes complémentaires (ASF et AC) entraîne un gain économique grâce à de meilleures performances de croissances et d'utilisation des aliments. L'aliment complémentaire AC a eu un coût de revient plus cher que celui du régime complémentaire ASF. Toutefois, l'utilisation de ces régimes complémentaires malgré leur prix de revient pourrait se justifier en raison

des économies engendrées par leur efficacité alimentaire. L'utilisation de l'aliment complémentaire (ASF) permet une réduction des charges liées au nourrissage du tilapia par unité de gain de poids par un taux de 56,36 % comparé au régime AC. Les résultats observés pourraient être en relation avec la valeur nutritionnelle des aliments utilisés. En effet, selon New & Singholka (1985), plus le quotient nutritif (Qn) d'un aliment est bas, plus le rendement de la nourriture consommée est élevé et le coût de production lié à l'alimentation faible.

### Conclusion

Les résultats de la présente étude montrent que les performances de croissance et la production de tilapia *Oreochromis niloticus* et du riz sont significativement plus élevés chez les traitements nourris avec des régimes AC et ASF, comparé au traitement soumis au régime naturel. De même, l'aliment AC contenant à la fois la farine basse de riz et d'autres sous-produits agricoles (son de maïs, tourteaux de coton et soja) offre au tilapia *O. niloticus* et au riz WITA 9, les meilleures performances de croissance et de production comparativement au régime ne contenant que de la farine à base de riz. Considérant le poste de l'alimentation comme le principal coût de production en pisciculture, l'utilisation des régimes exogènes malgré leur prix de revient élevé au kilogramme peut se justifier du fait des économies résultant des meilleures productions et de performances de croissance obtenues chez les poissons et le riz comparé au régime AN, et la contribution à une aquaculture durable par la substitution des produits de la pêche (farine de poissons principalement) par des sous-produits agricoles.

### Remerciements

Cette étude a été conduite grâce à un financement de la CEDEAO. Elle a été réalisée dans le cadre du Programme d'Appui à la Transition Agro-Ecologique en Afrique de l'Ouest (PATAAO). Nous lui adressons nos sincères remerciements pour leur appui financier et logistique. Nous exprimons notre reconnaissance à M. KOUAKOU Kouadio, propriétaire de la ferme Bonoufla-kouadiokro pour avoir mis à notre disposition sa ferme. Nous exprimons notre sincère gratitude à l'ensemble du personnel de ladite ferme pour leur assistance pendant la collecte des données.

### Références Bibliographiques

**Aerni P. (2001).** Public attitudes towards agricultural biotechnology in developing countries: A comparison between Mexico and Philippines. Cambridge, USA: Centre for international development at Harvard University. The times of India, New Delhi, 47 p.

**Amian A. F., Wandan E. N., Blé M. C., Vanga A. F. and Assi-kaudjhis P. J. (2017).** Etude des déterminants socioéconomiques et techniques de la pisciculture extensive en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 13 (6) : 1857-7881.

**Anderson J., Jackson A. J., Matty A. J. and Capper B. S. (1984).** Effects of dietary carbohydrate and fiber on the Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758). *Aquaculture*, 37 : 303-314.

**Arrignon J. (2002).** L'aquaculture de A à Z. Lavoisier TEC & DOC, Paris, 437 p.

**Assi-kaudjhis J. P. (2009).** Evaluation des réglementations et des programmes aquacoles : Côte d'Ivoire. Sustainable Aquaculture Research Networks in Sub Saharan Africa (SARNISSA), EC FP7Project, 52 p.

**Avit J-B. L. F., Bony K. Y., Konan N. C., Konan K. Y., Assemien O. and Allouko J. R. (2012).** Conditions écologiques de production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) en association avec le riz WITA 12 en étang. *Journal of Applied Biosciences*, 58 : 4271-4284.

**Avit J-B. L. F., Bony K. Y., Konan F. K., Kouassi C. N., Traoré S. and Yté W. A. (2014).** Paramètres environnementaux du grossissement de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) (cichlidae, perciformes) en association avec le riz Djoukèmin (*Oryza sativa*) en étang. *Livestock Research For Rural Development*, 26 (7) : 1-12

**Bamba Y., Ouattara A., DA Costa K.S. and Gourène G. (2008).** Performances de croissance de juvéniles de *Oreochromis niloticus* nourris avec des résidus agricoles. *Sciences & Nature*, 5 (1) : 89-99.

**Bamba Y., Ouattara N., Ouattara S., Ouattara A. and Gourène G. (2014).** Effect of diets containing cocoa bean shell and coconut oil cake on the growth of *Oreochromis niloticus* (LINNE, 1758) in pond. *International Journal Biology and Chemistry Sciences*, 8 (4) : 1368-1380.

**Bamba Y., Doumbia L., Ouattara S., Ouattara A., Da Costa K. S. and Gourène G. (2015).** Effet de l'incorporation de sous-produits de cacao et d'arachide dans l'alimentation de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Afrique Sciences*, 11 (5) : 172-183.

**Bouet A., Amancho A. N., Kouassi N. and Anguete K. (2013).** Comportement de nouvelles lignées isogéniques de riz irrigué dotées du gène de résistance (rymv 1) au RYMV en Afrique de l'Ouest : situation de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (3) : 1221-1233.

**Bouet A., Gbedié N. A., Boka A. and Kouassi N. (2015).** Evaluation des variétés de riz prometteuses pour la résistance à quelques contraintes biotiques majeures et leurs performances agronomiques en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (4) : 2041-2056.

**Boyd C. E. and Tucker C. S. (1998).** Pond aquaculture water quality management. Kluwer academic publishers. Massachusetts, 700 p.

**Burel C. and Médale F. (2014).** Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture. *Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 21 (4) 406 : 2-15.

**Dabrowski K., Arslan M., Terjesen B. F. and Zhang Y. F. (2007).** The effect of dietary indispensable amino acid imbalances on feed intake: is there a sensing of deficiency and neural signalling present in fish. *Aquaculture*, 268: 136-142

**De Silva S. S. and Anderson T. A. (1995).** Fish nutrition in aquaculture. Chapman and Hall, London, 319 p.

**Du Z. Y., Liu Y. J., Tian L. X., Wang J. T., Wang Y. and Liang G. Y. (2005).** Effect of dietary lipid level on growth, feed utilisation and body composition by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Nutrition*, 11 : 139 - 146.

**FAO (2009).** L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. [www.fao.org/catalog/inter](http://www.fao.org/catalog/inter).

**Fiogbe E. D., Akitikp A. B. and Accodji J-M. M. (2009).** Essais de mise au point de formules alimentaires à base d'azolla (*Azolla microphylla kaulj*) et de sous-produits locaux pour la pisciculture rurale du tilapia *Oreochromis niloticus* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3

(2): 398-405.

**Francis G., Makkar h. P. S. and Becker k. (2001).** Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197-227.

**Garduno-Lugo M. and Olvera-Novoa M. A. (2008).** Potential of the use of peanut (*Arachis hypogaea*) leaf meal as a partial replacement for fish meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 39 : 1299 - 1306.

**Ghanawi J., Roy L., Davis D. A. and Saoud I. P. (2011).** Effects of dietary lipid levels on growth performance of marbled spinefoot rabbitfish *Siganus rivulatus*. *Aquaculture*, 310 : 395-400.

**Halwart M. and Van Dam A. A. (2010).** Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'ouest: Concepts, pratiques et perspectives d'avenir. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Rome, 199 p.

**Hargreaves, J. A., Tucker C. S., Thornton E. R. and Kingsbury, S. K. (2005).** Characteristics and sedimentation of initial effluent discharges from excavated levee ponds for channel catfish. *Aquaculture Engineering*, 33 : 96 - 109.

**Hem S., Curtis M. Y., Sene S. and Sagla C. (2008).** Pisciculture extensive en Guinée forestière, modèle de développement intégré et rizipisciculture, Projet 7 ACP.GUI.104- Convention CEE/IRD. 85 p.

**Hilton W., Atkinson J. L. and Slinger S. J. (1983).** Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4: 81-85.

**Janssen W. M. M. A. and Carré B. (1985).** Influence of fibre on digestibility of poultry feeds, In *Recent advances in animal nutrition, series studies in the agricultural and food sciences*, Haresign W. and Cole D. J. N. Eds., 19th Nutrition Conference for feed manufacturers, Butterworth, London 2 - 86

**Kouakou K. P-M., Muller B., Fofana A. and Guisse A. (2016).** Performances agronomiques de quatre variétés de riz pluvial NERICA de plateau semées à différentes dates en zone Soudano-Sahélienne au Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 99: 9382-9394.

**Krogdahl Å., Hemre G. I. and Mommsen T. P. (2005).** Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition*, 11: 103–122.

**Krogdahl A., Penn M., Thorsen J., Refstie S. and Bakke A. M. (2010).** Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses

in salmonids. *Aquaculture Research*, 41 : 333-344.

**MINAGRI-PNR (2008).** Note d'orientation et programmes de relance de l'activité rizicole en Côte d'Ivoire. Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Economie et des Finances, 31 p.

**MIPARH (2009).** (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques), Plan directeur de la pêche et de l'aquaculture (PDPA). Rapport, 84 p.

**MIRAH (2014).** (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques), Plan Stratégique de Développement de l'Élevage, de la Pêche et de l'Aquaculture en Côte d'Ivoire (PSDEPA 2014-2020), 102 p.

**New M. B. and Singholka S. (1985).** Production des crevettes d'eau douce. Manuel d'élevage de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO. Document Technique sur les techniques de pêche, Rome, 132 p.

**Niaré T. and Kalossi M. (2014).** La rizipisciculture au Mali: Pratiques et perspectives de l'innovation piscicole. *Tropicicultura*, 32 (3): 121-128.

**Nguyen T. N., Davis D. A. and Saoud I. P. (2009).** Evaluation of alternative protein sources to replace fishmeal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis* spp. *Journal of World Aquaculture Society*, 40: 113-121.

**ONDR (2010).** Stratégie nationale de développement de la filière riz en Côte d'Ivoire. Office Nationale de développement de la riziculture (ONDR), Ministère de l'Agriculture, 10 p.

**Ouattara N. I. (2004).** Etude du potentiel aquacole d'une population du tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 isolées dans le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Liège, Liège, 275 p.

**ParadisA. (2017).** Evaluation de l'impact de l'empoisonnement et des aménagements en rizipisciculture sur la productivité du système. Mémoire de fin de cycle, Paris, 121 p

**Pillay T. V. R. (1990).** Aquaculture principles and practices. Fishing News Books, Oxford, London U.K., 575 p.

**Schlumberger O. & Girard P. (2012).** Mémento de pisciculture d'étang. (5<sup>è</sup> eds). Editions Quae, 2013, c/o Inra, RD 10,78026Versailles Cedex. 222 p.

**Sibbald I. R. (1980).** The effects of dietary cellulose and sand on the combined metabolic plus endogenous energy and amino acid outputs of adult cockerels. *Poultry Science*, 59 (4) : 836-844

**Tacon A. G. J. and Metian. M. (2009).** Fishing for feed or fishing for food: Increasing global competition for small pelagic forage fish. *Ambio*, 38: 294-302.

# FAUNE CYNETIQUE EXPLOITEE DANS LA FILIERE VIANDE DE BROUSSE A L'EST DE LA COTE D'IVOIRE

SIKA Pascaline Laura, Tih Mathieu KOUÉ-BI\*, Sokambi Marie-Claire Victoire SIKPO et K. Hilaire YAOKOKORE-BEIBRO

## Résumé

La faune sauvage fait l'objet d'exploitation commerciale dans plusieurs régions de la Côte d'Ivoire malgré la fermeture de la chasse toujours en vigueur dans le pays. Mais les espèces faisant l'objet de commercialisation sont peu connues. Pour pallier à cette insuffisance d'informations, une étude portant sur la commercialisation de la viande de brousse a été menée de janvier à décembre 2018 à travers une enquête ethnozoologique semi-directive dans les marchés et restaurants des localités d'Akoupé, d'Abengourou et de Bondoukou. L'objectif de cette étude était d'actualiser les connaissances sur les espèces animales exploitées dans la filière viande de brousse à l'Est de la Côte d'Ivoire. Au total, 39 espèces animales ont été recensées dans les trois localités durant la période d'étude. Les Mammifères constituent le groupe zoologique le plus exploité dans ce commerce avec 28 espèces suivis des Oiseaux avec cinq espèces. Les moins exploités sont les Crocodiliens, les Lacertiliens et les Testudines avec une espèce chacun. Cinq espèces, de cette faune exploitée, figurent aussi bien sur la liste rouge de l'UICN que sur celle de la CITES et sur la liste des espèces protégées de la Côte d'Ivoire. Il s'agit du potto de Bosman *Perodicticus potto*, du pangolin à écailles tricuspidées *Phataginus tricuspis*, du pangolin à longue queue *Phataginus tetradactyla*, du crocodile nain *Osteolaemus tetraspis* et du python de Seba *Python sebae*. Ces résultats constituent une base de données importantes pour la mise en place des mesures de gestion durable des ressources naturelles en Côte d'Ivoire.

**Mots-clés :** Animaux sauvages, commercialisation, marchés, restaurants, Côte d'Ivoire.

## Abstract

### CYNETIC FAUNA EXPLOITED IN THE BUSHMEAT INDUSTRY IN EASTERN REGION CÔTE D'IVOIRE

Wildlife is subject to commercial exploitation in several regions of Côte d'Ivoire despite the closure of hunting still in force in the country. The species being marketed are little known. To overcome this lack of information, a study on the marketing of bushmeat was conducted from January to December 2018 through a semi-directive ethnozoological survey in the markets and restaurants of the localities of Akoupé, Abengourou and Bondoukou. The objective of this study was to update knowledge on the animal species used in the bushmeat sector in eastern Côte d'Ivoire. A total of 39 animal species were recorded in the three localities during the study period. Mammals are the most exploited zoological group in this trade with 28 species, followed by birds with five species, and Ophidians with three species. Crocodilians, Lacertilians and Chelonians are represented with one species each. Five of these exploited species appear on the IUCN red list, the CITES red list and the list of protected species in Côte d'Ivoire. It about namely the Bosman's potto *Perodicticus potto*, the white-bellied pangolin *Phataginus tricuspis*, the black-bellied pangolin *Phataginus tetradactyla*, the dwarf crocodile *Osteolaemus tetraspis* and the Seba python *Python sebae*. These results constitute an important database for the implementation of measures for the sustainable management of natural resources in Côte d'Ivoire.

**Keywords:** Wild animals, to be removed marketing, markets, restaurants, Côte d'Ivoire.

Unité Pédagogique et de Recherche de Biologie de la Conservation et Gestion de la Faune,  
Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité,

UFR Biosciences, Université Felix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22  
Abidjan, Côte d'Ivoire.

Adresses de correspondance : [matikouebi@gmail.com](mailto:matikouebi@gmail.com) / [hyaokokore@yahoo.fr](mailto:hyaokokore@yahoo.fr)

## 1. INTRODUCTION

En Afrique, le gibier, communément dénommée « viande de brousse », constitue une composante essentielle de l'alimentation des populations urbaines et rurales, du fait de ses valeurs nutritionnelles et culturelles (Casparly *et al.*, 2001 ; Mbeté *et al.*, 2011 ; Makosso-Vheiyé *et al.*, 2011). D'ailleurs, cette « viande » devient une source de revenus plus ou moins indispensable qui permet de couvrir les besoins financiers des populations des zones forestières (Toudonou *et al.*, 2004 ; Kpéra *et al.*, 2004 ; UICN/PACO, 2009). Cependant, pour assurer ces revenus, la demande en gibier devient de plus en plus accrue, ce qui impose un rythme de chasse qui a pour effet l'altération de la faune sauvage sous les tropiques (Okiwelu *et al.*, 2009 ; Abernety et Obiang, 2010 ; Chima *et al.*, 2020).

Pour freiner cette altération, la Côte d'Ivoire, depuis 1974, a pris un arrêté fermant officiellement la chasse sur tout son territoire (arrêté 003/SEPN/CAB du 20 février 1974). En outre, elle a ratifié la convention sur le commerce international des

espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) et la convention sur la diversité biologique (CDB). Malgré toutes ces mesures, le commerce du gibier persiste (Casparly *et al.*, 2001 ; Gonedélé *et al.*, 2016).

Les études menées sur la question sont légion en raison de l'importance économique, culturelle et culinaire de la viande de brousse (Casparly, 1999 ; Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2010 ; Gonedélé *et al.*, 2016). Cependant, concernant la partie orientale de la Côte d'Ivoire, l'étude de Casparly (1999) qui couvre le département d'Abengourou est vieillissante. Et, les actions de la Direction de la Faune et des Ressources Cynégétique dans cette partie du pays sont quasiment inexistantes.

L'actualisation permanente des données sur l'exploitation de la faune afin de déterminer avec efficacité la richesse spécifique de la faune sauvage encore exploitée comme gibier a été le moteur de cette étude. Elle est soutenue par trois hypothèses. La première stipule que différents groupes zoologiques sont exploités dans le commerce. La seconde hypothèse soutient que les espèces

animales commercialisées varient d'un département à un autre mais aussi en fonction des mois et des saisons. Et la troisième énonce que des espèces à statut de conservation particulier font également parties du commerce de faune sauvage. Cette étude a donc été réalisée avec pour objectif général, d'améliorer les connaissances sur les espèces animales exploitées dans la filière viande de brousse à l'Est de la Côte d'Ivoire. Il s'est agi spécifiquement d'inventorier les espèces de faune utilisées comme gibier, ensuite de déterminer leur répartition spatio-temporelle dans l'Est de la Côte d'Ivoire et enfin de spécifier leur statut de conservation.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Sites d'étude

L'étude a été réalisée dans deux des onze départements de la zone Sud-Est (Akoupé et Abengourou) et dans un des neuf départements de la zone Nord-Est (Bondoukou), de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Ces trois localités, présentent des faciès phytogéographiques différents. Le département d'Akoupé ( $06^{\circ}14'$  à  $06^{\circ}30'$  N et  $03^{\circ}37'$  à  $03^{\circ}48'$  O), est localisé dans la zone guinéo-congolaise correspondant aux forêts denses humides couvrant le sud de la Côte d'Ivoire (Kouamé et Zoro Bi, 2010), avec une hauteur de pluie maximale atteignant 200 mm, enregistrée au mois de juillet pour l'année 2018 (NASA. POWER, 2021). Quant au département d'Abengourou ( $06^{\circ}42'40''$  N à  $06^{\circ}43'04''$  N et  $03^{\circ}31'48''$  O à  $03^{\circ}28'12''$  O), il est situé dans la zone de transition guinéo congolaise/soudanienne traversant le centre du pays, caractérisé par des forêts denses semi-décidues (Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2005), avec une hauteur maximale de pluie de 194 mm enregistrée au mois de juillet pour l'année 2018 (NASA. POWER, 2021). Ces données climatiques montrent que les départements d'Akoupé et d'Abengourou présentent les mêmes découpages saisonniers à savoir une grande et une petite saison des pluies ; une grande et une petite saison sèche (Figure 2). Enfin, celui de Bondoukou ( $09^{\circ}15'36''$  N à  $09^{\circ}16'48''$  N et  $03^{\circ}00'36''$  O à  $02^{\circ}59'24''$  O) est situé dans la zone soudanienne occupant le nord du pays à la limite du secteur mésophile du domaine guinéen, caractérisé par des transitions forêts-savanes avec une nette dominance des formations de savanes (N'dri *et al.*, 2020). Bondoukou avec son climat de type subsoudanais n'a que deux saisons : une grande saison des pluies et une grande saison sèche (Figure 3). Pour l'année 2018, la hauteur de pluie maximale atteignait 200 mm au mois de juin (NASA. POWER, 2021).

Le choix de ces différents sites a été motivé par le fait qu'ils abritent un important réseau de forêts classées et de Parc National. En effet, le département d'Akoupé a en son sein, les forêts classées d'Agbo 1, Agbo 2 et Besso. Et celui d'Abengourou abrite entre autres les forêts classées de Béki et Bossématié. Le département de Bondoukou, au voisinage du Parc National de la Comoé, a en son sein plusieurs forêts classées dont celles de Kohodio et de Bélé-Fima (SODEFOR, 2017).

De plus, l'étude de Caspary (1999) dans le département d'Abengourou, avait révélé une importante activité de chasse et de commercialisation de la viande de brousse dans cette partie de la Côte d'Ivoire. Il était donc opportun d'actualiser les données.

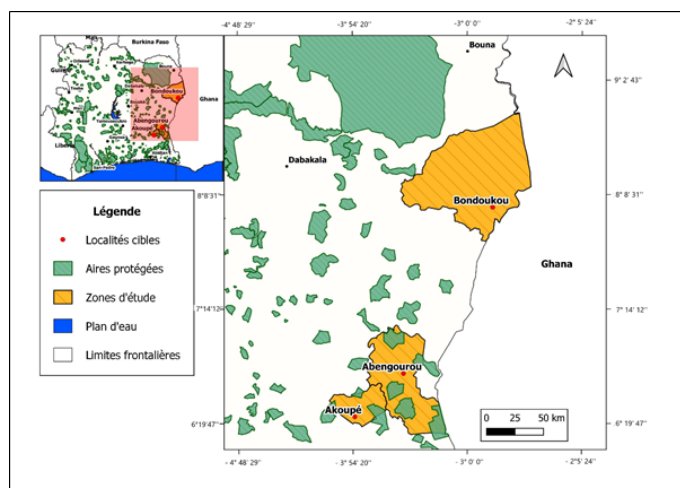


Figure 1 : Carte des zones d'étude

Référence : QGis 2.18-2016

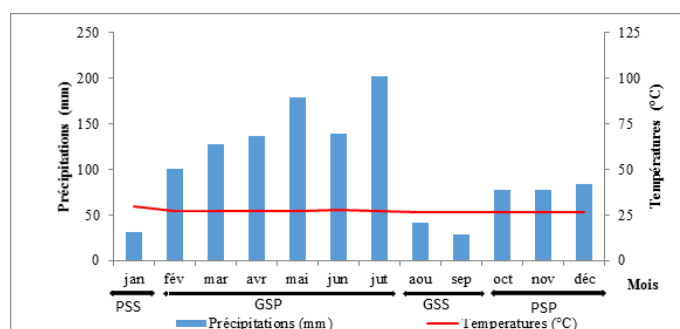
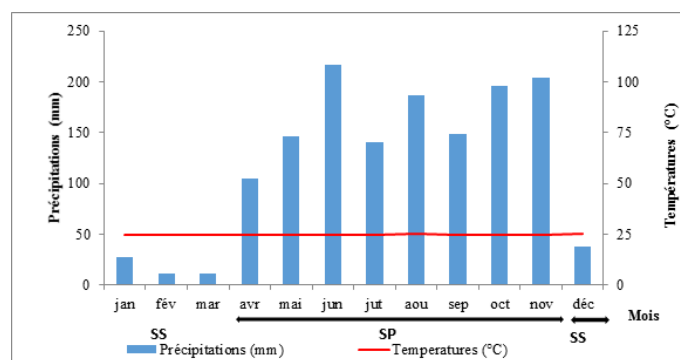


Figure 2: Diagramme ombro-thermique de l'année 2018 des villes d'Akoupé et d'Abengourou (NASA.POWER, 2021)

jan : janvier, fév : février, mar : mars, avr : avril, mai : mai, jun : juin, jul : juillet, aou : août, sep : septembre, oct : octobre, nov : novembre, déc : décembre.

GSS : Grande Saison Sèche, GSP : Grande Saison des Pluies, PSS : Petite Saison Sèche, PSP : Petite Saison des Pluies.



### 2.2. Matériel

Figure 3: Diagramme ombro-thermique de l'année 2018 de la ville de Bondoukou (NASA.POWER, 2021)

jan : janvier, fév : février, mar : mars, avr : avril, mai : mai, jun : juin, jul : juillet, aou : août, sep : septembre, oct : octobre, nov : novembre, déc : décembre.

SS : Saison Sèche, SP : Saison des Pluies.

La réalisation de cette étude a nécessité l'usage du logiciel KOBACOLLECT version 1.4.8. Ce logiciel a servi à administrer le guide questionnaire lors des visites dans les différents marchés et restaurants à l'aide d'un smartphone (HUAWEI P30 lite). Les réponses aux questions étaient enregistrées directement sur le logiciel et parfois à l'aide d'un dictaphone (Sony ICD-PX370). Un appareil photographique (Canon PowerShot SX720 HS) a servi à photographier les dépouilles des animaux inventoriés. Leur identification a été faite à l'aide des guides des mammifères (Kingdom, 2016), des oiseaux d'Afrique de l'Ouest (Borrow et Demey, 2012), des serpents d'Afrique occidentale et centrale (Chippaux, 2006 ; Trape et Mané, 2006) et du manuel des lézards,



crocodiles et tortues d'Afrique occidentale et du Sahara (Trape *et al.*, 2012). Le matériel de géolocalisation était constitué d'un appareil GPS de marque (ETREX 30).

2.3. Méthodes

La collecte des données s'est effectuée sur 12 mois, de janvier à décembre 2018. La méthodologie utilisée a consisté à mener une enquête semi-directive (Fugier, 2006 ; Koué-Bi *et al.*, 2017) auprès des commerçants et restaurateurs de la viande de brousse. En effet, à l'aide d'un questionnaire semi-structuré, chaque mois, sept jours d'enquête était effectués dans chacun des trois départements. Au cours de cette semaine d'enquête, les commerçants de viandes de brousse des marchés ont été visités quotidiennement de 8h à 13h 30 min sur six jours. Quant aux personnes ayant un restaurant où la viande de brousse était cuisinée, les visites se faisaient de 14h 30 min à 17h 30 min, chaque deux jours à raison de trois jours la semaine, pour éviter des perturbations de leurs activités. Le choix des marchés et restaurants a été guidé non seulement par la disponibilité et l'accessibilité des personnes enquêtées, mais aussi par la présence d'une activité de commercialisation de la viande de brousse sous divers aspects.

Au total, trois marchés et dix-neuf restaurants ont faits l'objet de suivi. Deux types de marché ont été trouvés dans le département d'Akoupé, un marché de gros à Agbaou et un marché de détail au sein du marché de la ville. Un seul marché de détail a été visité au niveau du département d'Abengourou. Quant au département de Bondoukou, il n'enregistre aucun marché visité. En ce qui concerne les restaurants, Abengourou a eu le nombre le plus élevé à savoir dix restaurants visités. Puis Bondoukou, cinq restaurants et Akoupé en totalise quatre.

A chaque visite, les dépouilles d'animaux vus sont identifiées à l'aide des guides. Concernant les animaux boucanés et découpés, cette identification est faite avec l'aide des interviewés en comparaison avec les images des différents guides. Ensuite, le guide questionnaire est administré (Caspary *et al.*, 2001). Les informations recueillies portent principalement sur le nom usuel et en langue locale du département visité (Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2010), l'état à la vente et le lieu de provenance de l'animal (Gonedélé *et al.*, 2016).

2.4. Analyses des données

Les résultats obtenus ont permis de dresser les différentes listes taxonomiques et phylogénétiques (Lécointre et Le Guyader, 2017) des espèces enregistrées dans le commerce de gibier pour les trois localités. Et, chaque spécimen a été associé à son statut national (DFRC, 1994), son statut UICN (2021) ainsi qu'à sa classification selon les annexes de la CITES (2021). Puis, les données ont été analysées en utilisant en premier lieu les indices de la statistique descriptive, notamment les fréquences et les pourcentages. Les tableaux et graphiques ont été faits à l'aide du tableur Excel 2013. L'indice de similarité de Sorensen (S') entre les localités a été calculé ( $S' = \frac{2C}{(A+B)} * 100$ ), avec A : nombre d'espèces de la localité X, B : nombre d'espèces de la localité Y et C : nombre d'espèces communes aux localités X et Y. Cet indice a permis d'apprécier la similarité des espèces obtenues dans les localités prises deux à deux.

Le test de Kruskal-Wallis effectué au seuil de 5 % a été utilisé pour comparer la richesse spécifique entre les localités

et les saisons. Ces différentes analyses ont été réalisées avec le logiciel STATISTICA version 7.1. (Statsoft, 2005).

3. RESULTATS

3.1. Espèces de faune sauvage exploitées dans le commerce de gibier sur l'ensemble des sites

Au total, 39 espèces animales ont été recensées dans le commerce de gibier sur l'ensemble des marchés et restaurants enquêtés (Tableau 1). Ces espèces appartiennent aux classes zoologiques que sont les Mammifères et les Sauropsidiés. La classe des Mammifères a été la mieux représentée avec 2,55 fois plus d'espèces recensées (28 espèces) que celle des Sauropsidiés (11 espèces).

Tableau 1 : Espèces de faune observées dans le commerce de gibier dans les localités d'Akoupé, d'Abengourou et de Bondoukou de janvier à décembre 2018.

Classes/sous-classes	Ordres/Familles/Espèce	Noms en français	Akoupé	Abengourou	Bondoukou	Statut national	Statut UICN	Statut CITES	
Mammifères	<b>Hyracodés</b>								
	<i>Hyracoidae</i>								
	<i>Dendrohyrax dorsalis</i> (Fraser, 1854)	Daman des arbres	X	X	X		LC		
	<i>Procavia capensis</i> (Pallas, 1766)	Daman des rochers	X				LC		
	<b>Primates</b>								
	<i>Cercopithecoidea</i>								
	<i>Cercopithecus petaurista</i> (Schreber, 1774)	Pétauriste	X				NT	Annexe II	
	<i>Erythrocebus patas</i> (Schreber, 1774)	Patas	X				NT	Annexe II	
	<i>Leontide</i>								
	<i>Proteropithecus potto</i> (Müller, 1766)	Potto de Bosman	X	X		ANNEXE I	NT	Annexe II	
	<b>Carnivores</b>								
	<i>Viverridae</i>								
	<i>Genetta pardina</i> (L. Geoffroy, 1832)	Genette pardine	X	X			LC		
	<i>Civettictis civetta</i> (Schreber, 1774)	Civettes d'Afrique	X	X					
	<i>Nandimidae</i>								
<i>Nandinia binotata</i> (Gray, 1830)	Nandinie ou civette palmiste	X			ANNEXE II	LC			
<i>Herpestidae</i>									
<i>Atilax paludinosus</i> (Cuvier, 1829)	Mongoose des marais	X				LC			
Mammifères	<b>Lagomorphes</b>								
	<i>Leporidae</i>								
	<i>Lepus saronitis</i> Cuvier, 1823	Lievre des rochers			X		LC		
	<b>Pholidotes</b>								
	<i>Manidae</i>								
	<i>Phataginus tricuspis</i> (Rafinesque, 1821)	Pangolin à écailles tricuspidées	X	X	X	ANNEXE II	EN	Annexe II	
	<i>Phataginus tetradactyla</i> (Linné, 1766)	Pangolin à longue queue	X	X		ANNEXE II	VU	Annexe II	
	<b>Rongeurs</b>								
	<i>Sciuridae</i>								
	<i>Yarus erythropus</i> (Desmarest, 1817)	Ecureuil fousseur	X	X			LC		
	<i>Heliosciurus rufobrachium</i> (Waterhouse, 1842)	Héliosciure à pattes rousses	X	X			LC		
	<i>Epixerus ebii</i> (Temminck, 1853)	Ecureuil d'Ebi	X	X			LC		
	<i>Anomaluridae</i>								
	<i>Anomalurus pelii</i> (Schlegel et Müller, 1845)	Anomalure de Pel	X	X			DD		
	<i>Tryonomidae</i>								
<i>Tryonomys swinderianus</i> (Temminck, 1827)	Antlécote	X	X	X		LC			
<i>Hystriidae</i>									
<i>Atherurus africanus</i> Gray, 1842	Arthéure africain	X	X	X		LC			
<i>Cryctomidae</i>									
<i>Cricetomys gambianus</i> Waterhouse, 1840	Rat géant de Gambie	X	X	X		LC			
Mammifères	<b>Cetartiodactyles</b>								
	<i>Cricetomys emini</i> Wroughton, 1910	Rat des forêts	X	X			LC		
	<b>Suidae</b>								
	<i>Potamochoerus porcus</i> (Linné, 1758)	Potamochère		X		ANNEXE II	LC		
	<b>Bovidae</b>								
	<i>Kobus kob</i> (Erxleben, 1777)	Cobe de Buffon			X		LC		
	<i>Tragelaphus scriptus</i> (Pallas, 1764)	Guib haraché	X	X	X		LC		
	<i>Cephalophus dorsalis</i> Gray, 1846	Céphalophe à bande dorsale noire	X	X	X		NT		
	<i>Phaenoloma mazwelli</i> (Smith, 1827)	Céphalophe de MAXWELL	X	X	X		LC		
	<i>Neotragus pygmaeus</i> (Linné, 1758)	Antilope royale	X	X		ANNEXE I	LC		
	<b>Oiseaux</b>								
	<b>Accipitriformes</b>								
	<i>Accipitridae</i>								
	<i>Accipiter melanoleucus</i> Smith, 1830	Autour noir*	X			ANNEXE II	LC		
	Sauropsidiés/ Achromaurens	<b>Galliformes</b>							
<i>Phasianidae</i>									
<i>Pternistis albanensis</i> (Temminck, 1851)		Francolin d'Ahanta	X	X	X		LC		
<i>Pternistis bicalcaratus</i> (Linné, 1766)		Francolin à double épéron	X		X		LC		
<i>Peliperdix lathamii</i> (Hartlaub, 1854)		Francolin de Latham	X				LC		
<i>Nympha melanogris</i> (Linné, 1758)		Pintade de Numidie			X		LC		
<b>Testudines</b>									
<i>Testudinidae</i>									
<i>Kinixys homeana</i> , Bell, 1827		Tortue à charnière de Home	X	X			CR	Annexe II	
Sauropsidiés/ Lepidosauriens		<b>Squamates</b>							
		<i>Ophidiidae</i>							
		<i>Eliopidae</i>							
		<i>Dendroaspis viridis</i> (Hallowell, 1844)	Mamba vert	X				LC	
		<i>Pythonidae</i>							
		<i>Python sebae</i> (Gmelin, 1789)	Python de Seba	X			ANNEXE II	NT	
	<i>Viperidae</i>								
	<i>Bitis rhinoceros</i> (Schlegel, 1855)	Vipère rhinocéros	X				LC		
	<b>Lacertillians</b>								
	<i>Varamidae</i>								
	<i>Varamus niloticus</i> (Linné, 1766)	Varan du Nil	X				LC	Annexe II	
	Sauropsidiés/ Cheloniens	<b>Testudines</b>							
		<i>Testudinidae</i>							
		<i>Kinixys homeana</i> , Bell, 1827	Tortue à charnière de Home	X	X			CR	Annexe II

En considérant les familles appartenant à la classe des Mammifères, celle des Bovidae a été la plus diversifiée, avec 1,67 fois plus d'espèces que celles des Herpestidae et des Scuriidae qui les suivaient (Figure 4). Les familles les moins diversifiées ont été celles des Cercopitheciidae, des Loridae, des Nandiniidae, des Leporidae, des Anomaluridae, des Tryonomidae et des Hystridae donc au nombre de sept avec chacune une espèce. Deux espèces de la classe des Mammifères sont présentées par les figures 5 et 6.

Chez les Sauropsida, les différents taxons rencontrés dans le commerce appartenaient par ordre d'importance numérique, au Super-ordre des Oiseaux avec 1,25 fois plus d'espèces que les Ordres des Squamates qui le talonnaient, puis avec 5 fois plus d'espèces que les Crocodiliens et les Testudines qui tenaient la queue du rang (Figure 7). Quelques photos et images des Sauropsidés rencontrés dans le commerce de gibier au cours de l'étude ont été illustrées sur les figures 8 et 9. L'Ordre des Squamates renfermait les Sous-ordres des Ophidiens (Serpents) avec trois espèces et des Lacertiliens (Lézards) avec une espèce.

Chez les Oiseaux, les familles des Phasianidae avec quatre espèces et celle des Accipitridae avec une espèce ont été les deux familles présentes dans le commerce de la viande brousse. Concernant les Ophidiens, seules les familles des Elapidae, des Viperidae et des Pythonidae faisaient l'objet de commerce de viandes de brousse avec chacune une espèce. Quant aux Crocodiliens, Lacertiliens et Testudines, ils ont été représentés respectivement par les familles des Crocodylidae, des Varanidae et des Testudinidae avec chacune une espèce.

### 3.2. Comparaison de la richesse en gibier selon les sites

Le nombre d'espèces animales utilisées comme gibier différait, dans sa composante spécifique, d'un département à un autre. Ainsi, 34 espèces ont été le nombre le plus élevé d'espèces animales commercialisées enregistrées à Akoupé contre 12 espèces, le plus faible nombre d'espèces animales commercialisées enregistrées à Bondoukou et 24 espèces comme le nombre intermédiaire d'espèces animales commercialisées enregistrées dans le département d'Abengourou (Figure 10). Ainsi, le test de Kruskal-Wallis a montré l'existence d'une différence significative concernant le nombre d'espèces obtenues par site ( $p = ,000$ ). Toutefois, ces différentes localités partageaient ensemble huit espèces de la faune sauvage exploitées dans la zone Est du pays.

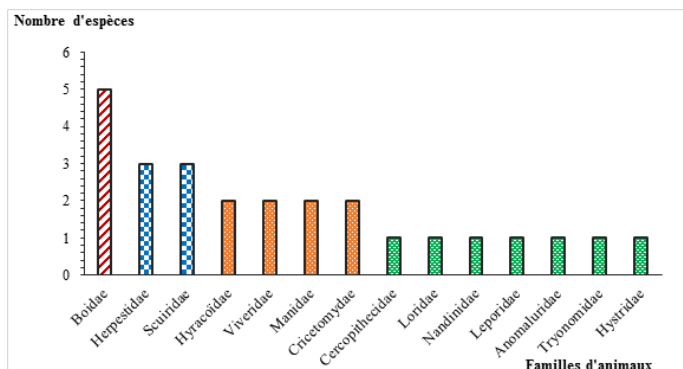


Figure 4: Répartition par famille des espèces de Mammifère recensées dans le commerce de gibier au cours de l'année 2018 sur l'ensemble des sites



Figure 5: Pangolin à longue queue *Phataginus tricupsis* (Linné, 1766) en bordure de route dans le village d'Agbaou dans le département d'Akoupé



Figure 6: Dépouilles de gnu harnaché *Tragelaphus scriptus* (Pallas, 1766) dans le département d'Akoupé

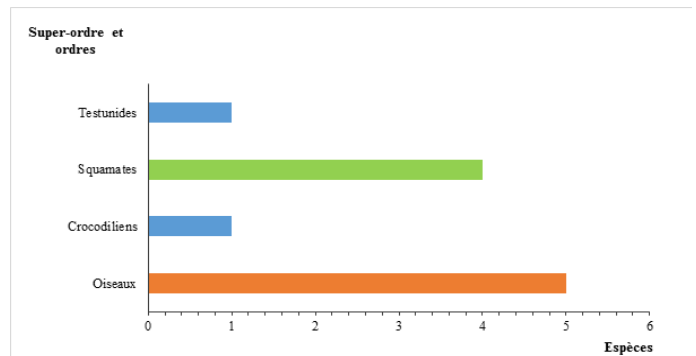


Figure 7: Répartition par ordres des espèces de Sauropsidés recensées dans le commerce de gibier au cours de l'année 2018 sur l'ensemble des sites.



Figure 8: Dépouilles de deux individus de Francolin d'Ahanta *Pternistis ahantensis* (Temminck, 1851), observées au marché d'Agbaou en 2018.



Figure 9: Dépouille de crocodile nain *Osteoleaemus tetraspis* Cope, 1861, observée dans un restaurant à Akoupé en 2018.

En considérant les localités deux par deux, les départements d'Akoupé et d'Abengourou partageaient ensemble 21 espèces. De même, une valeur de 72,41% a été obtenue pour l'indice de similarité de SORENSSEN calculé pour ces deux localités. Dix espèces ont été communes aux départements d'Abengourou et de Bondoukou avec une valeur de 55,55% obtenue pour l'indice de similarité de SORENSSEN calculé.

Enfin, la localité d'Akoupé partageait avec celle de Bondoukou, huit espèces de faunes sauvages exploitées dans la zone avec une valeur de 34,78% obtenue pour l'indice de similarité de SORENSSEN calculé pour ces deux localités. Le constat a été que cette similarité a été très élevée pour le couple de département Akoupé–Abengourou, moyenne entre Abengourou et Bondoukou, puis faible entre Akoupé et Bondoukou.

A l'opposé, la vente de certaines espèces a été uniquement localisée. Ainsi, le département d'Akoupé a enregistré 13 espèces parmi lesquelles la nandinie *Nandinia binotata*, le francolin de Latham *Peliperdix lathamii* et le python de Seba *Python sebae* qui n'ont été aperçues ni à Abengourou, ni à Bondoukou. Le département d'Abengourou

a été la seule localité où le potamochère *Potamocheirus porcus* a été commercialisé. Par contre dans le site de Bondoukou, seuls, la pintade commune *Numida meleagris* et le cobe de Buffon *Kobus kob*, ont été spécifiquement vendus donc non commercialisés nulle part ailleurs.

**3.3. Variations mensuelles et saisonnière de la richesse spécifique dans le commerce de gibier**

**3.3.1. Variations mensuelles de la richesse spécifique dans le commerce de gibier pour l'ensemble des sites**

Les sessions d'enquêtes sur les marchés et restaurants de viande de brousse durant 12 mois pour les trois sites d'étude a montré que la richesse spécifique a été importante avec 1,4 fois plus d'espèces animales abattues et commercialisées durant le mois de novembre que celles vendues au cours du mois de juin correspondant au plus faible nombre d'espèces animales gibiers destinées à la commercialisation et à la consommation (Figure 11). Cependant, le test de Kruskal-Wallis n'a révélé aucune différence significative dans le nombre d'espèces obtenues par mois ( $p = ,999$ ).

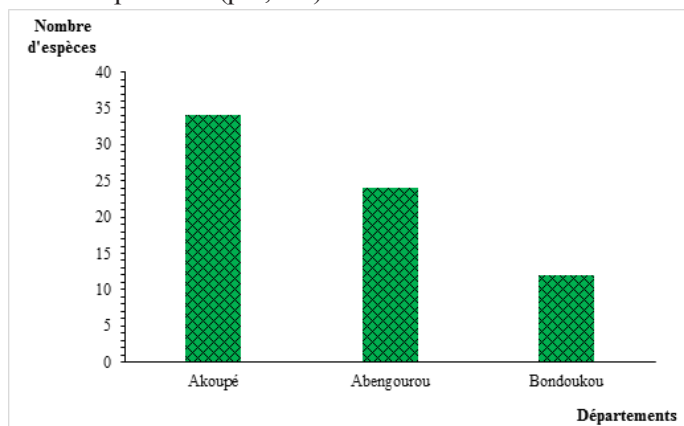


Figure 10: Variation du nombre d'espèces recensées dans le commerce par département de janvier à décembre 2018

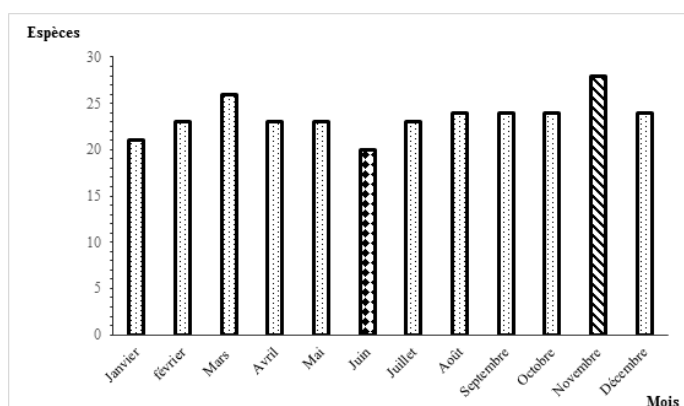


Figure 11: Variation mensuelle du nombre d'espèces vendues dans le commerce à l'Est de la Côte d'Ivoire de janvier à décembre 2018.

**3.3.2. Variations saisonnières de la richesse spécifique dans le commerce de gibier pour chacun des sites**

Concernant les saisons, l'analyse a été faite par site pour le simple fait que les différentes localités retenues pour les investigations n'avaient pas les mêmes découpages saisonniers. En effet, le département de Bondoukou avait

une saison sèche et une saison des pluies, tandis que ceux d'Akoupé et d'Abengourou en avaient une grande (GSP) et une petite saison (PSP) des pluies, puis une grande (GSS) et une petite saison sèche (PSS), soit quatre saisons.

A Akoupé, la richesse spécifique a été plus élevée au cours de la GSP avec 1,17 fois plus d'espèces animales abattues que le nombre enregistré durant la GSS donc le moins élevé (Figure 12). L'indice de similarité de Sorensen calculé pour les saisons pris deux à deux (PSS-GSP= 81,63% ; PSS-GSS= 88,88% ; PSS-PSP= 83,33% ; GSP-GSS= 84,61% ; GSP-PSP= 83,63% et GSS-PSP= 82,35%) a montré une très forte similarité entre les deux saisons sèches. Toutefois, la similarité des espèces mises en vente au cours des saisons pris deux à deux a été dans l'ensemble très élevée.

A Abengourou, la GSP se démarquait avec 21 espèces tandis que les autres saisons se stabilisaient autour de 14 et 15 espèces (Figure 13). L'indice de similarité de Sorensen calculé pour les saisons pris deux à deux (PSS-GSP= 68,57% ; PSS-GSS= 82,75% ; PSS-PSP= 92,85% ; GSP-GSS= 61,11% ; GSP-PSP= 74,28% et GSS-PSP= 82,75%) a montré une très forte similarité entre la petite saison sèche et la petite saison des pluies. Cependant, la similarité des espèces mises en vente au cours des saisons pris deux à deux a été dans l'ensemble élevée.

A Bondoukou, la richesse spécifique a été plus élevée au cours de la SS avec 1,22 fois plus d'espèces animales que le nombre d'espèces animales obtenu durant la SP donc le moins élevé (Figure 14).

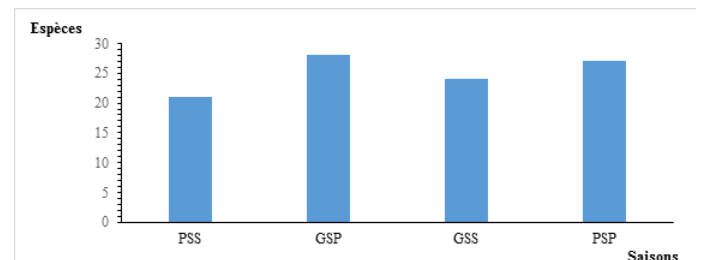


Figure 12: Variation saisonnière du nombre d'espèces animales vendues dans le commerce dans le département d'Akoupé de janvier à décembre 2018

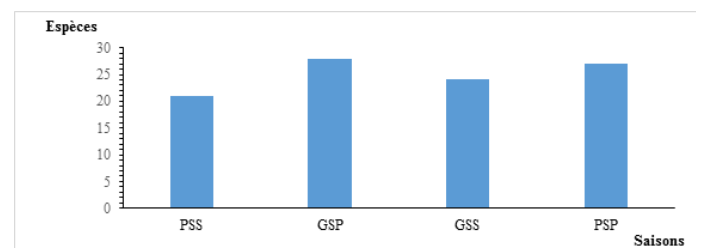


Figure 13: Variation saisonnière du nombre d'espèces animales vendues dans le commerce dans le département d'Abengourou de janvier à décembre 2018.

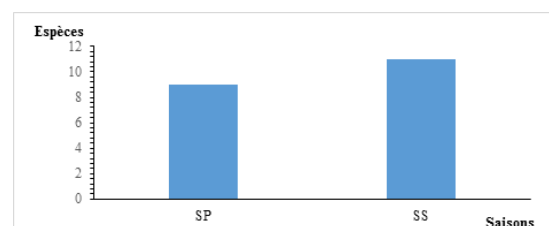


Figure 14: : Variation saisonnière du nombre d'espèces animales vendues dans le commerce dans le département de Bondoukou de janvier à décembre 2018.

### 3.4. Espèces à statut de conservation préoccupant

Sur l'ensemble des espèces de gibier inventoriées selon la liste rouge de l'UICN, les classifications des neuf espèces animales suivantes ont été faites : -i- la tortue à charnière de Home *Kinixys homeana* a été classée en danger critique d'extinction (CR) soit une espèce ; -ii- le pangolin à écailles tricuspidées *Phataginus tricuspis* a été classé en danger (EN) soit une espèce ; -iii- le pangolin à longue queue *Phataginus tetradactyla* et le crocodile nain d'Afrique *Osteolaemus tetraspis* ont été classés vulnérables (VU) soit deux espèces ; -iv- le singe pétauriste *Cercopithecus petaurista*, le singe patas *Erythrocebus patas*, le potto de Bosman *Perodicticus potto*, le céphalophe à bande dorsale noire *Cephalophus dorsalis* et le python de Seba *Python sebae* ont été classés quasi-menacés (NT) soit cinq espèces.

En outre, selon la CITES, les trois espèces suivantes ont été inscrites en annexe I : le pangolin à écailles tricuspidées *Phataginus tricuspis* ; le pangolin à longue queue *Phataginus tetradactyla* ; le crocodile nain d'Afrique *Osteolaemus tetraspis*. Par contre les six espèces suivantes ont été inscrites en annexe II de cette même liste : le singe pétauriste *Cercopithecus petaurista* ; le singe patas *Erythrocebus patas* ; le potto de Bosman *Perodicticus potto* ; le python de Seba *Python sebae* ; le varan du Nil *Varanus niloticus* ; la tortue à charnière de Home *Kinixys homeana*.

Au plan national de la Côte d'Ivoire, le potto de Bosman *Perodicticus potto* et l'antilope royale *Neotragus pygmaeus* ont été les deux espèces entièrement protégées, tandis que le python de Seba *Python sebae*, le potamochère *Potamocheilus porcus*, le pangolin à écailles tricuspidées *Phataginus tricuspis*, le pangolin à longue queue *Phataginus tetradactyla*, la nandinie *Nandinia binotata* et le crocodile nain d'Afrique *Osteolaemus tetraspis* ont été les six autres espèces partiellement protégées.

Les enquêtes effectuées ont révélé que 14 des espèces animales exploitées dans le commerce de gibier présentaient un statut préoccupant pour la conservation, soit au plan international ou au plan national (Tableau 2). Le potto de Bosman *Perodicticus potto* ; le pangolin à écailles tricuspidées *Phataginus tricuspis*, le pangolin à longue queue *Phataginus tetradactyla*, le python de Seba *Python sebae* et le crocodile nain d'Afrique *Osteolaemus tetraspis* sont cinq de ces espèces qui méritaient une attention particulière car elles ont été menacées de disparition aussi bien sur le plan international que sur le plan national.

Noms scientifiques	Noms communs	Statut UICN	Statut CITES	Statut national
<i>Cercopithecus petaurista</i> (Schreber, 1774)	Pétauriste	NT	Annexe II	
<i>Erythrocebus patas</i> (Schreber, 1774)	Patas	NT	Annexe II	
<i>Perodicticus potto</i> (Müller, 1766)	Potto	NT	Annexe II	ANNEXE I
<i>Phataginus tricuspis</i> (Rafinesque, 1821)	Pangolin à ventre blanc	EN	Annexe I	ANNEXE II
<i>Phataginus tetradactyla</i> (Linné, 1766)	Pangolin à ventre noir	VU	Annexe I	ANNEXE II
<i>Nandinia binotata</i> (Gray, 1830)	Nandinie ou civette palmiste	LC		ANNEXE II
<i>Potamocheilus porcus</i> (Linné, 1758)	Potamochère	LC		ANNEXE II
<i>Cephalophus dorsalis</i> Gray, 1846	Céphalophe à bande dorsale noire	NT		
<i>Neotragus pygmaeus</i> (Linné, 1758)	Antilope royale	LC		ANNEXE I
<i>Accipiter melanoleucus</i> Smith, 1830	Autour noir	LC		
<i>Osteolaemus tetraspis</i> Cope, 1861	Crocodile nain	VU	Annexe I	ANNEXE II
<i>Python sebae</i> (Gmelin, 1789)	Python de Seba	NT	Annexe II	ANNEXE II
<i>Varanus niloticus</i> (Linné, 1766)	Varan du Nil	LC	Annexe II	
<i>Kinixys homeana</i> , Bell, 1827	Tortue à charnière de Home	CR	Annexe II	

ANNEXE I : espèces protégées en Côte d'Ivoire ; ANNEXE II : espèces partiellement protégées en Côte d'Ivoire ; ANNEXE III : Animaux sauvages ne faisant l'objet d'aucune protection particulière en Côte d'Ivoire ; VU : vulnérable ; EN : en danger ; NT : quasi menacé ; LC : préoccupation mineure ; Annexe I (CITES) : espèces menacées d'extinction qui sont ou pourraient être affectées par le commerce. Annexe II (CITES) : espèces bien que n'étant pas nécessairement menacées actuellement d'extinction, qui pourraient le devenir si le commerce de leurs spécimens n'était pas étroitement contrôlé.

## 4. Discussion

### 4.1. Limites de l'étude

Le décret de fermeture de la chasse étant toujours en vigueur dans le pays, l'activité de commercialisation de la viande de brousse est donc illégale. De ce fait, la méfiance des commerçants et restaurateurs de gibier a été la plus grande difficulté de cette étude. Certains ont affiché un refus catégorique à participer à l'étude. Aussi, les informations sur les lieux de provenance des animaux commercialisés n'ont pu être obtenues. Ce qui aurait été des données très intéressantes pour les gestionnaires de la faune. En outre, une grande proportion de dépouilles des animaux présents sur les étals était constituée par de la viande boucanée en ce qui concerne les commerçants et de gibier cuisiné au niveau des restaurateurs. Cet état a parfois rendu difficile l'identification des espèces animales.

### 4.2. Espèces de faune sauvage exploitées dans le commerce de viande de brousse sur l'ensemble des sites

La richesse spécifique de la faune sauvage exploitée dans le commerce de la viande de brousse dans la zone Est de la Côte d'Ivoire est importante. Celle-ci est majoritairement supportée par les Mammifères, ensuite viennent les Sauropsidés. Cette prépondérance des Mammifères parmi la faune cynégétique peut être en forte corrélation avec les moyens de captures (fusils de chasse, pièges à collet et à lac, et pièges à mâchoires) qui vont les viser prioritairement. Elle peut être liée aussi à la forte demande des consommateurs en gibiers surtout les Mammifères plus ancrés dans les habitudes alimentaires comparé aux autres groupes zoologiques (Mbeté *et al.*, 2011). Cette prédominance des Mammifères dans le commerce de la viande de brousse est également signalée dans la région Sud-Ouest du pays, notamment à Dassioko (Gonedélé *et al.*, 2016).

Parmi les Mammifères, les Rongeurs sont les plus nombreux dans les prises des chasseurs. L'abondance plus élevée des Rongeurs malgré un taux de chasse fréquent et non durable pourrait être attribuée à la disponibilité des graminées et autres matières végétales dont ils se nourrissent. Mais aussi à leur capacité d'adaptation aux écosystèmes dégradés. Aussi cette prédominance des Rongeurs peut être probablement due à leur taux de reproduction élevé ainsi qu'à leur grande capacité de résilience (Toudonou *et al.*, 2004). En effet, le marché reflète l'état (de dégradation ou de conservation) de la faune des écosystèmes de la zone étudiée. Ainsi, la composition spécifique de la viande de brousse vendue dans le commerce de gibier sur l'axe Est de la Côte d'Ivoire reflète éventuellement les effets cumulatifs de la dégradation de l'habitat et de la pression de chasse sur les mammifères de la zone. Ce fait est également révélé dans l'étude menée autour de la réserve forestière de Dassioko, un vestige de forêt côtière dans le sud-est de la Côte d'Ivoire. Dans ladite étude, les Rongeurs constituent 64% des Mammifères chassés (Gonedélé *et al.*, 2016). Ailleurs au Congo, les travaux sur la consommation de la viande de brousse dans la zone du parc national de Konkouati-Douli ont également révélé que les Rongeurs étaient les animaux les plus consommés du groupe

des Mammifères (Kpéra *et al.*, 2004).

Dans la présente étude, les Sauropsidés, représentés par onze espèces dans le commerce de gibier, démontrent du changement des habitudes des consommateurs en ce qui concerne l'approvisionnement en protéine animale. Ce fait peut s'expliquer par la grande disponibilité de ces espèces dans la nature dans un paysage où les Mammifères se font de plus en plus rares dans le milieu. Mais aussi, par la déviation culturelle avec la modernisation qui pousse la jeunesse à ne plus observer les tabous alimentaires autrefois pratiqués par leurs ancêtres. D'ailleurs, c'est la localité d'Akoupé proche d'Abidjan qui enregistre la présence de ce groupe zoologique sur les marchés et dans les restaurants. Une situation analogue a été observée au Bénin où les Ophidiens et les Crocodiliens rivalisent avec les autres sources de protéines animales dans l'alimentation des populations (Okiwelu *et al.*, 2009 ; Makosso-Vheiyé *et al.*, 2011).

#### 4.3. Comparaison de la richesse en faunes sauvages commercialisées selon les sites

En tenant compte des variations spatiales, le nombre d'espèces inventoriées sur les marchés au cours de cette étude croit du Nord-Est vers le Sud-Est, de Bondoukou vers Akoupé. Cette forte augmentation peut être attribuable aux deux raisons distinctes suivantes : i- la demande est plus forte des villes du Nord vers les villes du Sud ; ii- la diversité en faune sauvage est plus importante dans les régions forestières que les régions savanicoles. En effet, les trois départements étudiés appartiennent à des zones phytogéographiques différentes. Mais aussi, ils abritent des ethnies différentes (Attiés, Agnis et Abron) qui ont des habitudes culturelles et alimentaires distinctes les unes des autres. Ceci peut fortement influencer leurs rapports avec la faune sauvage. Ce constat a été également relevé au Gabon où il signalé que la chasse est pratiquée par les populations riveraines des zones forestières (Abernethy et Obiang, 2010).

Aussi, la ville d'Akoupé est la plus proche d'Abidjan, la capitale économique du pays. Ce fait peut expliquer la forte demande en gibier au niveau d'Akoupé qui a enregistré le fort taux d'espèces de faune sauvage. Car, la demande en viande de brousse est généralement très forte dans les grands centres urbains à cause de la démographie élevée et du pouvoir d'achat des populations qui y vivent. Ceci entraîne très souvent un acheminement du gibier des zones reculées vers ces grandes villes. Ce même a été fait à Taï, une ville située dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire (Caspari *et al.*, (2001). En effet, les chasseurs habitant la périphérie de ce Parc, préféreraient vendre leur butin de chasse en zone urbaine qu'en zone rural par motif de recherche de profit élevé. Ailleurs au Gabon, cet aspect du commerce a été relevé dans les travaux de synthèse bibliographique sur la viande de brousse de ce pays (Abernethy et Obiang, 2010).

#### 4.4. Variations mensuelles et saisonnière de la richesse spécifique dans le commerce de viande de brousse

En considérant les variations mensuelles, le mois de novembre enregistre le nombre le plus élevé d'espèces (28) et le mois de juin, celui du plus faible nombre d'espèces (20).

Le nombre le plus bas en termes d'espèces (20) enregistré dans le mois de juin dans notre étude peut être probablement dû aux pluies fréquentes qui ont pu freiner les activités de chasse (Chima *et al.*, 2020). Et, en tenant compte des saisons, la grande saison des pluies enregistre le nombre le plus élevé d'espèces à Akoupé et à Abengourou. Et la petite saison sèche comptabilise le nombre le moins élevé d'espèces à Akoupé tandis qu'à Abengourou, ce sont les deux petites saisons qui ont le plus faible nombre d'espèces. Cependant, à Bondoukou, c'est la saison sèche qui enregistre le nombre le plus élevé d'espèces et la saison des pluies le nombre le moins élevé. Cette différence d'espèces peut s'expliquer par l'inégalité des mois qui composent ces saisons. Mais aussi par les différences dans la pratique de la chasse qui varie d'un peuple à un autre. En effet, les saisons influencent fortement le calendrier agricole des régions mais aussi celui de la chasse puisque les chasseurs sont très souvent des cultivateurs-chasseurs (UICN/PACO, 2009).

#### 4.5. Espèces à statut de conservation préoccupant

Ce travail a également montré que les animaux sont braconnés quel que soit leur état de conservation. Mieux, le pourcentage relativement élevé d'espèces menacées montre clairement que ces espèces sont vivantes dans la zone d'étude et que les chasseurs n'en font aucune distinction lors des prises. Cela dénote soit d'une méconnaissance du statut de ces espèces soit du non-respect des lois régissant la protection de la faune par les chasseurs. En effet, des études ont également révélé la présence de trois espèces classées vulnérables par l'UICN dans le commerce de viande de brousse à Dassioko (Gonedélé *et al.*, 2016). Deux de ces trois espèces que sont le pangolin à écailles tricuspidées *Phataginus tricuspis*, et le pangolin à longue queue *Phataginus tetradactyla*, font également partie des espèces recensées dans la présente étude. Ce constat prouve qu'aucune sélection n'est faite lors des parties de chasse. Ce fait est aussi révélé dans les enquêtes effectuées au marché de Brazzaville où, les espèces comme l'éléphant de forêt *Loxodonta cyclotis*, le crocodile nain *Osteoleamus tetraspis*, divers petits primates du genre *Cercopithecus*, le gorille des plaines de l'ouest *Gorilla gorilla* et le chimpanzé commun *Pan troglodytes* y sont commercialisés en grand nombre (Mbeté *et al.*, 2011), quoique figurant sur la liste rouge de l'UICN comme étant des espèces en danger de disparition (UICN, 2021).

### 5. CONCLUSION

Cette étude qui avait pour objectif d'améliorer les connaissances sur les espèces animales exploitées dans la filière viande de brousse à l'Est de la Côte d'Ivoire a montré que le commerce de gibier sur l'axe-Est (Akoupé – Abengourou - Bondoukou) est bien implanté dans cette partie du pays avec 39 espèces recensées. Ces espèces appartiennent aussi bien à la classe des Mammifères, qu'à celle des Sauropsidés. En outre, ces espèces animales commercialisées varient d'un département à un autre mais aussi en fonction des mois et des saisons de l'année. Parmi ces espèces, figurent quatorze espèces à statut préoccupant tant sur le plan national qu'international.

Ce constat doit interpeller tant l'Etat et les gestionnaires de la faune que les scientifiques sur l'état de la faune dans les forêts de la Côte d'Ivoire. Par conséquent, il doit être opportun que les autorités en charge de la faune, en tiennent compte pour adapter les mesures de gestion de cette faune à ces nouvelles réalités.

## 6. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les commerçants de viande de brousse et les tenanciers de restaurants qui par leurs consentements ont permis la réalisation de ces travaux. Leurs remerciements vont à l'endroit du Centre d'Excellence en Changement Climatique, Biodiversité et Agriculture Durable (CEA-CCBAD), pour l'appui financier. Les auteurs expriment leur gratitude envers les Docteurs KONAN Ekoun, Maître-Assistant à l'Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo ; KOUADIO Kouakou Pierre, Maître-Assistant à l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan ; AKAFFOU Marc, Chargé de Recherche à l'Institut Pasteur d'Abidjan ; ASSA Esse Savorgnan, Assistant à l'Université Nangui Abrogoua d'Abidjan et KONE Yélakan Solange, enseignant au Lycée moderne de Bassam pour leurs critiques, suggestions et commentaires constructifs. De même, les auteurs remercient M. Brou N'da Martin, Ingénieur en environnement au Ministère de l'Environnement pour la carte qu'il a confectionnée.

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abernethy, K. and Ndong Obiang, A.M. (2010). La viande de Brousse au Gabon. Technical Report to the Directeur Général des Eaux et Forêts, Président du Comité Inter-ministériel de la Stratégie Nationale de Gestion de la Viande de Brousse. Ministère des Eaux et Forêts, Gabon. 132p.

Borrow N. and Demey R. (2012). Guide des oiseaux de l'Afrique de l'Ouest. Delachaux et Niestlé, Paris. 512p.

Caspary H. U. (1999). Faune sauvage et filière viande de brousse au Sud-est de la Côte d'Ivoire. Programme Tropenbos-SODEFOR Côte d'Ivoire, 253p.

Caspary H. U., Koné I., Prouot C. and De Paw M. (2001). La chasse et la filière viande de brousse dans l'espace Taï Côte d'Ivoire. Tropenbos Côte d'Ivoire, series 2, 188p.

Chima U. D., Aleru N. A. and Ijeomah H. M. (2020). Seasonal variations in species composition, abundance and diversity of wildfauna sold at Omagwa bushmeat market in rivers state, Nigeria. *Agriculture tropicale appliquée*, 25(1) : 76-84.

Chippaux J. P. (2006). Les serpents d'Afrique occidentale et centrale. IRD Paris. 311p.

Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) (2021). Annexes I, II, III; Maison internationale de l'environnement • Chemin des Anémones • CH-1219 Châtelaine, Genève, Suisse, 83p.

Direction de la Faune et des Ressources Cynégétiques (DRFC) (1994). Textes régissant la protection de la faune et l'exercice de la chasse. Extrait du journal officiel de la république de Côte d'Ivoire, N°42, 898-902.

Fugier P. (2006). La mise en œuvre d'un protocole de recherche exemplaire en sociologie. Question de départ et quelques ficelles de métier, fiche technique, *Revue Interrogation ?* n°8, 7 p.

Gonedelé B. S., Koné I., Béné J. C. K., Bitty, E. A., Yao, K. A., Kouassi B. A., and Gaubert P. (2016). Bushmeat hunting around a remnant coastal rainforest in Côte d'Ivoire. *Oryx*, 1-10.

Kingdon J. (2016). Guide des mammifères d'Afrique. Delachaux et Niestlé. Paris. 304p.

Kouamé, N.F., Zoro Bi, I. A. (2010). Nouveau découpage de la zone de forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. *Sciences et Nature*, (2) : 177-194.

Koué-Bi T. M., Yaokokoré-Beibro K. H., Kassé K. B. and Kouassi K. P. (2017). Données ethnozoologiques sur l'utilisation des oiseaux dans la médecine traditionnelle chez le peuple Gouro de la Marahoué de Côte d'Ivoire. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 24p.

Kpéra G. N., Mensah G. A. and Sinsin B. (2004). Utilisation des produits et sous-produits de crocodile en médecine traditionnelle au nord du Bénin. *Bulletin de la recherche agronomique du Bénin*, N° 44 : 1-12.

Lécointre and LeGuyader (2017). Classification phylogénétique du vivant. Tome 2, 4<sup>e</sup> édition revue et argumentée. Edition Berlin/ Humensis, Paris CEDEX 14, 831p.

Makosso-Vheiyé G., Massamba J., Massamba A. and Silou T. (2011). Consommation de la viande de brousse dans la zone du Parc National de Conkouati-Douli, Congo (Brazzaville): nature du gibier et modalités de consommation. *Tropicicultura*, 29 (3) : 131-137.

Mbete R.A., Banga-Mboko H., Racey P., Mfoukou-Ntsakala A., Nganga I., Vermeulen C., Doucet J.L., Hornick J.L. and Leroy P. (2011). Household Bushmeat Consumption in Brazzaville, the Republic of the Congo. *Mongabay.com Open Access Journal - Tropical Conservation Science* Vol.4 (2):187-202.

Ministère des Eaux et Forêts (MINEF) (2018). Arrêté 003/SEPN/CAB du 20 février 1974 in le magazine du ministère des eaux et forêts : Alerte la faune en danger, Eaux et Forêts CI, N°4, 44p.

National Aeronautics and Space Administration (NASA. POWER) (2021). [NASA's Precipitation Processing Center](https://gpm.nasa.gov/data/imerg), <https://gpm.nasa.gov/data/imerg>. Consulté le 03 juillet 2021.

N'dri K. M., Diaby M., Yao K. and Ibo G.J. (2020). La pêche continentale au lac de Songori (région du Gontougo ; nord-est de la cote d'ivoire) : facteurs de production et niveau d'exploitation halieutique. *Agronomie Africaine* 32 (3): 353-363.

Okiwelu, S.N., Ewurum, N. and Noutcha, M. A. E. (2009). Wildlife harvesting and bushmeat trade in River State, Nigeria: species composition, abundance and seasonal costs. *African Scientia* 8 : 1-8.

Société ivoirienne de développement des forêts (SODEFOR) (2017). Liste actualisée des forêts classées par région. Direction technique, Abidjan, Côte d'Ivoire, 4p.

Statsoft, (2005). STATISTICA for windows version 7.1. Data analysis software system. <http://www.statsoft.com>. Consulté

le 20 mars 2021.

Toudonou A. S. C., Mensah G. A. and Sinsin B. (2004). Le serpent : une nouvelle ressource alimentaire dans les départements du centre et du sud du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, N°45 : 29-35.

Trape J.F. and Mané Y. (2006). Guide des serpents d'Afrique occidentale. Savane et désert. IRD éditions, Marseille, France, 226p. doi : 10.4000/books.irdeditions.37282

Trape J.F., Trape S. and Chirio L. (2012). Lézards, crocodiles et tortues d'Afrique occidentale et centrale. IRD éditions, Marseille, France, 503p.

Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), (2021). La liste rouge de l'UICN des espèces menacées.

Édition 2021-2. <<https://www.iucnredlist.org>>. Consulté le 14 Septembre 2021.

UICN/PACO (2009). La grande chasse en Afrique de l'Ouest : quelle contribution à la conservation ? Programme Aires Protégées d'Afrique du Centre et de l'Ouest. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, 115p.

Yaokokoré-Béibro H., Waltert M., Ellenberg H., Foua-Bi K. (2005). Les communautés d'Oiseaux de la forêt classée de Béki, Sud-Est Côte d'Ivoire. *Sciences et Nature*, 2 (2). 177-191.

Yaokokoré-Béibro K. H., Kassé K. B., Soulemane O., Koué-Bi T. M., Kouassi K. P. and Foua-Bi K. (2010). Ethnozoologie de la faune mammalogique de la forêt classée de Badénou (Korhogo, nord Côte-d'Ivoire), *Agronomie Africaine*, 22(2) : 1-9.

## Pétrographie des metabasites aurifères du Kokumbo Bocca et de leurs produits d'altération (Centre de la Côte d'Ivoire)

Gnamba Emmanuel Franck GOUEDJI<sup>1</sup>, Zié OUATTARA<sup>1</sup>, Clément Odon N'CHO<sup>1</sup>, Taly Audrey Amandine Flore GLOUGBE<sup>1</sup>, Yacouba COULIBALY<sup>2</sup>, Alain KOUAMELAN<sup>2</sup>, Bamory KAMAGATE<sup>1,3</sup>

### Résumé

Kokumbo Bocca est une colline située dans la localité de Kokumbo dans la région de Toumodi au centre de la Côte d'Ivoire. Cette colline contient des roches vertes (basites) à sulfure aurifère dont les produits d'altérations sont exploités par des orpailleurs. L'objectif général de cette étude est de déterminer les caractéristiques pétrographiques et structurales des roches vertes de Kokumbo Bocca, porteuses de minéralisations aurifère. Ainsi, l'acquisition des données a consisté au prélèvement d'échantillons de roches sur le terrain et de sol issus d'anciens travaux miniers ou sur des sites d'orpaillages suivi de leur caractérisation macroscopique, microscopique et au diffractomètre à rayon X puis à la fluorescence à rayon X.

L'analyse pétrographique révèle que ces metabasites sont représentées par des metabasalts et des métadolérites. Ces différentes roches ont subi un léger métamorphisme dans le faciès schiste vert associé à d'importantes altérations hydrothermales. Ces altérations hydrothermales pervasives et filoniennes (chloritisation, séricitisation l'épidotisation, carbonatation, silicification et sulfidation) ont contribué à la concentration de la minéralisation sulfurée aurifère. Cette étude révèle en outre que la minéralisation aurifère a une double origine hypogène (syngénétique et épigénétique) et supergène. La minéralisation hypogène est caractérisée par une paragenèse à pyrite, arsenopyrite et chalcopyrite. Tandis que la minéralisation aurifère supergène se rencontre dans les latérites argileuses qui supplantent les metabasites de Kokumbo Bocca.

**Mots clés :** Metabasites, Or, Birimien, Kokumbo, Centre de la Côte d'Ivoire

### Abstract

#### Petrography of the Kokumbo Bocca gold-bearing metabasites and their alteration products (Central Ivory Coast)

Kokumbo Bocca is a hill located in the locality of Kokumbo in the Toumodi region, central Ivory Coast. This hill contains green rocks (basites) with gold-bearing sulfide whose weathering products are exploited by artisanal gold miners. The general objective of this study is to determine the petrographic and structural characteristics of the green rocks of Kokumbo Bocca, bearing gold mineralization. Thus, data acquisition consisted of taking samples of rocks in the field and soil from old mining works or artisanal gold miners' sites followed by their characterization by macroscopy, microscopy, X-ray diffractometer and then to X-ray fluorescence.

Petrographic analysis reveals that these metabasites are represented by metabasalts and metadolérites. These different rocks have undergone a slight metamorphism of the greenschist facies associated with significant hydrothermal alterations. These pervasive and vein hydrothermal alterations (chloritization, sericitization, epidotization, carbonation, silicification and sulfidation) have contributed to the reconcentration of the gold-bearing sulfide mineralization.

The gold mineralization has both origin, hypogene (syngenetic and epigenetic) and supergene. Hypogene mineralization is characterized by pyrite, arsenopyrite and chalcopyrite paragenesis. While supergene gold mineralization occurs in clay-laterites which are above the metabasites of Kokumbo Bocca.

**Keywords:** Metabasites, Gold, Birimian, Kokumbo, Central Ivory Coast

1. UFR Sciences Géologiques et minières, Université de Man, BPV20 Man, Côte d'Ivoire

2. Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, UFR STRM, Université Félix HOUPOUET-BOIGNY d'Abidjan-

Cocody, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

3. Laboratoire de Géosciences et Environnement, UFR SGE, Université de Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire

### 1. Introduction

En Côte d'Ivoire, les minéralisations aurifères sont globalement portées par des ceintures de roches vertes birimiennes (Milési *et al.*, 1989 ; Assié, 2008 ; Kadio *et al.*, 2010), dans lesquelles l'or est extrait. À Kokumbo Bocca, les roches vertes contiennent des minéralisations aurifères sulfurées et les orpailleurs exploitent l'or dans les régolites latéritiques argileux qui se développent sur ces roches vertes (metabasites) et dans les veines de quartz recoupant ces formations.

Cependant, bien que l'activité d'orpaillage se fasse dans les régolites issus des roches vertes, la nature pétrographique de ces roches reste méconnue d'où la nécessité de déterminer les caractéristiques pétrographiques et structurales des metabasites aurifères de Kokumbo Bocca. La région de Kokumbo située au centre de la Côte d'Ivoire appartient au domaine éburnéen qui a

été structuré au cours du cycle orogénique éburnéen daté entre 2,5 et 1,6 Ga et qui correspond à la mise en place des formations birimiennes (Ouattara, 2017 et 2021 ; Coulibaly *et al.*, 2017 ; Guedji, 2014 ; Pawlig *et al.*, 2006 ; Doumbia *et al.*, 1998 ; Leube *et al.*, 1990 ; Abouchami, 1990 ; Yacé, 1982 ; Camil, 1984 ; Tagini, 1971).

Dans la région de Kokumbo, la colline de Kokumbo Bocca, objet de la présente étude, est localisée dans la partie méridionale de la ceinture volcano-sédimentaire de Toumodi-Fètékro (figure 1b), dont les formations géologiques sont constituées principalement de métavolcanites tholéitiques et calco-alcalines, de granitoïdes calco-alcalins, de tonalite-trondjémite-granodiorite (TTG), de volcano-sédiments de type pyroclastites, de sédiments détritiques et de roches vertes, neutres à ultrabasiques (Ouattara, 2018 ; Coulibaly *et al.*, 2017 ; Mortimer, 2016 ; Ouattara *et al.*, 2015 ; Ouattara, 2015 ; Gnanzou, 2014 ; Houssou, 2013 ; Baratoux *et al.*,



2011 ; Lompo, 2009 ; Pouclet *et al.*, 2006 ; Feybesse *et al.*, 2006 ; Gasquet *et al.*, 2003 ; Yacé, 1982). La minéralisation aurifère de la région de Kokumbo serait de trois types à savoir : (i) syngénétique, (ii) filonien (épigénétique) et, (iii) résiduel (supergène).

Dans cet article, la caractérisation pétrographique des métabasites de la région de Kokumbo Bocca et de leurs produits d'altération est basée sur des analyses macroscopiques et microscopiques. Cette approche a permis de déterminer la nature pétrographique des roches vertes et des minéralisations aurifères sulfurées qui leurs sont associées.

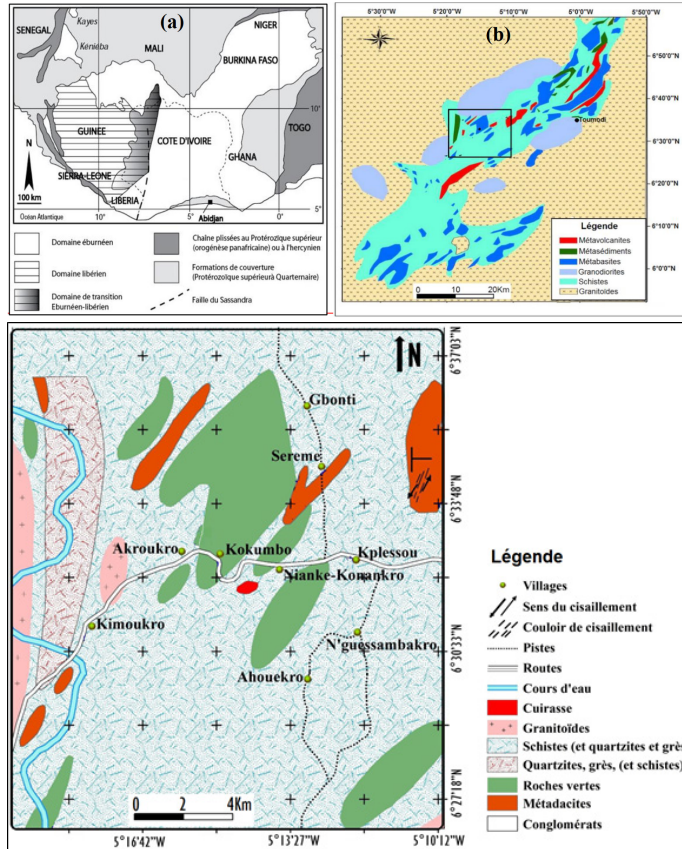


Figure 1 : (a) Carte de la Dorsale de Man (Bessoles, 1977) ; (b) Carte géologique du sud de la ceinture volcano-sédimentaire de Toumodi-Fètékro (région de Toumodi) (Tagini, 1971 ; Yacé, 1976) ; (c) Carte géologique simplifiée de la zone de Kokumbo (Yacé, 1976 ; modifiée)

2. Approche méthodologique

La région de Kokumbo est marquée par la rareté des affleurements à cause de l'épaisse couverture de la végétation et de l'altération supergène. Ainsi, l'acquisition des données dans la zone d'étude a consisté essentiellement au prélèvement d'échantillons : (i) de roches sur le terrain et, (ii) de sol issus d'anciens travaux miniers ou sur des sites d'orpaillages en activité sur la colline Kokumbo Bocca. Pour mener cette étude, quatre (4) types de roches ont été échantillonnées au flanc de la colline et un échantillon de sol a été prélevé au sommet de la colline. Cette phase a permis l'identification macroscopique des échantillons à travers la détermination des caractéristiques des principales lithologies (couleur, texture, composition minéralogique, altération, structure, présence de sulfure). Les lames minces de roches ont été confectionnées au Laboratoire de Géologie de Ressources Minérales et Energétiques (LGRME) de l'Université Felix Houphouët Boigny (FHB) de Cocody. L'observation au microscope polarisant de ces lames minces a

été réalisée au Laboratoire de Géologie de l'Université de Man. L'échantillon de sol quant à lui a été analysé (en périphérie et au centre de l'échantillon) au diffractomètre à rayonnement X (DRX) au Laboratoire de Géologie de l'Université de Man, puis à la fluorescence à rayonnement X (XRF) au Laboratoire LGRME de l'Université FHB de Cocody.

Concernant l'analyse au DRX, l'échantillon de sol a été préalablement broyé à l'aide d'un broyeur de type R200 modèle RETSCH avant d'être traité au DRX, qui est muni d'un détecteur cuivre. Les mesures ont été réalisées dans les conditions de 20 kV de tension, 28 mA d'intensité de courant, 25°C de température de chambre de mesure avec un temps de comptage compris entre 5 et 90 minutes. Le logiciel Visual XRD de marque GBC EMMA a permis après les mesures, l'acquisition d'un diffractogramme pour l'identification des phases minérales.

Pour l'analyse à la XRF, l'échantillon de sol a été étudié à l'aide d'un spectromètre de fluorescence X portable de marque NITON XL3t, composé d'une unité électronique renfermant un générateur électrique de rayon X. Il a permis l'analyse de quelques éléments chimiques dont la teneur en or.

3. Résultats

3.1. Pétrographie

La pétrographie des roches vertes de la colline de Kokumbo Bocca a révélé qu'elles sont composées de deux roches à savoir les métabasites et les métadolérites (tableau I).

Pl = Plagioclase ; Aug = Augite ; Amp = Amphibole ; Or = Orthose ; Qtz = Quartz ; Chl = Chlorite ; Ser = Séricite ; Ep = Epidote ; Cal = Calcite ; Kln = Kaolinite ; Hem = Hématite ; Ca = Carbonate ; Si = Silice ; MnO = oxyde de Manganèse ; Cp = Chalcopyrite ; Py = Pyrite ; Apy = Arsenopyrite

Echantillons	Contextes	Lithologies	Minéralogies primaires	Associations minérales métamorphiques
KK01	Flanc de colline	Métabasite	Pl, Aug, Amp, Or Py, Cp	Facès schistes verts Circulation tardive
KK02	Flanc de colline	Métadolérite	Pl, Aug, Amp, Or, Py, Cp	
KK03	Flanc de colline	Filonnet de Qtz+Cal dans Métadolérite Contact	Pl, Aug, Amp, Or Py, Cp	Chl, Ep, Ser, Qtz, Cal, Py, Cp, Apy
KK04	Flanc de colline	Métabasite / Métadolérite		
KKa	Site d'orpaillage	Latérite argileuse	Hem, Kln, Ca, Si, MnO	

Tableau I : Synthèse sur les principales caractéristiques géologiques des différents échantillons prélevés

Le **métabasalte** est macroscopiquement massif de couleur vert foncé à gris, non magnétique, composé de minéraux fins et présentant des mouchetures de sulfures disséminés. Il a une structure équante (figure 2a). Au microscope, il présente une texture microlitique. Il est composé de minéraux primaires (plagioclase, augite, amphibole, orthose, quartz) et de minéraux secondaires (chlorite, épidote, séricite) (figure 2 b et c).

Le plagioclase (30 à 40 % de la roche) est le minéral le plus abondant. De taille micrométrique (< 600 µm), il est incolore, forme des cristaux sous forme de baguettes enchevêtrées. Par endroits, il s'altère en séricite au sein de la roche.

L'augite fait 20 à 30 % de la roche. Sa taille est d'environ 500 µm, de couleur vert-pâle en lumière polarisée non analysée (LPNA). C'est le second minéral abondant de la roche, il a une teinte jaune-orangée (fin premier ordre) en lumière polarisée analysée (LPA).

L'amphibole (10 à 20 % de la roche), de couleur beige à vert foncé, a une taille inférieure à 400 µm. Certains cristaux s'altèrent par endroits en chlorite.

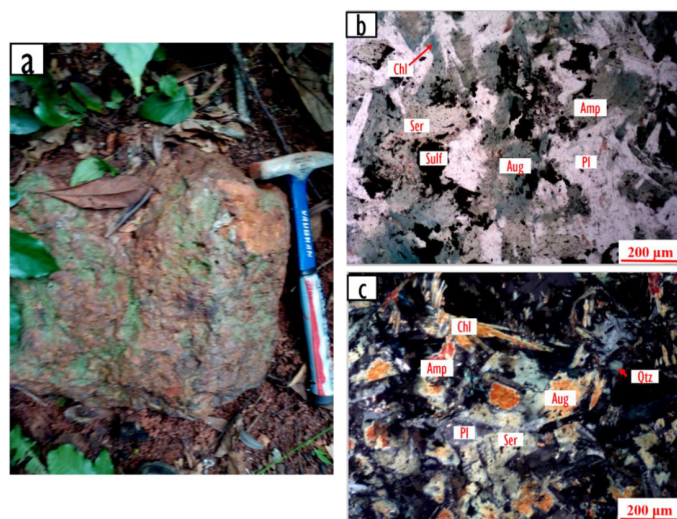
L'orthose (moins de 5 % de la roche) a une taille inférieure à 400 µm. Il est le plus souvent associé au plagioclase.

Quant au quartz, il est le moins abondant (moins de 5% de la roche), de très petite taille (< 200 µm). Les cristaux présentent une extinction roulante en LPA.

Les minéraux secondaires comprennent : la chlorite (autour de 10 % de la roche) de couleur vert pâle, de forme généralement allongée ; l'épidote (moins de 5 % de la roche) se présente sous forme de masse fibreuse de couleur jaune ; la séricite (moins de 5 % de la roche) de couleur beige est marquée par une teinte vive, associée au plagioclase. La texture est lépidoblastique à nématoblastique par endroits.

Les sulfures (autour de 10% de la roche) paraissent opaques au microscope optique en lumière transmise. Ils sont disséminés.

Le métabasalte de Kokumbo Bocca semble avoir subi un métamorphisme régional de faciès schiste vert, marqué par la présence de minéraux secondaires (chlorite, épidote, séricite).



**Figure 2.** Macrophotographie (a) et microphotographies (b, c) d'un métabasalte de Kokumbo Bocca. (a) Métabasalte prélevé dans les gravats d'un puits d'orpaillage en activité ; (b) Microphotographie du métabasalte en LPNA ; (c) Microphotographie du métabasalte en LPA. Pl = Plagioclase ; Aug = Augite ; Amp = Amphibole ; Or = Orthose ; Qtz = Quartz ; Chl = Chlorite ; Ser = Séricite ; Sulf = Sulfure.

La **métadolérite** est macroscopiquement massive, de couleur vert-sombre, de structure équante et non magnétique. Les minéraux la composant sont à grains fins et comportent des mouchetures de sulfures disséminés (figure 3a). La constitution minéralogique en minéraux silicatés comprend : le plagioclase, l'augite, l'amphibole, l'orthose, le quartz, la chlorite, la séricite et l'épidote, tandis que celle des sulfures est composée de pyrite et de chalcopryrite. La métadolérite est recoupée par des filonnets de quartz et de calcite. Au microscope, elle présente une texture doléritique (figure 3b et c).

Le plagioclase est le minéral le plus abondant de la roche (autour de 50 % de la roche). Il a des cristaux de taille inférieure à 600 µm. Il se présente sous forme de plage de baguettes enchevêtrées et très altérées. Il est souvent accompagné de l'orthose qui constitue près de 10 % de la roche. L'orthose a une taille inférieure à 600 µm. Il est caractérisé par la macle de Carlsbad en LPA.

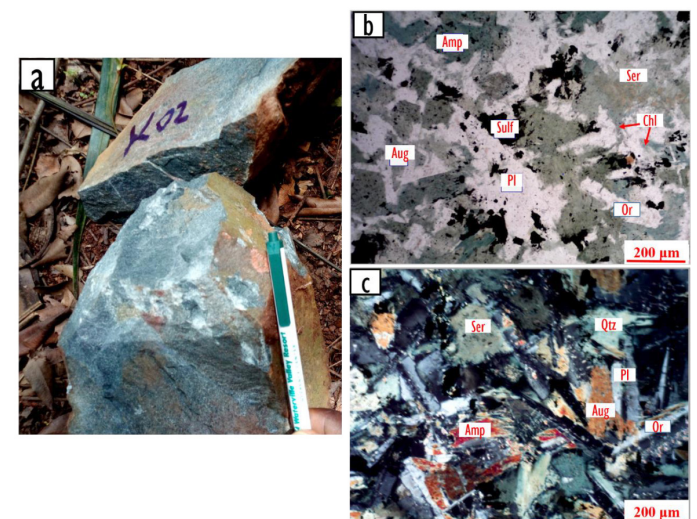
L'augite (30 à 40 % de la roche) est subautomorphe avec des cristaux de taille inférieure à 500 µm, qui se développent dans les interstices entre les plagioclases. L'amphibole représente environ 10 % de la roche. La taille des cristaux est inférieure à 400 µm. Certains cristaux de ces deux derniers minéraux sont très altérés par endroits en chlorite.

Le quartz (moins de 5 % de la roche) est micrométrique, moins abondant. Il est souvent associé au plagioclase.

La chlorite (moins de 10% de la roche) forme, soit une auréole coronitique autour de l'augite et de l'amphibole, soit est complètement transformée. Elle imprime par endroits une texture lépidoblastique à la roche. L'épidote et la séricite (représentant moins de 5 % de la roche) sont aussi présentes avec les mêmes caractéristiques évoquées plus haut.

Les filonnets de quartz et de calcite recoupent à l'emporte-pièce les minéraux précités au sein de la métadolérite. Le quartz a une extinction roulante pendant que la calcite est incolore en lumière polarisée non analysée. Cette dernière a une teinte rose violacée à bleu en LPA.

Les minéraux sulfurés (pyrite, chalcopryrite) (représentant près de 10% de la roche) sont disséminés soit dans la roche, soit au sein des filonnets.



**Figure 3.** Macrophotographie (a) et microphotographies (b, c) d'une métadolérite de Kokumbo Bocca

(a) Métadolérite prélevée à l'intérieur d'un puits d'orpaillage en activité ; (b) Microphotographie de la métadolérite en LPNA; (c) Microphotographie de la métadolérite en LPA.  
 Pl = Plagioclase ; Aug = Augite ; Amp = Amphibole ; Or = Orthose ; Qtz = Quartz ; Chl = Chlorite ; Ser = Séricite ; Sulf = Sulfure.

L'échantillon de sol qui a été prélevé sur la colline de Kokumbo Bocca dans un tas de minerai "tout venant", sur un site d'orpaillage en activité, est de la latérite argileuse (tableau I). Cette latérite est de couleur rouge brunâtre mouchetée de blanc, peu cohérente a une texture fine et une faible effervescence à l'acide chlorhydrique (HCl) (figure 4). Les données du diffractomètre (DRX) provenant du centre de l'échantillon de latérite argileuse indiquent que les constituants minéraux sont : le quartz, la muscovite et la phengite. Tous ces minéraux résistent à l'altération météorique. Leur produit d'altération est la kaolinite (figure 5a). Les différents produits d'altération obtenus à la périphérie de l'échantillon sont des minéraux tels que la hielscherite, la kaolinite, l'hématite, la chalcophyllite, la spangolite. Ces différents minéraux d'altération sont associés aux produits d'altération des basaltes (figure 5b).



Figure 4. Macrophotographie de l'échantillon de latérite argileuse prélevé sur la colline de Kokumbo Bocca.

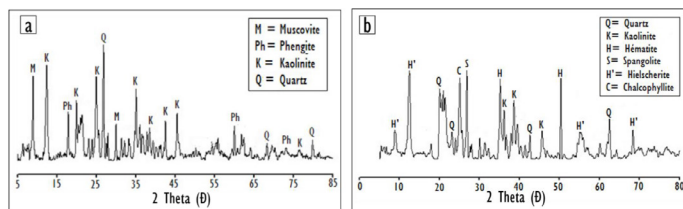


Figure 5. Diffractogrammes obtenus sur l'échantillon de latérite argileuse du Kokumbo Bocca. (a) Données obtenues au centre de l'échantillon ; (b) Données obtenues à la périphérie de l'échantillon

### 3.2. Altération

Le metabasalte et la métadolérite de Kokumbo Bocca ont été affectés par un métamorphisme dans le faciès schiste vert, qui a entraîné la transformation totale ou partielle de certains minéraux. Ces transformations ont favorisé des altérations de type pervasive (chloritisation, séricitisation l'épidotisation, carbonatation et sulfudation) et hydrothermales filoniennes

(figure 6). Ces roches (metabasalte et métadolérite) sont recoupées par des filonnets de quartz et de calcite.

La **chloritisation** s'est matérialisée par la transformation des minéraux d'augite et d'amphibole complètement ou partiellement en chlorite (figure 6a). La **séricitisation** est marquée par le remplacement des plagioclases et dans une moindre mesure des orthoses en séricite (figure 6b). Tandis que l'**épidotisation** par le remplacement des cristaux de feldspath et d'amphibole par l'épidote. La **carbonatation** a été constatée aux épontes des filonnets de quartz (figure 6c). Elle est due à la transformation des minéraux (augite, amphibole et plagioclase) en calcite. La **sulfudation**, qui est le processus le plus important par lequel la minéralisation aurifère à Kokumbo Bocca s'est mise en place, est marquée par la formation des sulfures (figure 6d).

L'**altération hydrothermale filonienne** est marquée par la présence de filonnets de quartz et de calcite, due au remplissage des fissures par les fluides hydrothermaux. Le quartz s'est formé par le processus de **silicification** et la calcite s'est formée à travers le processus de calcination, généralement en présence du quartz au sein de la métadolérite (figure 6c).

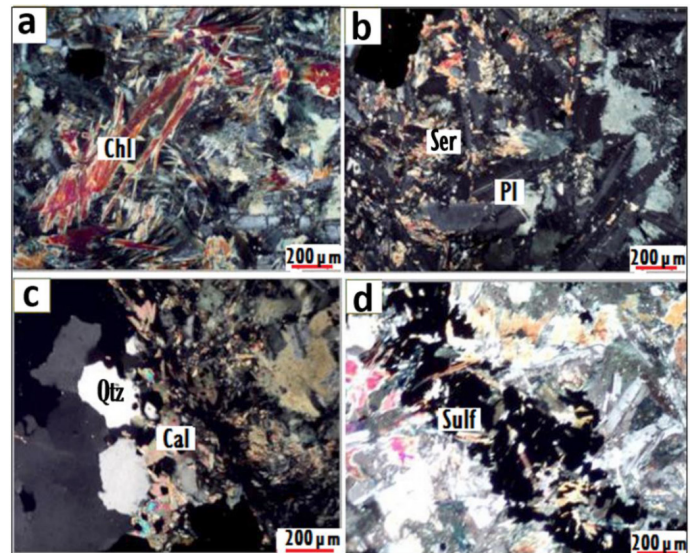


Figure 6: Microphotographies des divers types d'altérations observés à Kokumbo Bocca.

(a) Chloritisation; (b) Séricitisation ; (c) Carbonatation et silicification; (d) Sulfudation  
 Chl = Chlorite, Ser = Séricite, Cal = Calcite, Qtz = Quartz, Sulf = Sulfure.

### 3.3. Minéralisation aurifère

Les sulfures observés macroscopiquement sont disséminés et occupent les interstices au sein des metabasaltes et des métadolérites (figure 7). Ils sont aussi présents à l'intérieur des filonnets de quartz. La paragenèse métallifère à Kokumbo Bocca est définie comme étant composée macroscopiquement de la pyrite, de la chalcopirite et de l'arsénopyrite. Cette minéralisation est primaire syngénétique lorsqu'elle est contenue dans la roche et primaire tardive épigénétique lorsqu'elle est présente au sein des filonnets (de quartz et de la calcite). La minéralisation aurifère observée à Kokumbo Bocca est d'origine : (i) syngénétique, (ii) épigénétique et (iii) supergène. La minéralisation supergène se rencontre dans les terrains latéritiques couvrant les metabasites.

Cependant, la caractérisation métallographique de cette minéralisation n'a pu être effectuée mais, des teneurs en or et d'autres éléments chimiques accompagnateurs de l'or dans les paragenèses métallifères aurifères ont été obtenues par la spectrométrie à fluorescence (XRF) sur l'échantillon de latérite (Tableau II). À la périphérie et au centre de l'échantillon, des teneurs en or respectives de 17,2 ppm et 1,6 ppm obtenues indiquent une anomalie en or à Kokumbo Bocca d'autant plus que le Clarke crustale pour l'or varie entre 0,0011 ppm et 0,04 ppm (Haynes, 2016 ; Yaroshevsky, 2006). Notons que les teneurs obtenues au XRF constituent des guides pour les prospections métallogéniques plus approfondies.



**Figure 7.** Macrophotographie d'un metabasalte avec des sulfures disséminés composés de pyrite, chalcopyrite. Py = Pyrite ; Cp = Chalcopyrite

Tableau II : Données XRF de l'échantillon de sol.

Éléments	Valeurs (ppm)		
	Centre	Périphérie	Clarke crustale
Au	1,6	17,2	0,0011 - 0,04
Cu	1316,6	859,9	50 - 68
As	801,9	985	1,5 - 2,1
Ag	34,5	20,8	0,07 - 0,08
Pb	249	205,2	10 - 14
Zn	151,9	127,2	70 - 79
Cr	1055,9	1046,8	100 - 335
Ni	271,2	299,6	80 - 190
Co	2213,3	2188,2	20 - 30
Sn	138	91	2,2 - 2,3

## 4. Discussion

### 4.1. Pétrographie et altération

Les roches vertes de Kokumbo Bocca sont constituées de minéraux primaires (plagioclase, augite, amphibole orthose et quartz) et de minéraux secondaires (chlorite, séricite et épidote). Leurs textures primaires (microlithique et doléritique), supplantées par des textures secondaires (lépidoblastique à

nématoblastique), indiquent que ces roches ont une origine volcanique mafique et sont affectées par un métamorphisme de faible à moyen degré dans le faciès schiste vert. En effet, Amoih (2017) et Beba (1995) indiquent que les roches de la région de Kokumbo ont été affectées par des phénomènes d'altérations et de métamorphisme général, avec une paragenèse minérale qui témoigne d'un métamorphisme de faible degré, dans le faciès schiste vert et, localement dans le faciès amphibolite. Ce type de métamorphisme affectant ces métavolcanites (métabasaltes et métadolérites) a été évoqué dans la ceinture birimienne volcano-sédimentaire de Toumodi-Fètékro par plusieurs auteurs (Coulibaly *et al.*, 2017 ; Castaing *et al.*, 2003). La même observation a été réalisée dans d'autres ceintures de roches vertes d'Afrique de l'Ouest, en Côte d'Ivoire (Ouattara *et al.*, 2021, 2017 ; Ouattara, 2015 ; Houssou, 2013 ; Baratoux *et al.*, 2011), au Sénégal et au Ghana (Sylla et Ngom, 1997 ; Hirdes *et al.*, 1992).

Les métabasaltes et les métadolérites de Kokumbo Bocca ont en outre été affectés par des altérations (pervasives et filonienne), qui se sont manifestées par la pseudomorphose partielle ou totale des minéraux primaires. Ainsi, les minéraux primaires (plagioclase, pyroxène, amphibole, orthose) se sont altérés généralement en minéraux secondaires (calcite, chlorite, séricite, épidote). En plus, des altérations de silicification et de sulfuration se sont produites au sein de ces roches. Ces phénomènes d'altérations ont aussi affectés certains gisements aurifères, de Dougbafla (Ouattara *et al.*, 2021, 2017), de Bonikro (Ouattara *et al.*, 2015) et de Bobosso (Gnanzou, 2014) en Côte d'Ivoire. Au-delà des altérations (pervasives et filonienne), les métabasites de Kokumbo Bocca ont également subi une altération supergène intense, qui s'est traduite par la formation d'une couverture réolithique latéritique épaisse au-dessus de ces formations. Toutes ces altérations ont contribué à la concentration de la minéralisation aurifère de Kokumbo Bocca.

### 4.2. Minéralisation aurifère

La minéralisation aurifère de Kokumbo Bocca est portée par des formations métamorphisées, ayant subi une altération hydrothermale. La paragenèse métallifère aurifère de Kokumbo Bocca est composée macroscopiquement de la pyrite, de l'arsénopyrite et de la chalcopyrite. Elle se rapproche de celle évoquée par Sonnendrucker (1968) qui établit une paragenèse métallifère (pyrite, arsénopyrite, stibine, mispickel et scheelite), associée à l'or au sein d'un encaissant basique dans la région de Kokumbo. En effet, à Kokumbo Bocca, la minéralisation primaire syngénétique est à sulfure disséminée dans les métavolcanites. Celle qui est primaire tardive épigénétique se retrouve au sein des filonnets de quartz ou de calcite. Selon plusieurs auteurs (Houssou, 2013 ; Oberthür *et al.*, 1994, 1996 ; Sibson, 1989 ; Sibson *et al.*, 1988), il existe une relation génétique plus ou moins étroite entre ces deux types de minéralisation. Ils sont interprétés comme étant la manifestation de plusieurs épisodes d'infiltration de fluides hydrothermaux et de dépôt de minéraux le long des shearzones. Ce type de minéralisation bimodale a été mis en évidence dans plusieurs gisements aurifères en Côte d'Ivoire (Bonikro et Agbaou) (Ouattara, 2015 ; Houssou, 2013), dans la sous-région principalement au Ghana (gisements de la ceinture Ashanti ; Oberthür *et al.*, 1996) et au Burkina Faso (Salambere

*et al.*, 2021 ; Ouedraogo *et al.*, 2016). Au-delà des altérations (pervasives et filonienne), l'altération supergène qui a donné lieu à la latérite argileuse formée au-dessus des metabasites a certainement contribué au piégeage et à la reconcentration de l'or dans la couverture latéritique. Ce qui a favorisé ces gîtes à minéralisations supergènes exploités par les orpailleurs présents dans la région. Les teneurs relativement élevées en or (Au), arsenic (As), cuivre (Cu) (supérieur au Clarke crustale) obtenues dans la latérite argileuse indiquent une concentration anormale de ces éléments chimiques (Haynes, 2016 ; Yaroshevsky, 2006). Ce qui justifierait la paragenèse à sulfure aurifère (pyrite, arsénopyrite, chalcopryrite) observée à Kokumbo Bocca. Aussi, les teneurs relativement élevées en chrome (Cr), nickel (Ni), cobalt (Co) implique que ce sol latéritique proviendrait de l'altération météorique de roche d'origine plutôt mafique que felsique donc des metabasites et/ou métadolérites (Glodji *et al.*, 2019).

Au final, la colline de Kokumbo Bocca dont les metabasites et leurs produits d'altération contiennent de la minéralisation sulfurée aurifère, doit être une zone privilégiée pour la recherche de gisement minier aurifère. Par ailleurs, des études ultérieures sur la caractérisation métallographique de ces sulfures aurifères de même que la caractérisation des autres formations géologiques de la colline de Kokumbo Bocca doivent être initiées car, cette colline est abondamment investiguée par l'orpaillage traditionnel.

## 5. Conclusion

La caractérisation pétrographique des metabasites du Kokumbo Bocca a montré que ces formations géologiques sont composées de minéraux primaires (plagioclase, augite, amphibole, orthose, quartz) associés à des minéraux secondaires (chlorite, séricite, épidote). Leurs textures microlithiques à doléritiques sont supplantées par des textures lépidoblastiques à nématoblastiques. Ces roches (metabasites et métadolérites) ont une origine volcanique mafique et sont affectées par un métamorphisme du faciès schiste vert. Ces métavolcanites ont par ailleurs été affectées par des altérations pervasives (chloritisation, séricitisation, l'épidotisation, carbonatation et sulfuration) et hydrothermales filoniennes (silicification) qui sont à la base de la concentration de la minéralisation aurifère sulfurée à Kokumbo Bocca.

Cette minéralisation sulfurée, disséminée dans ces métavolcanites, est primaire syngénétique et primaire tardive épigénétique lorsqu'elle est filonienne (quartz et calcite). La paragenèse métallifère est composée de pyrite, d'arsénopyrite et de chalcopryrite. La minéralisation aurifère de Kokumbo Bocca est aussi de type supergène dans la couverture régolithique, de nature latéritique argileuse.

Enfin, les metabasites aurifères de Kokumbo Bocca ont des caractéristiques similaires à celles, définies dans les autres ceintures de roches vertes birimiennes de Côte d'Ivoire et d'Afrique de l'ouest.

## Remerciements

Cette étude a été réalisée à l'unité de formation et de recherche des sciences géologiques et minières ((UFR SGM)

de l'Université de Man en s'inspirant des données issues principalement des auteurs et de celles relatives aux travaux de terrain avec les partenaires du Laboratoire Mixte International (LMI). Chaleureux remerciements à Alphonse YAO, David BARATOUX, ainsi qu'à tous les autres membres du projet LMI.

## Références bibliographiques

Abouchami W., Boher M., Michard A. and Albare de F. (1990). A Major 2,1Ga Event of Mafic Magmatism in West Africa: An Early Stage of Crustal Accretion. *Journal of Geophysical Research*, 95, 17605-17629.

Amoïh A. (2017). Etude petro-structurale des formations géologiques de Kimoukro et Kokumbo (Région de Toumodi, Côte d'Ivoire). Mémoire de master en sciences de la terre, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 56p.

Assié, K. E. (2008). Lode gold mineralization in the Paleoproterozoic (Birimian) volcano- sedimentary sequence of Afema gold district, southeastern Côte d'Ivoire. Thesis, Faculty of Energy and Economic Sciences. Technical University of Clausthal, Germany, 198p.

Baratoux L., Metelka V., Naba S., Jessell M.W., Gregoire M. and Ganne J. (2011). Juvenile Paleoproterozoic crust evolution during the Eburnean orogeny (~2.2-2.0 Ga), western Burkina Faso. *Precambrian Research*, 191, 18-45.

Beba F. A. (1995). La minéralisation aurifère dans les formations volcano-sédimentaires du Birimien : cas de Kokumbo. Mémoire d'étude supérieur, science de la terre et des ressources minières, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 45p.

Bessoles B. (1977). Géologie de l'Afrique, Le craton ouest-africain. Paris, Mémoire, Bureau de recherches géologiques et minières, France, 88, 404p.

Camil J. (1984). Pétrographie, chronologie des ensembles archéens et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire) : implications pour l'histoire géologique du craton ouest-africain. Thèse de Doctorat, science de la terre. Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 306p.

Castaing C., Billa M., Milési J.P., Thiéblemont D., Le Mentour J., Egal E., Donzeau M., Guerrot C., Cocherie A., Chèvremont P., Tegvey M., Itard Y., Zida B., Ouedraogo I., Kote S., Kabore B.E., Ouedraogo C., Ki J.C. et Zunino C. (2003). Notice explicative de la carte géologique et minière du Burkina Faso à 1/1 000 000. Bureau de recherches géologiques et minières BUMIGEB. 147p.

Coulibaly I., Kouamelan A.N., Djro S.C. et Coulibaly Y. (2017). Pétrographie des volcanites et plutonites de la partie sud du Sillon Volcano-Sédimentaire de Toumodi-Fetekro (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 13(30), 199-221.

Doumbia S., Pouclet A., Kouamelan A., Peucat J.J. and Vidal M. (1998). Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paleoproterozoic) granitoids in Central Côte d'Ivoire, West Africa: geochemistry and geochronology. *Precambrian Research*, 87, 33-63.

Feybesse J.L., Billa, M., Guerrot C., Duguey E., Lescuyer J.L.,

- Milesi J.P. and Bouchot V. (2006). The paleoproterozoic Ghanaian province: geodynamic model and ore controls, including regional stress modeling. *Precambrian Research*, 149, 149–196.
- Gasquet D., Barbey P., Adou M. and Paquette J.L. (2003). Structure, Sr-Nd isotope geochemistry and zircon U-Pb geochronology of the granitoids of the Dabakala area (Côte d'Ivoire): evidence for a 2.3 Ga crustal growth event in the Palaeoproterozoic of West Africa? *Precambrian Research*, 127, 329–354.
- Glodji A.L., Yessoufou S., N'Tcha A. et Kassa J.-B. (2019). Caractéristiques pétrographiques et potentialités métallogéniques de l'intrusion de M'Bétékoukou, Centre-Bénin, Afrique de l'Ouest. *Afrique Science*, 15(5), 288 - 301
- Gnanzou A. (2014). Etude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) : genèse et évolution magmatique. Contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé. Thèse de doctorat, Université Paris-Sud Orsay, France et Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 303p.
- Guedji G.E.F. (2014). Les séquences mafiques-ultramafiques de Samapleu et leur minéralisation en Ni-Cu-EGP: un dyke du complexe lité Yacouba ; craton archéen de Man, Ouest Côte d'Ivoire. Unpublished Ph.D. Thesis, Cotutelle, Université de Franche Comté-Besançon de France, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 380p.
- Haynes W. M. (2016). Abundance of elements in the Earth's crust and in the sea. p. 2402 (14-17). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 97<sup>th</sup> edition, CRC Press/Taylor and Francis, 2652 p.
- Hirdes W., Davis D.W. and Eisenlohr N.N. (1992). Reassessment of Proterozoic granitoid ages in Ghana on the basis of U/Pb zircon and monazite dating. *Precambrian Research*, 56, 89-96.
- Houssou N.N. (2013). Etude pétrologique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 177p.
- Kadio E., Coulibaly Y., Allialy M.E., Kouamelan A.N., and Pothin, K.B.K. (2010). On the occurrence of gold mineralizations in southeastern Ivory Coast. *Journal of African Earth Sciences*, 57, 423–430.
- Kouamelan A.N. (1996). Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire, implication pour la transition archéen-protérozoïque. Thèse unique de Doctorat en sciences de la terre, Rennes, France, 277p.
- Leube A., Hirdes W., Mauer R. and Kesse G.O. (1990). The early Proterozoic Birimian supergroup of Ghana and some aspects of its associated gold mineralization. *Precambrian Research*, 46, 139-165.
- Lompo M. (2009). Geodynamic evolution of the 2.25 - 2.0 Ga Paleoproterozoic magmatic rocks in the Man-Leo Shield of the West African Craton. A model of subsidence of an oceanic plateau (Eds, Reddy S.M., Mazumder R., Evans D.A.D. and Collins, A.S.), *Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution*, Geological Society, London, 323, 231-254.
- Milési J.P., Feybesse J.L., Ledru P., Dommangeat A., Ouedraogo M.F., Marcoux E., Prost A., Vinchon C., Sylvain J.P., Johan V., Tegye M., Calvez J.Y., et Lagny P. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest, leurs relations avec l'évolution lithostructurale du protérozoïque inférieur. *Chronique de la recherche minière*, 497, 98p.
- Mortimer J. (2016). Paleoproterozoic geology of the Toumodi area, Ivory Coast, 1:100,000. *Journal of Maps*. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2016.1227732>
- Oberthür T., Schmidt A., Vetter U., Simon K. and Amanor J.A. (1996). Gold mineralization in the Ashanti belt of Ghana: genetic constraints of the stable isotope geochemistry. *Geologie economie*, 2(91), 289-301.
- Oberthür T., Vetter U., Schmidt A., Weiser T., Amanor J.A., Gyapong W.A., Kumi R. and Blenkinsop T.G. (1994). The Ashanti gold mine at Obuasi in Ghana: mineralogical, geochemical, stable isotope and fluid inclusion studies on the metallogenesis of the deposit. *Geologie Jahrbuch*, 2(100), 31-129.
- Ouattara A.S., Gnanzou A., Coulibaly I., Coulibaly Y. et Droh L.G., (2021). Caractères lithostratigraphiques des formations birimiennes de la zone Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 57(2), 213-222.
- Ouattara A.S. (2018). Le gisement aurifère de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Oumé, Côte d'Ivoire): Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie. Doctorat, Université Felix Houphouët Boigny, Cocody, Côte d'Ivoire, 252p
- Ouattara A.S., Coulibaly Y. et Kouadio F. J.-L. H. (2017). Les altérations hydrothermales associées à la minéralisation aurifère du gisement de Dougbafla (District d'Oumé-Hiré, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal*, 13(30), 108-125.
- Ouattara Z., Coulibaly Y. et Lieben F. (2015). Pétrographie du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien d'Oumé - Fettekro, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 11(21), 119-132.
- Ouattara Z. (2015). Caractère lithostratigraphique, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fettekro, Centre-Sud de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, Cocody, Côte d'Ivoire, 252p.
- Ouedraogo A., Bamba O, Ouattara G., Gampine E. et Sawadogo S. (2016). Caractérisations structurales des gites aurifères du corridor de Bouboulou-Bouda au Burkina Faso, Afrique de l'ouest. *Afrique science* 12(5), 89 – 104.
- Pawlig S., Gueye M., Klischies R., Schwarz S., Wemmer K. and Siegesmund S. (2006). Geochemical and Sr-Nd isotopic data on the Birimian of the Kedougou-Kenieba Inlier (Eastern Senegal): implications on the Palaeoproterozoic evolution of the West African Craton. *South African Journal of Geology*, 109, 411–427.
- Poucllet A., Doumbia S. and Vidal M. (2006). Geodynamic setting of the Birimian volcanism in central Ivory Coast (western Africa) and its place in the Palaeoproterozoic evolution of the Man Shield. *Bulletin Société Géologique de France*, 177, 105-121.

- Pouclet A., Vidal M., Delor C., Simeon I. et Alric G. (1996). Le volcanisme birimien du nord-est de la Côte d'Ivoire, mise en évidence de deux phases volcano-tectoniques distinctes dans l'évolution géodynamique du Paléoprotérozoïque. Bulletin Société Géologique de France, 3(167), 307-319.
- Salambere P-W. E., Ilboudo H., Traore S.A. et Lompo M. (2021). Analyse pétrographique, structurale et métallographique de l'environnement minéralisé de Boulgou-Kodisare, Burkina Faso, Afrique de l'ouest. Afrique science, 19(3) 105 – 118.
- Sibson R.H. (1989). Structures and mechanics of fault zones in relation to fault-hosted mineralization. The Australian Mineral Foundation, Glenside, South Australia, 12p.
- Sibson R.H., Robert F. and Poulsen K.H. (1988). High-angle reverse faults, fluid pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*, 16, 551-555.
- Sonnendrucker P. (1968). Étude de synthèse sur l'or en Côte d'Ivoire. La région aurifère Baoulé Sud. Rapport SODEMI, Abidjan, 208, 75p.
- Sylla M. et Ngom P.M. (1997). Le gisement d'or de Sabodala (Sénégal Oriental): une minéralisation filonienne d'origine hydrothermale remobilisée par une tectonique cisailante. *Journal of African Earth Sciences*, 25(2), 183-192.
- Tagini B. (1971). Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire : essai de géotectonique régionale. Doctorat, Université de Lausanne, Suisse, 5, 302p.
- Yacé I. (1982). Etude géologique du volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fettekro. Ministère des mines, République de Côte d'Ivoire, 156 p.
- Yacé I. (1976). Le volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne Précambrienne de Fettekro en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Abidjan. 373p.
- Yaroshevsky A.A. (2006). Abundances of chemical elements in the Earth's crust. *Geochemistry International*, 44 (1), 48-55.

## Etat des connaissances de l'avifaune pour une gestion intégrée de la Réserve Naturelle de Dahliafleur (Côte d'Ivoire)

Saint Guillaume Kadio ODOUKPE<sup>1\*</sup>, Narcisse Koffi KOUASSI<sup>1</sup>, Savorgnan Esse ASSA<sup>1</sup>, Michel Weblegnon ZREHON<sup>2</sup> et Hilaire K. YAOKOKORE-BEIBRO<sup>1</sup>.

### Résumé

La présente étude a été effectuée dans la Réserve Naturelle de Dahliafleur, vestige de la forêt dense humide autrefois exploité pour la production de fleurs. L'étude a pour objectif d'évaluer sa biodiversité avifaunistique afin d'élaborer une stratégie de gestion et de valorisation efficiente de cette réserve. Les inventaires ont été effectués entre 06h00-11h00 et 15h00-18h00 par la méthode des points d'écoute distants de 300 m chacun. Au total, 142 espèces d'oiseaux réparties en 43 familles et 18 ordres ont été recensées. L'abondance relative des oiseaux est estimée à 1806 individus avec un effectif moyen mensuel de  $1084 \pm 173$  individus. Cet effectif, relativement bien réparti entre les espèces, est toutefois dominé par *Streptopelia semitorquata* (Rüppell, 1837) et *Lamprotornis splendidus* (Vieillot, 1822). Par ailleurs, l'avifaune de cette réserve est majoritairement composée d'espèces résidentes qui représentent 83,80 % du peuplement. Les espèces migratrices intra-africaines et du paléarctique représentent respectivement 4,23 % et 11,97 % du peuplement. Pour ce qui concerne l'habitat préférentiel, 39,44 % des espèces affectionnent les forêts secondaires, 33,80 % des espèces ont une préférence pour les habitats ouverts et 26,76 % des espèces sont dépendantes des milieux humides. Trois de ces espèces sont inscrites sur la liste rouge de l'UICN ; Il s'agit de *Psittacus erithacus* Linné, 1758 qui est une espèce en danger et de *Calidris canutus* (Linné, 1758) ainsi que de *Calidris ferruginea* (Pontoppidan, 1763) qui sont quasi-menacés. Au regard de la diversité des espèces recensées, la RND serait un site prioritaire pour la conservation et l'écotourisme.

**Mots clés :** Oiseaux – Diversité – Conservation – Aire protégée – Côte d'Ivoire.

### Abstract

#### Status of avifauna knowledges for management of Dahliafleur Nature Reserve (Côte d'Ivoire)

Current study was conducted in the Dahliafleur Nature Reserve (RND), a residual dense rainforest previously used for flower production. The aim of this study was to investigate its avifaunal biodiversity to develop a strategy for the sustainable management and development of this reserve. The avifauna surveys were done from 06:00 to 11:00 in the morning and 15:00 to 18:00 in the afternoon using the method of points counts separated by 300 m each other. Overall, 142 bird species belonging to 43 families and 18 orders were inventoried. The relative abundance of the avifauna was 1806 individuals with a monthly mean number of  $1084 \pm 173$  individuals. This number, which is relatively well distributed between species, is however dominated by Red-eyed Dove *Streptopelia semitorquata* (Rüppell, 1837) and Splendid Starling *Lamprotornis splendidus* (Vieillot, 1822). In addition, the avifauna of this reserve is mainly composed of resident species, which represent 83.80% of the total number of species. Intra-African and Palaearctic migratory species represent 4.23% and 11.97% of the total number of species, respectively. Concerning habitat preference, 39.44% of the species preferred secondary forests, 33.80% of the species preferred open habitats and 26.76% of the species are dependent on wetlands. Three of these bird species are listed on the IUCN red list: the endangered Grey Parrot *Psittacus erithacus* (Linnaeus, 1758) and the near-threatened Red Knot *Calidris canutus* (Linnaeus, 1758) and Curlew Sandpiper *Calidris ferruginea* (Pontoppidan, 1763). About the diversity of species recorded, the RND is a priority site for conservation and ecotourism.

**Key words:** Bird's – Diversity – Conservation – Protected area – Côte d'Ivoire.

<sup>1</sup>Unité de Recherche de Biologie de la Conservation et Gestion de la Faune, Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>Direction de Zone Sud, Office Ivoirien des Parcs et Réserves, 06 BP 426 Abidjan 06, Côte d'Ivoire.

\*Auteur correspondant ; Courriel : [sgodoukpe@gmail.com](mailto:sgodoukpe@gmail.com)

### INTRODUCTION

Les écosystèmes naturels et leurs ressources sont de plus en plus sous la menace de pressions anthropiques croissantes (Triplet, 2009 ; Khaffou et al., 2013). Aujourd'hui, face à la perte et à l'altération de ces biotopes, les aires protégées qui concentrent l'essentiel du capital de diversité biologique représentent de véritables « pierres angulaires » des stratégies nationales et internationales de conservation de la biodiversité (Triplet, 2009). Ces milieux protégés sont en effet l'un des outils les plus efficaces pour ralentir le taux de perte de la biodiversité et de nombreuses espèces existent encore aujourd'hui uniquement grâce à la protection que leur offrent les parcs nationaux, réserves naturelles et autres aires protégées (Stolton et al., 2020). Toutefois, la protection des espèces sauvages et des écosystèmes des aires protégées face à l'urbanisation galopante, l'agriculture extensive et l'exploitation forestière nécessite

des efforts constants (Stolton et al., 2020). C'est le cas de la Réserve Naturelle de Dahliafleur en Côte d'Ivoire, l'une des aires protégées du district d'Abidjan, qui n'échappe pas aux menaces anthropiques incessantes (Oulaitar, 2017). Le maintien de l'équilibre biologique et du bon état de conservation de cette réserve implique une gestion qui prend en compte toutes les composantes du milieu. De ce fait, une bonne connaissance de l'avifaune permettrait de déterminer l'état de conservation de la réserve et même d'orienter le gestionnaire dans la valorisation de l'aire protégée. Les oiseaux jouent en effet un rôle primordial dans le fonctionnement et l'équilibre des écosystèmes à travers la dissémination des graines, la pollinisation, la régénération, le contrôle et la régulation des populations d'insectes (Persuy, 2018). Ils participent également au maintien et à l'équilibre des réseaux alimentaires (Avado et al., 2018). En somme, les oiseaux, avec leurs valeurs écologiques indéniables sont de



bons indicateurs biologiques de l'état de santé d'un milieu (BirdLife International, 2018). Cette étude a été effectuée afin de contribuer à une meilleure connaissance de l'avifaune de la Réserve Naturelle de Dahliafleu pour la mise en place de mesures ou de stratégie de conservation de la diversité biologique et pour la valorisation du potentiel touristique de cette aire protégée.

**MATERIEL ET METHODES**

**Site d'étude**

La Réserve Naturelle de Dahliafleu (148 hectares), est située dans la partie Sud-ouest de la ville de Bingerville (figure 1). Elle est localisée entre 3° 98' 14.3" et 3° 98' 97.7" de longitude Ouest et entre 5° 92' 57.4" et 5° 91' 22.6" de latitude Nord. Son relief est relativement accidenté (Bie *et al.*, 2015) et se situe dans le secteur ombrophile du domaine guinéen. Le climat est caractérisé par des températures de faibles amplitudes variant de 25 °C à 28,9 °C, et des précipitations abondantes qui atteignent 292,61 mm en octobre (Sodexam, 2019). La végétation actuelle de la Réserve Naturelle de Dahliafleu est constituée d'une forêt secondaire dégradée (Oulaitar, 2017, Monssou *et al.*, 2018). La réserve est bordée par la lagune Ebrié. On note dans ce milieu la présence de quelques Mammifères tels que le Guib harnaché *Tragelaphus scriptus* Pallas, 1776, le

effectués entre 06h00-11h00 le matin et 15h00-18h00 l'après-midi, ce qui correspond à une période d'activité suffisamment homogène chez les Oiseaux. Le guide des Oiseaux de l'Afrique de l'Ouest (Borrow et Demey, 2012) et la discographie des cris et chants des Oiseaux d'Afrique (Chappuis, 2000) ont servi de documents de référence pour l'identification des oiseaux. La liste des espèces a été faite selon l'ordre phylogénétique de la communauté internationale des ornithologues (Gill *et al.*, 2020). Le statut biogéographique (Borrow et Demey, 2012), l'habitat préférentiel (Yaokokoré-Béibro, 2001), l'endémicité (Fishpool et Evans, 2001) et le statut de conservation (UICN, 2021 ; UNEP-WCMC, 2021) de chaque espèce sont indiqués. L'effectif maximal pour chaque espèce sur l'ensemble des sessions d'observation a été retenu pour les différentes analyses statistiques. Les espèces observées ont été caractérisées à partir de leur fréquence relative. Selon Thiollay (1986), une espèce est dite : D (Dominante), lorsque sa fréquence relative est supérieure ou égale à 5% ; Re (Régulière), lorsque sa fréquence est comprise entre 1 et 4,9% ; Ra (Rare), lorsque sa fréquence est comprise entre 0,2 et 0,9% ; Ac (Accidentelle), lorsqu'elle représente moins de 0,2%. La fréquence relative (Fr), l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H') et l'indice d'équitabilité (J) ont été calculés sous le logiciel Microsoft Excel 2010 à partir des formules mathématiques suivantes :

$Fr = (ni/N) \times 100$  avec ni : somme de tous les contacts avec l'espèce i dans le site de dénombrement ; N :  $\sum ni$  : somme des contacts avec l'ensemble des espèces observées.

$H' = - \sum (ni/N) \ln (ni/N)$  avec ni/N : abondance relative de l'espèce i dans le peuplement.

$J = H' / \ln S$  avec H' : indice de Shannon-Wiener et ln S : exprime la valeur maximale de H' (H' max), avec S = Nombre d'espèces.

**RESULTATS**

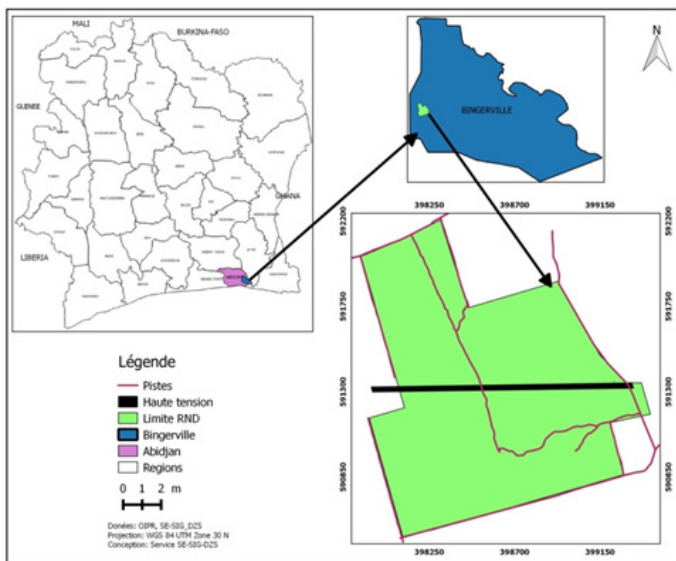
**Diversité des oiseaux de la Réserve Naturelle de Dahliafleu**

Au total 142 espèces réparties en 43 familles et 18 ordres ont été recensées dans la Réserve Naturelle de Dahliafleu (**Tableau I**). Les non-Passeriformes sont de 80 espèces réparties en 23 familles, tandis que les Passeriformes représentent 62 espèces regroupées en 20 familles. Les familles les mieux représentées dans ce peuplement d'oiseaux sont par ordre décroissant celles des Ardéidés (13 espèces), des Nectariniidés (11 espèces), des Scolopacidés et des Pycnonotidés, 10 espèces chacune.

Ce peuplement d'oiseaux est estimé à 1806 individus avec un effectif moyen mensuel de  $1084 \pm 173$  individus. L'analyse des fréquences relatives indique que 64 espèces sont rares (45,07 %), 50 espèces sont accidentelles (35,21 %), 26 espèces sont régulières (18,31 %) et deux espèces sont dominantes (1,41 %). Ces dernières sont la Tourterelle à collier *Streptopelia semitorquata* (Rüppell, 1837) et le Choucador splendide *Lamprotonis splendidus* (Vieillot, 1822). L'indice de diversité de Shannon-Wiener (H') de la Réserve Naturelle de Dahliafleu est de 4,28 et l'indice d'Equitabilité (E) est de 0,86.

**Statut biogéographique des espèces**

Le peuplement d'oiseaux de la Réserve Naturelle de Dahliafleu est majoritairement composé d'espèces résidentes au nombre



Céphalophe de Maxwell *Cephalophus maxwelli* Smith, 1827 et l'antilope royale *Neotragus pygmaeus* Linné, 1758, et de nombreux autres animaux (Oulaitar, 2017).

**Méthodes de collecte des données**

Les inventaires ornithologiques ont été effectués entre septembre 2018 et janvier 2020 (08 au 29 septembre 2018 ; 17 septembre au 09 novembre 2019 ; 15 au 18 janvier 2020) à partir de la méthode des points d'écoute (Bibby *et al.*, 2000 ; Yaokokoré-Béibro, 2001). Au total, 10 points d'écoute fixes, disposés le long de transects rectilignes, ont été définis à l'intérieur de la réserve. La distance entre deux points d'écoute consécutifs était de 300 m à vol d'oiseau et la durée de chaque point d'écoute était de 20 minutes. Au moyen d'une paire de jumelles (Bushnell Trophy 10X42 binoculaire) pour l'observation des oiseaux et d'un dictaphone (OLYMPUS Linear PCM Recorder LS-P2) pour l'enregistrement de leurs cris et chants, les inventaires ont été

de 119 soit 83,80 % du nombre total des espèces. Les espèces migratrices du paléarctique sont au nombre de 17 espèces et représentent 11,97 % du nombre total des espèces. Seulement six (06) espèces sont migratrices intra-africaines et représentent 4,23 % du nombre total des espèces.

### Habitat préférentiel et endémicité des espèces

Dans ce peuplement d'oiseaux, 56 espèces (39,44 %) affectionnent les forêts secondaires, 48 espèces (33,80 %) ont une préférence pour les habitats ouverts et 38 espèces (26,76 %) sont dépendantes des milieux humides. De toutes les espèces recensées dans la Réserve Naturelle de Dahliafleur, 41 sont endémiques au biome des forêts guinéo-congolais (A05).

### Statut de conservation

Selon la liste rouge des espèces menacées de l'UICN, le Perroquet jaco *Psittacus erithacus* Linné, 1758 est une espèce En danger. Par ailleurs, le Bécasseau maubèche *Calidris canutus* (Linné, 1758) et le Bécasseau cocorli *Calidris ferruginea* (Pontoppidan, 1763) sont quasi-menacées. Toutes les autres espèces sont de préoccupation mineure sur cette liste.

En considérant les annexes de la CITES, seul le Perroquet jaco est inscrit en annexe I. Neuf autres espèces sont inscrites en annexe II de cette même liste ; Il s'agit du Touraco vert *Tauraco persa* (Linné, 1758), du Touraco à gros bec *Tauraco macrorhynchus* (Fraser, 1839), du Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* (Linné, 1758), du Gymnogène d'Afrique *Polyboroides typus* Smith, A, 1829, de l'Autour tachiro *Accipiter tachiro* (Daudin, 1800), de l'Épervier shikra *Accipiter badius* (Gmelin, JF, 1788), du Milan noir *Milvus migrans* (Boddaert, 1783), de la Chouette africaine *Strix woodfordii* (Smith, A, 1834) et du Perroquet youyou *Poicephalus senegalus* (Linné, 1766). Toutes les autres espèces ne bénéficient pas de protection de la CITES.

**Tableau 1** : Liste des espèces d'oiseaux de la Réserve Naturelle de Dahliafleur

SB : Statut biogéographique; R : Espèces résidentes; M : Espèces migratrices intra africaines; P : Espèces migratrices du paléarctique; O : Espèces occasionnelles; HP : habitat préférentiel; E : Espèces dépendante des points d'eau; f. : f. : Espèces des milieux ouverts; F : Espèces généralistes des forêts secondaires; Bio : biome; A05 : Biome des forêts guinéo-congolaises; NT : Espèces quasi menacées; EN : Espèces en danger; Emax : Effectif maximal; Fr (%) : Fréquence; C.A : Catégories d'abondance; Ac : Espèces accidentelles; Ra : Espèces rares; Re : Espèces régulières; D : Espèces dominantes.

Ordres/Familles/Espèces	Noms en français	SB	HP	Bio.	Emax	Fr (%)	C. A
<b>GALLIFORMES</b>							
<b>Phasianidae (2)</b>							
<i>Pternistis alantensis</i> (Temminck, 1854)	Francolin d'Ahaanta	R	F	A05	1	0,06	Ac
<i>Pternistis bicalcaratus</i> (Linnaeus, 1766)	Francolin à double éperon	R	f.		5	0,28	Ra
<b>CAPRIMULGIFORMES</b>							
<b>Caprimulgidae (1)</b>							
<i>Caprimulgus cinerarius</i> Vieillot, 1824	Engoulevent à longue queue	M	f.		3	0,17	Ac
<b>Apodidae (4)</b>							
<i>Telacanthura ussheri</i> (Sharpe, 1870)	Martinet d'Ussher	R	F		8	0,44	Ra
<i>Cypsiurus parvus</i> (Lichtenstein, MHK, 1823)	Martinet des palmiers	R	f.		22	1,22	Re
<i>Apus opus</i> (Linné, 1758)	Martinet noir	P	f.		6	0,33	Ra
<i>Apus affinis</i> (Gray, JF, 1830)	Martinet des maisons	R	f.		5	0,28	Ra
<b>MUSOPHAGIFORMES</b>							
<b>Musophagidae (3)</b>							
<i>Tauraco persa</i> (Linné, 1758) II	Touraco vert	R	F	A05	4	0,22	Ra
<i>Tauraco macrorhynchus</i> (Fraser, 1839) II	Touraco à gros bec	R	F	A05	6	0,33	Ra
<i>Crinifer piscator</i> (Boddaert, 1783)	Touraco gris	R	f.		16	0,89	Ra
<i>Vanellus spinosus</i> (Linné, 1758)	Vanneau à éperons	R	E		9	0,50	Ra
<i>Charadrius hiaticula</i> Linné, 1758	Pluvier grand-gravelot	P	E		75	4,15	Re
<i>Charadrius dubius</i> Scopoli, 1786	Pluvier petit-gravelot	P	E		7	0,39	Ra
<i>Charadrius alexandrinus</i> Linné, 1758	Pluvier à collier interrompu	P	E		9	0,50	Ra
<b>Jacaniidae (1)</b>							
<i>Actophilornis africanus</i> (Gmelin, JF, 1789)	Jacana à poitrine dorée	R	E		10	0,55	Ra
<b>Scolopaciidae (10)</b>							
<i>Numenius phaeopus</i> (Linné, 1758)	Courlis corlieu	P	E		11	0,61	Ra
<i>Calidris canutus</i> (Linné, 1758) NT	Bécasseau maubèche	P	E		6	0,33	Ra
<i>Calidris ferruginea</i> (Pontoppidan, 1763) NT	Bécasseau cocorli	P	E		5	0,28	Ra
<i>Calidris minuta</i> (Leisler, 1812)	Bécasseau minuite	P	E		9	0,82	Ra
<i>Actitis hypoleucos</i> (Linné, 1758)	Chevalier guignette	P	E		13	0,72	Ra
<i>Tringa ochropus</i> Linné, 1758	Chevalier cul-blanc	P	E		12	0,66	Ra
<i>Tringa totanus</i> (Linné, 1758)	Chevalier gambette	P	E		4	0,22	Ra
<i>Tringa stagnatilis</i> (Bechstein, 1803)	Chevalier stagnatille	P	E		2	0,11	Ac
<i>Tringa glareola</i> Linné, 1758	Chevalier sylvain	P	E		19	1,05	Re
<i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)	Chevalier aboyeur	P	E		6	0,33	Ra
<b>Glareolidae (1)</b>							
<i>Glareola pratensis</i> (Linné, 1766)	Glareole à collier	M	E		6	0,33	Ra

<i>Vanellus spinosus</i> (Linné, 1758)	Vanneau à éperons	R	E		9	0,50	Ra
<i>Charadrius hiaticula</i> Linné, 1758	Pluvier grand-gravelot	P	E		75	4,15	Re
<i>Charadrius dubius</i> Scopoli, 1786	Pluvier petit-gravelot	P	E		7	0,39	Ra
<i>Charadrius alexandrinus</i> Linné, 1758	Pluvier à collier interrompu	P	E		9	0,50	Ra
<b>Jacaniidae (1)</b>							
<i>Actophilornis africanus</i> (Gmelin, JF, 1789)	Jacana à poitrine dorée	R	E		10	0,55	Ra
<b>Scolopaciidae (10)</b>							
<i>Numenius phaeopus</i> (Linné, 1758)	Courlis corlieu	P	E		11	0,61	Ra
<i>Calidris canutus</i> (Linné, 1758) NT	Bécasseau maubèche	P	E		6	0,33	Ra
<i>Calidris ferruginea</i> (Pontoppidan, 1763) NT	Bécasseau cocorli	P	E		5	0,28	Ra
<i>Calidris minuta</i> (Leisler, 1812)	Bécasseau minuite	P	E		9	0,82	Ra
<i>Actitis hypoleucos</i> (Linné, 1758)	Chevalier guignette	P	E		13	0,72	Ra
<i>Tringa ochropus</i> Linné, 1758	Chevalier cul-blanc	P	E		12	0,66	Ra
<i>Tringa totanus</i> (Linné, 1758)	Chevalier gambette	P	E		4	0,22	Ra
<i>Tringa stagnatilis</i> (Bechstein, 1803)	Chevalier stagnatille	P	E		2	0,11	Ac
<i>Tringa glareola</i> Linné, 1758	Chevalier sylvain	P	E		19	1,05	Re
<i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)	Chevalier aboyeur	P	E		6	0,33	Ra
<b>Glareolidae (1)</b>							
<i>Glareola pratensis</i> (Linné, 1766)	Glareole à collier	M	E		6	0,33	Ra
<b>Phalacrocoracidae (1)</b>							
<i>Microcarbo africanus</i> (Gmelin, JF, 1789)	Cormoran africain	R	E		1	0,06	Ac
<b>PELECANIFORMES</b>							
<b>Ardeidae (13)</b>							
<i>Isobrychus minutus</i> (Linné, 1766)	Blongios nain	R	E		1	0,06	Ac
<i>Isobrychus sturmi</i> (Wagler, 1827)	Blongios de Sturm	M	E		3	0,17	Ac
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linné, 1758)	Bihoreau gris	R	E		1	0,06	Ac
<i>Butorides striata</i> (Linné, 1758)	Héron strié	R	E		4	0,22	Ra
<i>Ardeola ralloides</i> (Scopoli, 1769)	Crabier chevelu	R	E		7	0,39	Ra
<i>Bubulcus ibis</i> (Linné, 1758)	Héron garde-bœufs	R	E		66	3,65	Re
<i>Ardea cinerea</i> Linné, 1758	Héron cendré	R	E		1	0,06	Ac
<i>Ardea purpurea</i> Linné, 1766	Héron pourpré	R	E		1	0,06	Ac
<i>Ardea alba</i> Linné, 1766	Grande Aigrette	R	E		1	0,06	Ac
<i>Ardea intermedia</i> Wagler, 1829	Héron intermédiaire	R	E		1	0,06	Ac
<i>Egretta ardesiaca</i> (Wagler, 1827)	Aigrette ardésienne	R	E		3	0,17	Ac
<i>Egretta garzetta</i> (Linné, 1766)	Aigrette garzette	R	E		8	0,44	Ra
<i>Egretta gularis</i> (Bosc, 1792)	Aigrette à gorge blanche	R	E		8	0,44	Ra
<b>ACCIPITRIFORMES</b>							
<b>Pandionidae (1)</b>							
<i>Pandion haliaetus</i> (Linné, 1758) II	Balbuzard pêcheur	P	E		1	0,06	Ac
<b>Accipitridae (4)</b>							
<i>Polyboroides typus</i> Smith, A, 1829 II	Gymnogène d'Afrique	R	F		1	0,06	Ac
<i>Accipiter tachiro</i> (Daudin, 1800) II	Autour tachiro	R	F		3	0,17	Ac
<i>Accipiter badius</i> (Gmelin, JF, 1788) II	Épervier shikra	R	F		5	0,28	Ra
<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783) II	Milan noir	M	f.		61	3,38	Re
<b>STRIGIFORMES</b>							
<b>Strigidae (1)</b>							
<i>Strix woodfordii</i> (Smith, A, 1834) II	Chouette africaine	R	F		3	0,17	Ac
<b>BUCEROTIFORMES</b>							
<b>Bucerotidae (2)</b>							
<i>Lophoceros fasciatus</i> (Shaw, 1812)	Calao longibande	R	F	A05	38	2,10	Re
<i>Buceros fistulatus</i> (Cassin, 1850)	Calao siffleur	R	F	A05	23	1,27	Re
<b>CORACIFORMES</b>							
<b>Alcedinidae (7)</b>							
<i>Halcyon leucocephala</i> (Müller, PLS, 1776)	Martin-chasseur à tête grise	M	f.		6	0,33	Ra
<i>Halcyon malimbica</i> (Shaw, 1812)	Martin-chasseur à poitrine bleue	R	F		6	0,33	Ra
<i>Halcyon senegalensis</i> (Linné, 1766)	Martin-chasseur du Sénégal	R	f.		3	0,17	Ac
<i>Epidina lecontei</i> Cassin, 1856	Martin-pêcheur à tête rousse	R	E	A05	2	0,11	Ac
<i>Epidina picta</i> (Boddaert, 1783)	Martin-pêcheur pygmée	R	f.		2	0,11	Ac
<i>Corythornis cristatus</i> (Pallas, 1764)	Martin-pêcheur huppé	R	f.		2	0,11	Ac
<i>Ceryle rudis</i> (Linné, 1766)	Martin-pêcheur pie	R	E		4	0,22	Ra
<b>Meropidae (2)</b>							
<i>Merops pusillus</i> Müller, PLS, 1776	Guépier nain	R	f.		29	1,61	Re
<i>Merops albicollis</i> Vieillot, 1817	Guépier à gorge blanche	M	f.		75	4,15	Re
<b>PICIFORMES</b>							
<b>Lybiidae (3)</b>							
<i>Pogoninus scolopaceus</i> (Bonaparte, 1850)	Barbion grivelé	R	F	A05	20	1,11	Re
<i>Pogoninus subsulphureus</i> (Fraser, 1843)	Barbion à gorge jaune	R	F	A05	3	0,17	Ac
<i>Pogoninus bilineatus</i> (Sundevall, 1850)	Barbion à croupion jaune	R	F		5	0,28	Ra
<b>FALCONIFORMES</b>							
<b>Falconidae (1)</b>							
<i>Falco ardosiaceus</i> Vieillot, 1823	Faucon ardésien	R	f.		2	0,11	Ac
<b>PSITTACIFORMES</b>							
<b>Psittacidae (2)</b>							
<i>Psittacus erithacus</i> Linné, 1758 EN, I	Perroquet jaco	R	F	A05	2	0,11	Ac
<i>Poicephalus senegalus</i> (Linné, 1766), II	Perroquet youyou	R	f.	A05	2	0,11	Ac
<b>Psittaculidae (1)</b>							
<i>Psittacula krameri</i> (Scopoli, 1769)	Perruche à collier	R	f.		2	0,11	Ac
<b>PASSERIFORMES</b>							
<b>Platypteriidae (1)</b>							
<i>Platyptera castanea</i> Fraser, 1843	Priit châtain	R	F	A05	5	0,28	Ra
<b>Malacoconidae (2)</b>							
<i>Tchagra australis</i> (Smith, A, 1836)	Tchagra à tête brune	R	f.		6	0,33	Ra
<i>Laniarius aethiopicus</i> (Gmelin, JF, 1789)	Gonolek d'Abyssinie	R	f.		4	0,22	Ra
<b>Monarchidae (1)</b>							
<i>Terpsiphona rufiventris</i> (Swainson, 1837)	Tchitree à ventre roux	R	F	A05	3	0,17	Ac
<b>Corvidae (1)</b>							
<i>Corvus albus</i> Müller, PLS, 1776	Corbeau pie	R	f.		28	1,55	Re
<b>Nicatoridae (1)</b>							
<i>Nicator chloris</i> (Valenciennes, 1826)	Nicator du Sénégal	R	F	A05	5	0,28	Ra
<b>Pycnonotidae (10)</b>							
<i>Pycnonotus barbatus</i> (Desfontaines, 1789)	Bulbul des jardins	R	f.		71	3,93	Re
<i>Stelgidilaps gracilirostris</i> (Strickland, 1844)	Bulbul à bec grêle	R	f.		1	0,06	Ac
<i>Eurillas virens</i> (Cassin, 1857)	Bulbul verdâtre	R	F		24	1,33	Re
<i>Eurillas gracilis</i> (Cabanis, 1880)	Bulbul gracie	R	F	A05	2	0,11	Ac
<i>Eurillas ansorgei</i> (Hartert, 1907)	Bulbul d'Ansorge	R	F	A05	2	0,11	Ac
<i>Eurillas curvirostris</i> (Cassin, 1859)	Bulbul curvirostre	R	F	A05	7	0,39	Ra
<i>Eurillas latirostris</i> (Strickland, 1844)	Bulbul à moustaches jaunes	R	F		21	1,16	Re
<i>Chlorocichla simplex</i> (Hartlaub, 1855)	Bulbul modeste	R	F	A05	15	0,83	Ra
<i>Thescelocichla leucolepura</i> (Cassin, 1855)	Bulbul des raphias	R	F	A05	1	0,06	Ac
<i>Bleda canicapillus</i> (Hartlaub, 1854)	Bulbul fourmilier	R	F	A05	12	0,66	Ra

<b>Hirundinidae (4)</b>						
<i>Psalidoprocne obscura</i> (Hartlaub, 1855)	Hirondelle fanti	R	F	A05	8	0,44 Ra
<i>Hirundo rustica</i> Linné, 1758	Hirondelle rustique	P	f.		6	0,33 Ra
<i>Hirundo nigrita</i> Gray, GR, 1845	Hirondelle à bavette	R	E	A05	3	0,17 Ac
<i>Cecropis abyssinica</i> (Guérin-Ménéville, 1843)	Hirondelle striée	R	f.		7	0,39 Ra
<b>Macrosphenidae (3)</b>						
<i>Macrosphenus concolor</i> (Hartlaub, 1857)	Nasique grise	R	F	A05	2	0,11 Ac
<i>Sylvietta virens</i> Cassin, 1859	Crombec vert	R	F	A05	9	0,50 Ra
<i>Sylvietta dentis</i> Ogilvie-Grant, 1906	Crombec à gorge tachetée	R	F	A05	5	0,28 Ra
<b>Hylidae (2)</b>						
<i>Hylia prasina</i> (Cassin, 1855)	Hylia verte	R	F	A05	21	1,16 Re
<i>Pholidornis rufica</i> (Cassin, 1855)	Mésangette rayée	R	F	A05	1	0,06 Ac
<b>Cisticolidae (4)</b>						
<i>Cisticola lateralis</i> (Fraser, 1843)	Cisticole siffleuse	R	f.		14	0,78 Ra
<i>Cisticola galactotes</i> (Temminck, 1821)	Cisticole roussâtre	R	f.		13	0,72 Ra
<i>Camaroptera brachyura</i> (Vieillot, 1821)	Camaroptère à tête grise	R	f.		7	0,39 Ra
<i>Camaroptera superciliosa</i> (Fraser, 1843)	Camaroptère à sourcils jaunes	R	F	A05	1	0,06 Ac
<b>Hylotidae (1)</b>						
<i>Hylota violacea</i> Verreaux, J & Verreaux, E, 1851	Hylote à dos violet	R	F	A05	1	0,06 Ac
<b>Sturnidae (1)</b>						
<i>Lamprotornis splendidus</i> (Vieillot, 1822)	Choucador splendide	R	F		93	5,15 D
<b>Muscicapidae (1)</b>						
<i>Cossypha niveicapilla</i> (Lafresnaye, 1838)	Cossyphé à calotte neigeuse	R	F		1	0,06 Ac
<b>Nectariniidae (11)</b>						
<i>Anthreptes gabonensis</i> (Hartlaub, 1861)	Souimanga brun	R	f.	A05	3	0,17 Ac
<i>Anthreptes seimundi</i> (Ogilvie-Grant, 1908)	Souimanga de Seimund	R	F	A05	7	0,39 Ra
<i>Anthreptes rectirostris</i> (Shaw, 1812)	Souimanga à bec droit	R	F	A05	11	0,61 Ra
<i>Heodythya collaris</i> (Vieillot, 1819)	Souimanga à collier	R	F		11	0,61 Ra
<i>Cyanomitra verticalis</i> (Latham, 1790)	Souimanga à tête verte	R	F		13	0,72 Ra
<i>Cyanomitra cyanoaema</i> (Jardine & Fraser, 1852)	Souimanga à gorge bleue	R	F	A05	2	0,11 Ac
<i>Cyanomitra olivacea</i> (Smith, A, 1840)	Souimanga olivâtre	R	F		15	0,83 Ra
<i>Chalcomitra adelberti</i> (Gervais, 1834)	Souimanga à gorge rousse	R	F	A05	2	0,11 Ac
<i>Cinnyris chloropygus</i> (Jardine, 1842)	Souimanga à ventre olive	R	F		26	1,44 Re
<i>Cinnyris superbus</i> (Shaw, 1812)	Souimanga superbe	R	F	A05	2	0,11 Ac
<i>Cinnyris cupreus</i> (Shaw, 1812)	Souimanga cuivré	R	f.		23	1,27 Re
<b>Passeridae (2)</b>						
<i>Passer domesticus</i> (Linné, 1758)	Moineau domestique	R	f.		12	0,66 Ra
<i>Passer griseus</i> (Vieillot, 1817)	Moineau gris	R	f.		29	1,61 Re
<b>Ploceidae (7)</b>						
<i>Ploceus nigricollis</i> (Vieillot, 1805)	Tisserin à cou noir	R	f.		10	0,55 Ra
<i>Ploceus aurantius</i> (Vieillot, 1805)	Tisserin orangé	R	f.	A05	3	0,17 Ac
<i>Ploceus cucullatus</i> (Müller, PLS, 1776)	Tisserin gendarme	R	f.		59	3,27 Re
<i>Ploceus nigerrimus</i> Vieillot, 1819	Tisserin noir	R	f.	A05	24	1,33 Re
<i>Malimbus scutatus</i> (Cassin, 1849)	Malimbe à queue rouge	R	F	A05	11	0,61 Ra
<i>Malimbus nitens</i> (Gray, JE, 1831)	Malimbe à bec bleu	R	F	A05	1	0,06 Ac
<i>Euplectes macroura</i> (Gmelin, JF, 1789)	Euplecte à dos d'or	R	f.		2	0,11 Ac
<b>Estrildidae (6)</b>						
<i>Nigrita bicolor</i> (Hartlaub, 1844)	Nigrette à ventre roux	R	F	A05	1	0,06 Ac
<i>Nigrita canicapillus</i> (Strickland, 1841)	Nigrette à calotte grise	R	F		3	0,17 Ac
<i>Estrilda melopoda</i> (Vieillot, 1817)	Astrild à joues orange	R	f.		12	0,66 Ra
<i>Lonchura cucullata</i> (Swainson, 1837)	Capucin nonnette	R	f.		64	3,54 Re
<i>Lonchura bicolor</i> (Fraser, 1843)	Capucin bicolore	R	f.		48	2,66 Re
<i>Lonchura fringilloides</i> (Lafresnaye, 1835)	Capucin pie	R	f.		37	2,05 Re
<b>Viduidae (1)</b>						
<i>Vidua macroura</i> (Pallas, 1764)	Veuve dominicaine	R	f.		8	0,44 Ra
<b>Motacillidae (3)</b>						
<i>Motacilla flava</i> Linné, 1758	Bergeronnette printanière	P	f.		2	0,11 Ac
<i>Macronyx croceus</i> (Vieillot, 1816)	Sentinelles à gorge jaune	R	f.		25	1,38 Re
<i>Anthus leucopygus</i> Vieillot, 1818	Pipit à dos uni	R	f.		4	0,22 Ra
<b>Total</b>					<b>1806</b>	<b>100</b>

## DISCUSSION

Cette étude a permis d'inventorier dans la Réserve Naturelle de Dahliafleur (RND) une richesse avifaunistique de 142 espèces appartenant à 43 familles et regroupées dans 18 ordres. Ce potentiel avifaunistique est assez important au regard de la superficie relativement petite de la RND et de sa proximité des agglomérations de Bingerville et de Cocody. Ce résultat explique d'une part que cette réserve est un pôle important de conservation de l'avifaune dans la région et qu'elle concentre des ressources (habitats et des ressources trophiques) et la diversité des micro-habitats rencontrés dans cette réserve (Jayson et Mathew, 2000). En effet, les espèces recensées affectionnent aussi bien les milieux forestiers que les milieux ouverts et les zones humides. Toutefois, bien que les espèces des habitats forestiers soient les plus représentées, la forte présence des espèces des milieux ouverts serait la preuve que la RND fait l'objet d'une pression anthropique sans précédent. Pourtant, cette réserve serait un refuge idéal pour les communautés d'Oiseaux dans le district d'Abidjan et un milieu d'intérêt pour leur conservation en raison de la présence d'espèces inscrites sur la liste rouge de l'UICN (UICN, 2021)

et la présence d'espèces endémiques aux biomes des forêts guinéo-congolaises (Fishpool et Evans, 2001).

L'effectif du peuplement d'oiseaux de la RND est presque équitablement réparti entre les différentes espèces avec une relative dominance de la tourterelle à collier *Streptopelia semitorquata* et du Choucador splendide *Lamprotornis splendidus*. Ces deux espèces grégaires à régime essentiellement végétarien profitent de l'abondance des arbres fruitiers rencontrés dans la RND (OIPR, 2013). Bien que l'indice de diversité de Shannon-Wiener soit élevé, la RND serait la moins diversifiée de toutes les aires protégées situées dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Yaokokoré-Béibro, 2010 ; Kouadio et al., 2014). Elle dispose, cependant, d'un fort potentiel écotouristique dû à l'hétérogénéité des micro-habitats et à la diversité de son peuplement avifaunistique. En effet, les oiseaux, du fait de leur beauté et leur agilité, constituent de véritables atouts pour le tourisme de vision (Egwali et al., 2018).

## CONCLUSION

Cette étude a permis de dresser la liste des oiseaux rencontrés dans la Réserve Naturelle de Dahliafleur. Un total de 142 espèces d'oiseaux réparties en 43 familles et 18 ordres a été identifié. Ces espèces sont majoritairement résidentes et se rencontrent préférentiellement dans les forêts secondaires et les milieux ouverts. Par ailleurs, des espèces à statut particulier s'y rencontrent. Ces résultats indiquent que la Réserve Naturelle de Dahliafleur est un site prioritaire pour la conservation et l'écotourisme en toute saison. Aussi, il est recommandé au gestionnaire de mettre en place des mesures de gestion pour la protection du site.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Avado C.R., Lougbegnon O.T., Gbesso G.H.F. et Codjia J.T.C. (2018).** Approvisionnement et commercialisation de deux espèces de francolin utilisées comme Oiseaux gibiers au Bénin. *European Scientific Journal*, **14(36)**, 225-242.
- Bie G.D., Yao N.J.P., Gbangbot J.M., Fofana F., Doukouré M. et Digbehi Z.B. (2015).** Caractérisation paléo-environnementale des formations de l'oligocène de Bingerville, Côte d'Ivoire, à partir de l'analyse des palynofaciès. *Revue Ivoirienne des sciences et technologie*, **26**, 254-278.
- Birdlife International (2018).** L'Etat des Oiseaux d'Afrique 2017 : Indicateur de notre environnement en mutation. Nairobi, Kenya : Partenaire africain de BirdLife International, 52 p.
- Borrow N. et Demey R. (2012).** Guide des Oiseaux de l'Afrique de l'Ouest. Paris, Delachaux et Niestlé, 508p.
- Chappuis C. (2000).** African Bird Sounds. Birds of North, West and Central Africa. Livrette et 15 CD. Société d'Etudes Ornithologiques de France, Paris.
- Egwali E.C., Eniang E.A. and Udoidiong O.M. (2018).** Conservation priorities and ecotourism potentials of the avifauna of its wetlands, Nigeria. *World Journal of Applied Science and Technology*, **10(1)**, 7-14.
- Fishpool L.D.C. and Evans M.I. (2001).** Important Bird Areas of Africa and associated islands: Priority sites for conservation. Newbury and Cambridge, UK: Pisces Publications and

BirdLife International, 219-232.

**Gill F., Donsker D. and Rasmussen P. (2020).** IOC World Bird List (v 10.1). Doi 10.14344/IOC.ML.10.1.

**Jayson E.A. and Mathew D.N. (2000).** Diversity and species abundance distribution of birds in the tropical forests of Silent Valley, Kerala. Journal of the Bombay Natural History Society, 97(3), 390-400.

**Khaffou M., Chalaoui A. et Samih M. (2013).** Les habitats utilisés par le Tadorne casarca (*Tadorna ferruginea*) dans la zone humide d'Aguelmam Sidi Ali-Site Ramsar-Moyen Atlas-Maroc. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7, 598-606.

**Kouadio K.P., Yaokokoré-Béibro K.H., Odoukpé K.S.G., Konan E.M. et Kouassi K.P. (2014).** Diversité Avifaunistique du Parc National du Banco, Sud-Est Côte d'Ivoire. European Journal of Scientific Research, 125(2), 384-398.

**Monssou E.O., Kouadio Y.J.C., Vro B.T.A. et N'Guessan K.E. (2018).** Diversité floristique et estimation du stock de carbone de la Réserve Naturelle Partielle de Dahliafleur dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Revue de l'environnement et de la biodiversité- PASRES, 3(2), 72-83.

**OIPR (2013).** Rapport de la première session 2013 du Comité de Gestion Locale de la Réserve Naturelle de Dahliafleur. Office Ivoirien des Parcs et Réserve, Abidjan 27 p.

**Oulaitar M.E. (2017).** Diversité végétale et service écosystémiques du jardin Botanique et de la réserve naturelle partielle Dahliafleur de Bingerville dans la vie des populations du district d'Abidjan (Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny Abidjan, 141p.

**Persuy A. (2018).** Oiseaux et paysages forestiers. Openfield, 11, 1-9p.

**SODEXAM (2019).** Données climatiques de la Société de Développement et d'Exploitation Aéronautique, Aéroportuaire et Météorologique. Données recueillies le 20 février 2020

**Stolton S., Dudley N., Çokçalışkan A.B., Hunter D., Ivanić K.-Z., Kanga E., Kettunen M., Kumagai Y., Maxted N., Senior J., Wong M., Keenleyside K., Mulrooney D. et Waithaka J. (2020).** Gouvernance et gestion des aires protégées, Valeurs et avantages des aires protégées (Eds G, L, Worboys, M, Lockwood, A, Kothari, S, Feary et I, Pulsford). Canberra : ANU Press, 154-177.

**Thiollay J.M. (1986).** Structure comparée du peuplement Avien dans trois sites de forêt Primaire en Guyane. La Terre et la Vie, 41, 59-105.

**Triplet P. (2009).** Manuel de gestion des aires protégées d'Afrique francophone. Awely, Paris, 1215 p.

**UICN (2021).** Liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature. Version 2021.

**UNEP-WCMC (Comps.) (2021).** Checklist of CITES species. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland and UNEP-WCMC, Cambridge, United Kingdom. Accessed on 25/07/2022

**Yaokokoré-Beibro K.H. (2001).** Avifaune des forêts classées de l'est de la Côte d'Ivoire : Données sur l'écologie des espèces et effet de déforestation sur les peuplements. Cas des forêts de la Béki et de la Bossématié (Abengourou). Thèse de doctorat, Université de Cocody, 245p.

**Yaokokoré-Béibro K.H. (2010).** Oiseaux du Parc National des Iles Ehotilé, Sud-est Côte d'Ivoire. Malimbus, 32, 89-102.

# Influence de l'application du compost solide sur les paramètres de croissance et de rendement de la culture de tomate au centre de la Côte d'Ivoire

## Titre abrégé : Influence du compost sur la croissance et le rendement de la tomate

Akotto Odi Faustin<sup>1\*</sup>, Kouadio Konan-Kan Hippolyte<sup>1</sup>, Messoum Francis Gustave<sup>2</sup>, Ouattara Bouatini Ismaël<sup>1</sup>

### Résumé

Ce travail s'inscrit dans un projet de recherche visant à proposer l'utilisation de compost sur les périmètres maraîchers afin d'adopter des itinéraires culturaux plus respectueux de l'environnement. Cette étude s'est intéressée à l'influence du compost sur les paramètres de croissance et de rendement de la culture de tomate. Le dispositif expérimental adopté était celui en blocs aléatoires complets à 4 répétitions. La dose recommandée (traitement TR1 : 862,5 kg de compost solide/ha), la demi-dose (traitement TR $\frac{1}{2}$  : 431,25 kg de compost solide/ha) et 10 fois la dose recommandée (traitement TR10 : 8625 kg de compost solide/ha) ont été testées en présence du témoin (traitement T0 : aucun apport de compost). Le compost utilisé a été produit à partir du mélange de déchets solides urbains biodégradables sur la plateforme de compostage du Toumbokro. Les résultats ont montré que l'application du compost a induit une augmentation des indicateurs de croissance en hauteur > 10% en comparaison au témoin. L'efficacité mesurée au niveau de la croissance en hauteur est estimée entre 108 % et 114 %. Ces résultats révèlent que les meilleurs taux de croissance de la longueur et du diamètre de la tige et des rendements en fruits de tomate ont été obtenus sur les parcelles amendées au compost. Aucune phytotoxicité n'est décelée à la dose de TR10 : le produit pourra être épandu à la dose recommandée (TR1) sans risques pour la tomate. Ce compost pourrait constituer une alternative viable à l'utilisation de l'engrais minéral dans la zone agricole de Yamoussoukro.

**Mots clés :** maraîchage, compost, efficacité agronomique, culture de la tomate.

### Abstract

#### Agricultural use of compost and its influence on a tomato crop in central Côte d'Ivoire

This work was carried out for comparing the effect of solid waste compost incorporated into soil and control extracts applied through fertilization application on tomato plant growth and yield parameters. The experiment was a completely randomized complete random blocks designs with 4 repetitions: recommended dose TR1: 862.5 kg of solid compost/ha), half dose (TR1/2 : 431.25 kg of solid compost/ha) and 10 times TR1 (TR10 : 8625 kg solid compost/ha) were compared to control (T0). Results showed that compost content in substrate had a considerable effect as well on yield parameters and growth indicators (> 10% compared to the control). growth parameters which increased rates between 108% and 114% compared to control. According to compost content, yield parameter also increased of more than 10% compared to control. The solid waste compost incorporated into soil clearly influence the quantitative parameters of yield and growth which increased of more than 100%. No phytotoxicity is detected at the TR10 dose: the product can be applied at the recommended dose (TR1) without risk to tomato crop. At the same time, the agronomic value for this TR1 dose showed its effectiveness. This solid waste compost could be implemented in the agricultural zone of Yamoussoukro.

**Key-words:** Composting, agronomic effectiveness, tomato crop.

<sup>1</sup>Filière Pédologie et Agriculture Durable, Laboratoire des Sciences du sol, des eaux, des Géomatériaux (LSSEG), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan (UFHB), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>Centre National de Recherche Agronomique, programme riz, 01 BP 170 Abidjan01, Côte d'Ivoire

\*Correspondance : [akottodifaustin@gmail.com](mailto:akottodifaustin@gmail.com)

### Introduction

Face aux défis de la forte pression de l'urbanisation, alimentaire, climatique, environnementale et économique, de nombreux citadins dans le monde pratiquent l'agriculture urbaine et péri-urbaine. Mais, les ménages urbains, surtout les plus pauvres, ont du mal à s'adapter (Akotto *et al.*, 2020). Il s'ensuit donc la question du potentiel de l'agriculture urbaine et péri-urbaine à créer de la résilience face à ces défis majeurs dans les grandes agglomérations comme Yamoussoukro, capitale politique de la Côte d'Ivoire où la maraîcheculture concerne plusieurs spéculations associées à l'utilisation massive et incontrôlée des produits chimiques. Bien que ces derniers soient bénéfiques pour l'augmentation des rendements (Fall *et al.*, 2003), leur utilisation irrationnelle peut engendrer

des effets négatifs sur l'environnement et la santé publique (Ngom *et al.*, 2017). Eu égard à la collecte régulière et presque quotidienne de déchets solides urbains et à la prédominance de déchets fermentescibles (déchets végétaux et de cuisine), il est nécessaire de développer des technologies innovantes pour relever les défis de l'agriculture urbaine et péri-urbaine par l'approvisionnement régulier des populations en produits respectueux de l'environnement et plus compétitifs. C'est le lieu de rappeler que l'introduction du compost mûr dans le sol est une solution pour le maintien de la matière organique dans le sol (Chennaoui *et al.*, 2016) et l'entretien de la fertilité du sol. Aussi, le recours aux connaissances ancestrales sur le retour au sol de la matière organique issue du compostage des déchets et des produits résiduels organiques, revêt-il un intérêt actuel. De ce fait, des initiatives de traitement des quantités sans cesse

croissantes de sous-produits de déchets urbains produits ont été entreprises en vue de la réduction du coût de produits fertilisants pour les sols des périmètres maraîchers dans le District de Yamoussoukro (Centre de la Côte d'Ivoire). Du compost solide y est produit par transformation biologique de déchets urbains. Le produit fini a servi à la réalisation d'essais agronomiques sur la culture de la tomate : *Solanum Lycopersicum* L. Pour remédier à l'insuffisance des démarches de caractérisation des produits résiduels issus du projet, la présente étude a été réalisée *in-situ*. Elle fait suite à des analyses préalables réalisées en laboratoire sur l'évolution des propriétés chimiques, physiques et microbiologiques des déchets ménagers de la ville de Yamoussoukro au cours du compostage en cuve. L'objectif de ce travail consiste à valider les résultats de la première phase d'analyse. De façon plus spécifique, il s'agit de (1) montrer que l'application du compost augmente le taux de matière organique et améliore la teneur en éléments minéraux du sol (2) vérifier l'influence du compost sur les paramètres de croissance et de rendement de la culture de tomate à la dose d'épandage recommandée.

## 2- Matériel et méthodes

### 2.1- Milieu d'étude

De février à juin de l'année 2021, des tests d'efficacité du compost ont été menés dans une localité de Côte d'Ivoire, notamment, sur le site de Toumbokro situé à 20 km dans de Yamoussoukro (06°54'98" et 06°55'26" latitude Nord ; 05°28'07" et 05°28'58" longitude Ouest). Il s'agit d'une ancienne « plantation d'état », qui, historiquement, servait de production de café. Et récemment converti en site de production de maïs et de coton. Les essais portent sur le compost solide. Les conditions climatiques moyennes annuelles en 2022 en milieu réel sur la station ont été de 1100 ± 0,5 mm de pluie et de 26 ± 0,31 °C de température. Sur la ferme semencière à Toumbokro, les conditions climatiques moyennes en 2020 ont été de 1005 ± 21 mm de pluie et de 28 ± 0,4 °C de température.

### 2.2- Matériel végétal et intrants

#### 2.2.1- Matériel végétal

L'ensemble des traitements a été mis en place en utilisant la variété de tomate 'Cobra 26 hybride F1'. C'est une variété adaptée aux cultures de saison sèche. Elle présente une croissance déterminée, une très bonne vigueur et une très bonne productivité (en moyenne 15 tonnes de tomate à l'hectare en saison sèche et 20 tonnes de tomate à l'hectare en saison pluvieuse). Elle résiste au flétrissement bactérien (*Ralstonia solanacearum*). Les semences de la variété 'Cobra 26 hybride F1' sont vendues par la société Technisem en Côte d'Ivoire. Le compost utilisé a été produit sur la plateforme de compostage du Toumbokro à partir du mélange de différentes matières : jacinthe d'eau, épluchures de manioc, fiente de volaille, coque d'anacarde, écarts de tri de banane et restes d'agrumes après la transformation.

#### 2.2.2- Intrants utilisés au champ

Pour le traitement phytosanitaire, pyricol 5G (insecticide) et Ivory 80 WP (fongicide) ont été mélangés au terreau, pour le désinfecter. La houe a été utilisée pour le contrôle des mauvaises herbes par sarclage, Vipere 46 EC (Insecticide), l'eau et un pulvérisateur de 16 L ont servi pour le contrôle des insectes défoliateurs et des borers de

tiges. Le fertilisant utilisé est un compost qui a été produit à la plateforme de compostage de Toumbokro à partir d'un mélange de différentes matières : jacinthe d'eau, épluchures de manioc, fiente de volaille, coque d'anacarde, écarts de tri de banane et restes d'agrumes après la transformation.

### 2.3- Mise en place des essais et gestion de la culture

La préparation du terrain s'est effectuée par un labour suivi d'un offsetage croisé pour ameublir le sol à une profondeur de 30 cm. En fumure de fond, il a été épandu du compost solide, 30 jours avant le repiquage de jeunes plants de tomate, uniquement sur les parcelles à traiter. L'essai a été installé pendant la grande saison de pluie de février à mai 2021. Le dispositif expérimental adopté était celui en bloc aléatoire complet à 4 répétitions afin de tenir compte du gradient présent sur le terrain (présence d'une pente ou d'un brise-vent). Le principal facteur de l'étude était la dose de fertilisant utilisé. Chaque bloc comportait quatre (04) traitements dont la dose recommandée (traitement TR1 : 862,5 kg de compost solide/ha), la demi-dose (traitement TR1/2 : 431,25 kg de compost solide/ha), 10 fois la dose recommandée (traitement TR10 : 8625 kg de compost solide/ha) et le témoin (traitement T0 : aucun apport de compost). La distance entre les parcelles élémentaires d'un même bloc était de 10 m et celle entre blocs était de 30 m. Les unités parcelaires étaient au nombre de 16 dont 4 témoins sans fumure (**Figure 1**).

T0	TR1/2	TR1	TR10	BLOC 4
T0	TR10	TR1	TR1/2	BLOC 3
T0	TR1/2	TR10	TR1	BLOC2
T0	TR10	TR1/2	TR1	BLOC1
Témoin	Traitement CS			

Figure 1 : Plan du dispositif expérimental

Chaque traitement couvrait une superficie de 3,12 m sur 1,6 m, soit 5 m<sup>2</sup>. La parcelle unitaire compte 12 plants obtenus par un espacement de 78 cm sur la ligne et 50 cm entre les lignes, pour une densité de 24 000 plants à l'hectare et pour un total de 144 plants de tomate dans le dispositif expérimental. Sur les 12 plants, seuls deux plants situés au milieu de chaque unité parcelaire ont servi à la collecte de données, car les plants situés à l'extrémité de la parcelle ont servi de tampons (**Figure 2**). Le semis a été fait en pépinière 21 jours avant le repiquage. Il a été effectué dans des plaques alvéolées de 60 alvéoles à raison de 3 graines par poquet. Les jeunes plants de tomate ont été démarrés à 1 plant par poquet et alignés de sorte à avoir un écartement de 40 cm entre pots et 80 cm entre lignes.

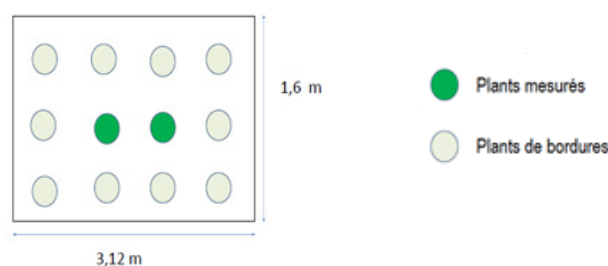


Figure 2 : Disposition de chaque unité expérimentale

Pour le traitement phytosanitaire réalisé à 1, 22, 28, 35 et 42 jours après semis (JAS), pyrical 5G (insecticide de sol) et Ivory 80 WP (fongicide) ont été utilisés. Sur la parcelle expérimentale, le pyrical 5G a été incorporé au sol autour des poquets à la dose de 2 g/m<sup>2</sup>, tandis que Ivory 80 WP a été appliqué 7 jours, 14 jours et 21 jours après repiquage à la dose de 1g / m<sup>2</sup>. Le contrôle des mauvaises herbes a été effectué par sarclages à la houe autant que nécessaire. L'insecticide Vipere 46 EC (40 mL + eau / pulvérisateur de 16 L) a été pulvérisé dès les premières attaques et 2 semaines après la première application si nécessaire pour le contrôle des insectes défoliateurs et des borers de tiges.

La récolte a été effectuée à 85, 92, 99 et 106 jours après semis. La parcelle expérimentale est irriguée quotidiennement via un système d'irrigation goutte à goutte. La source d'eau est un puits à proximité des parcelles d'essai. Les blocs sont irrigués quotidiennement par 3,2 Litres / m<sup>2</sup> / jour. Le système d'irrigation est constitué de tuyaux. La fréquence d'arrosage est déterminée par l'humidité des sols des parcelles unitaires.

**2.4- Collecte des données**

La collecte des données a débuté trois jours après repiquage (JAR). La fréquence de suivi et de collecte de données était de sept jours. Ainsi, les données ont été prises de 3 JAR jusqu'à 59 JAR correspondant au stade d'apparition des premiers fruits. Les paramètres mesurés étaient : les indicateurs de croissance, le rendement et ses composantes, la précocité et la vigueur des plants de tomate. La hauteur de la tige a été mesurée à partir du collet au point de jonction du pétiole de la plus jeune feuille ouverte à l'aide d'un ruban métrique et exprimée en cm. Le diamètre au collet des tiges a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse et exprimé en mm. Le nombre total de fruits noués a été compté. La nouaison a été calculée comme le nombre de fruits par branche divisé par le nombre de fleurs par grappe. L'indice de vigueur des plants a été déterminé selon la méthode de Abdou et Ahmed (2015) pour la croissance hebdomadaire (1) :

$$\text{Indice de vigueur IV} = \log \left( \frac{C^2 \times H}{4\pi} \right) \quad (1)$$

où C = π x D, avec : C : Circonférence au collet des plantes (cm), D : Diamètre au collet des plantes (cm) et H : Hauteur des plantes (cm).

**2.5- Analyse statistique des données**

Pour les données issues au champ, les sommes du nombre de fleurs et de fruits comptés toute semaine ont été utilisées pour tracer les figures et faire l'analyse statistique. Quant aux données issues des indicateurs de croissance, ce sont les moyennes des répétitions qui ont été utilisées pour faire les analyses et tracer les courbes. Les valeurs exprimées en nombres absolus ont été transformées par la relation y = Log (1 + x) en vue d'homogénéiser les variances et d'assurer une normalité aux distributions désaxées vers la droite (Abdou et Ahmed, 2015). Le nombre total des mesures des indicateurs de croissance (IC) a été calculé. Par exemple, IC3 (mesure au jour 3) = 8 ; IC10 (mesure totale au jour 10) = 12 et IC17 = 18 ; donc pour la période I : IC phase 1 = (8+12+18) / 3 = 12,7 (Abdou et Ahmed, 2015). L'analyse statistique des paramètres mesurés a été faite avec le logiciel statistique R version 4.1.3. (RStudio Team, 2022 ; RStudio, 2018). Les données ont été analysées sur la base d'un modèle linéaire d'analyse des variances (ANOVA) à un facteur en utilisant le test des moindres carrés de Fischer (LSD) pour séparer les moyennes des différents paramètres au seuil de 5% lorsque l'analyse de variance montre une différence significative.

**3- Résultats**

**3.1- Qualité du compost**

Les caractéristiques physico-chimiques du compost consignés dans le **tableau I**, ont montré que les teneurs en potassium sont de l'ordre de 0,6% MS, tandis que la composition spécifiée par LONO sur le produit est comprise entre 1 et 2% MS. Par ailleurs, le produit est amélioré en azote, en magnésium, calcium puis en phosphore grâce à l'incorporation de la fiente de volaille. Il ressort de cette étude la valeur agronomique du compost produit. Sa teneur en éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore et le potassium permet d'assurer la bonne nutrition de la tomate cultivée.

**3.2- Indicateurs de croissance de la tomate**

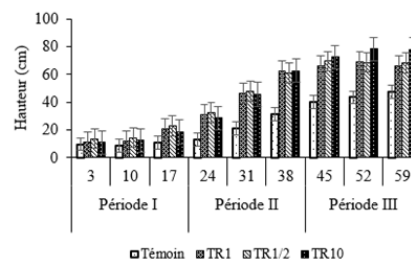
**Tableau I** : Caractéristiques physico-chimiques en % de matière sèche du compost produit

Paramètres	Compost	*Norme
Azote total	2,4	1 – 2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable	0,7	0,2-0,4
K assimilable	0,6	1 – 2
Mg assimilable	0,5	0,2-0,4
Ca assimilable	3,8	1 – 2
Matière organique	41,5	40 – 60

Les autres analyses sont exprimées par rapport au poids sec du compost K : Potassium ; Ca : Calcium ; Mg : Magnésium ; \*Norme définie par LONO promotrice du projet

**3.2.1- Croissance en hauteur de la tige**

Les résultats de la **figure 3** ont montré trois périodes de croissance en hauteur des plants de tomate. Dans la phase I (3 JAR à 17 JAR), la hauteur des plants traités n'a pas présenté de différences significatives avec celle du témoin. À partir de 24 JAR à 38 JAR jusqu'à 59 JAR (phase II et III), les traitements ont induit des hauteurs significativement supérieures au témoin. Sur l'ensemble du stade phénologique, la tomate croît à une vitesse proportionnelle à l'apport de compost. Ainsi, d'une vitesse de croissance relativement lente chez le témoin (0,43 cm.j<sup>-1</sup>), elle s'accélère significativement sous les doses : TR1 (0,72 cm.j<sup>-1</sup>), TR<sup>1/2</sup> (0,75 cm.j<sup>-1</sup>) et TR10 (0,77 cm.j<sup>-1</sup>) qui a induit un gain de 20,2 cm (81%) de croissance en hauteur significativement supérieur à celui produit par la dose recommandée TR1 (+17,7 cm, soit 71%) (**Tableau II**). La tomate cultivée est capable de croître en hauteur sous TR10. Ainsi, la procédure de qualification agronomique permet de déduire que le compost n'est pas nocif pour la tomate à la dose recommandée. L'application du compost a induit une augmentation des indicateurs de croissance en hauteur > 10% en comparaison au témoin. L'efficacité mesurée au niveau de la croissance en hauteur est estimée entre 108% et 114% (**Tableau II**).



**Figure 3** : Évolution de la hauteur des plants de la tomate. [Les résultats représentent les moyennes de trois répétitions avec erreur type (±SE)].

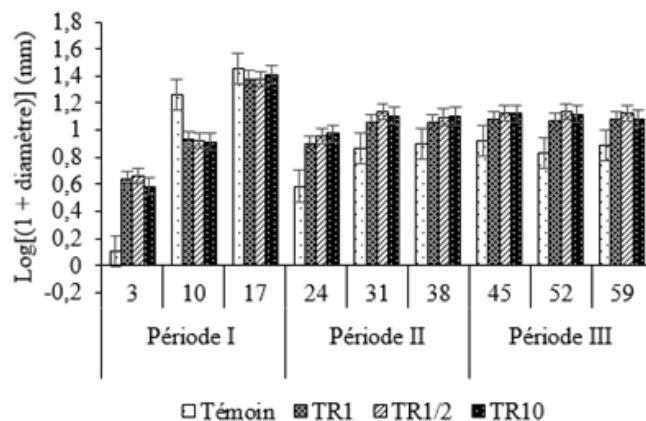
**Tableau II** : Efficacité du compost sur la longueur de la tige de la tomate

Traitements	Hauteur (cm)	Gains (cm)
Témoin	25,1	
TR1	42,8	+17,7 (71% <sup>b</sup> )
TR½	44,2	+19,2 (76% <sup>ab</sup> )
TR10	45,2	+20,2 (81% <sup>a</sup> )
Efficacité		
TR½/TR1		108%
TR10/TR1		114%

Les valeurs avec la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ .

### 3.2.2- Diamètre au collet de la tige

La **figure 4** représente le diamètre au collet des plants pour l'ensemble des traitements. Dans les 17 premiers jours de l'apport du compost, T0 a montré de meilleures aptitudes en comparaison des traitements. Puis dans la première moitié de la période II, les traitements ont entraîné des diamètres dont les moyennes ont augmenté sous TR½ sans toutefois présenter des différences significatives avec T0. Des résultats similaires ont été obtenus sous TR10 dans la deuxième moitié de la période II jusqu'à la fin de la période III. Avec une efficacité du compost mesurée au niveau de la croissance du diamètre de la tomate de 98% et 110%, les vitesses : TR1 (0,12 mm.j<sup>-1</sup>), TR½ (0,12 mm.j<sup>-1</sup>), TR10 (0,13 mm.j<sup>-1</sup>), T0 (0,11 mm.j<sup>-1</sup>) et les gains de croissance du diamètre n'ont pas montré de différences significatives entre les traitements (**Tableau III**).

**Figure 4** : Évolution du diamètre au collet des plants de tomate [Les résultats représentent les moyennes de trois répétitions avec erreur type ( $\pm$ SE)].**Tableau III** : Efficacité du compost sur la culture de la tomate

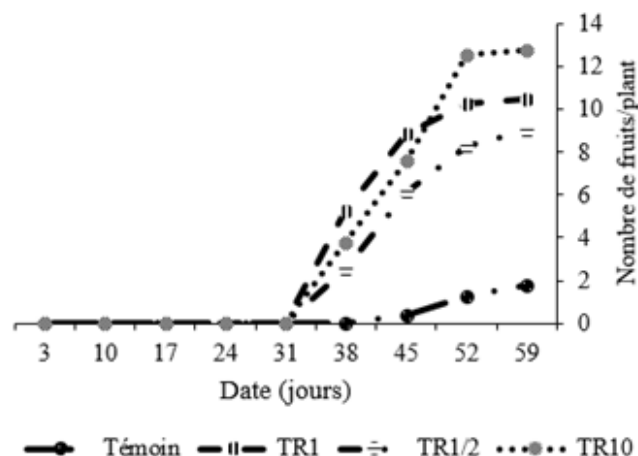
Traitements	Hauteur (cm)	Gains (cm)
Témoin	0,87	
TR1	1	+0,13 (15%)
TR½	0,99	+0,13 (15%)
TR10	1,01	+0,14 (16%)
Efficacité		
TR½/TR1		98%
TR10/TR1		110%

### 3.3- Rendement et ses composantes

#### 3.3.1- Nombre total de fruits par plant

Le compost appliqué s'est révélé plus performant en termes d'augmentation du nombre de fruits par plant (7,4 contre 1,5  $\pm$  0,3). Bien que les amendements aux doses de TR½, TR1

et TR10 ne présentent pas de différences, ces traitements présentent un nombre potentiel de fruits significativement supérieur à celui du témoin (6,5  $\pm$  0,5, 9,3  $\pm$  0,14 et 9,5  $\pm$  1,3, respectivement contre 1,31  $\pm$  0,22) (**Figure 5**).

**Figure 5** : Évolution hebdomadaire du total des fruits en champ au cours de l'essai

#### 3.3.2- Taux de Nouaison des fruits par plant

La nouaison des fruits a varié sur les parcelles amendées au compost entre 67 et 82%. La nouaison des fruits dans les parcelles témoins a été significativement la plus faible avec 21% de taux de nouaison. Les amendements au TR10 (82%) et au TR1 (79%) ont donné les taux de nouaison des fruits les plus élevés mais non significativement différents entre eux. Ils ont été toutefois significativement supérieurs à ceux des traitements TR½ (67%) et T0 (21%). Le traitement ayant obtenu le plus faible rendement est le traitement témoin, suivi du traitement TR½. Les résultats du **tableau IV** ont montré que les traitements au compost ont significativement amélioré le taux de nouaison des fruits de la tomate.

**Tableau IV** : Taux de nouaison de la tomate en fonction de la dose de compost

Traitement	Taux de nouaison (%)
T0	21,22 <sup>c</sup>
TR1	79,25 <sup>a</sup>
TR½	66,67 <sup>b</sup>
TR10	82,26 <sup>a</sup>
LSD ( $\alpha = 0,05$ )	Trois traitements 76,06 <sup>a</sup>
	Témoin 21,22 <sup>b</sup>

Les valeurs, avec la même lettre dans la colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha = 0,05$ . [Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.]

#### 3.4- Précocité

Le nombre moyen de jours écoulés entre le repiquage et la première récolte au niveau du site d'étude a varié de 38  $\pm$  1,3 à 52  $\pm$  0,00 JAR. Les plants des parcelles amendées ont été significativement plus précoces en comparaison du témoin avec 38  $\pm$  1,3 JAR contre 52  $\pm$  0,00 JAR. Cependant, aucune différence significative n'a été relevée entre les plants des parcelles amendées. La stratégie de qualification agronomique testée sur TR1, TR½ et TR10 permet de réduire la précocité de la tomate de 15 jours (**Figure 6**).



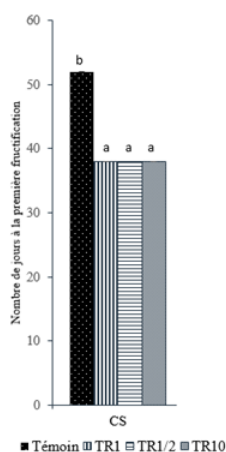


Figure 6 : Variation de la précocité de la tomate en fonction de la dose du compost [Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.]

### 3.5- Indice de vigueur des plants

La vigueur des plants de tomate a augmenté au cours du temps sous les 04 traitements. Elle n'a pas été significativement différente entre TR $\frac{1}{2}$ , TR1 et T0. Le traitement ayant obtenu la plus faible vigueur est TR10 (Tableau V).

Tableau V : Indice de vigueur de la tomate

Traitements	Période I	Période II	Période III	Moyenne
Témoin	3,8±7,9	4,3±2,5	4,8±2,4	4,3±4,3
TR1	3,9±8	4,6±1,8	5,0±2,1	4,5±4
TR $\frac{1}{2}$	4,0±6,1	4,6±1,9	5,0±1,1	4,5±3,1
TR10	2,0±19,6	2,6±4,1	3,1±2,5	2,6±8,7

## 4- Discussion

Les résultats de cette étude ont montré l'efficacité agronomique du compost utilisé sur les performances de la culture de tomate en plein champ. Ces résultats montrent que les meilleurs taux de croissance en hauteur et du diamètre de la tige et les meilleurs rendements en fruits de tomate ont été obtenus sur les parcelles amendées au compost. Ces résultats montrent que le compost produit a amélioré les paramètres de croissance et de rendement de la culture de tomate. Ceci pourrait s'expliquer par la richesse du compost en éléments majeurs assimilables (N, P, K). Les résultats rejoignent ceux des études antérieures réalisées au Togo qui se sont intéressées à la valorisation des déchets urbains de la ville de Lomé par compostage (Koledzi *et al.*, 2012). Ces travaux ont montré l'importance des transformations subséquentes du compost incorporé au sol (Tcheguani *et al.*, 2012) et ses effets sur les rendements de certaines cultures telle que la tomate (Koledzi, 2011 ; Toundou, 2016). Les résultats des paramètres de croissance mesurés dans le cadre de cette étude : la hauteur et le diamètre des tiges témoignent d'une amélioration significative de la fertilité des sols par les amendements organiques (Lawani *et al.*, 2017). Ces auteurs ont rapporté les effets bénéfiques des amendements organiques sur la croissance du *Solanum macrocarpon* en comparaison du témoin. Cette différence serait due aux propriétés chimiques du compost à partir de fientes de poule (Ahouangninou *et al.*, 2021). Le choix de la dose recommandée correspond à une pratique agricole courante en grande culture (Carre *et al.*, 1997). Aucune phytotoxicité n'était décelée à la dose de

TR10, le produit pourra être épandu à la dose recommandée TR1 sans risques pour les cultures de tomate. Parallèlement, la valeur agronomique est évaluée pour cette même dose TR1 lors des essais d'efficacité. Ces études ont démontré le potentiel de l'utilisation des déchets ménagers urbains en tant que composante d'un programme de fertilisation intégrée pour les sols des périmètres maraîchers. Les composts de déchets ménagers solides urbains sont utilisés localement dans de nombreuses régions d'Afrique et peuvent être recommandés aux petits agriculteurs comme approches alternatives à la gestion durable des sols.

## Conclusion

De la présente étude, il a été observé que l'application du compost était efficace sur la culture de la tomate. Elle a amélioré considérablement les paramètres de croissance et de rendement de la culture de tomate (la hauteur de la tige, le diamètre des plants et le rendement en fruits). Conformément aux résultats obtenus, la formulation de la dose recommandée de 862,5 kg/ha est validée pour son utilisation efficiente dans la culture de la tomate dans la localité de Toumbokro.

## Remerciements

La production de cet article a été rendue possible grâce au généreux soutien reçu de LONO SARL.

## Références bibliographiques

- Abdou M. et Ahmed M. (2015). Évaluation des effets des pesticides utilisés en lutte chimique contre le Criquet pèlerin sur les fourmis au Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 88 : 8144– 8153. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v88i1.3>.
- Ahouangninou C., Aboubakar M.W., Adé J., Deliota K.M., Clédjo P. & Kestemont M-P. (2021). Effets des pratiques agroécologiques sur l'efficacité du système productif des producteurs maraîchers au sud du Bénin. *European Scientific Journal*, ESJ, 17(17), 267. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p267>
- Akotto P., Boccanfuso, D. et Yergeau, M. (2020). L'agriculture urbaine et périurbaine, la pauvreté, la sécurité alimentaire et l'environnement dans les pays en développement : une revue exploratoire des méthodologies et des impacts. Document de travail du GRÉDI, 20-03.
- Carre C., Fiori E., Opsomer S. (1997). Connaissance et valorisation des composts par la procédure de qualification agronomique. *DÉCHETS - SCIENCES ET TECHNIQUES* - N° 7 - 3- trimestre 1997.
- Chennaoui M., Salama Y., Makan A., et Mountadar M. (2016). Valorisation agricole d'un compost produit à partir du compostage en cuve des déchets municipaux. *European Scientific Journal* December, 12(35) : 247. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n35p247>
- Fall F., Cissé I., Thiam M. T., Touré E., (2003). Enjeux environnementaux des espaces agricoles et naturels urbains et périurbains. Rapport annuel, ISRA, Dakar, 45 p.
- Hargreaves J.C., Adl M.S., Warman P.R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 123 : 1–14.
- Koledzi E.K. (2011). Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lomé (Togo) : approche

méthodologique pour une production durable de compost, Thèse de doctorat Université de Lomé, N°04-2011, 224 p.

Koledzi E.K., Louis J., Baba G., Gaia L., Koriko M.A., Sanonka T., Matejka G. (2012), Urban waste management ; composting control by oxygen content measurement, International journal of emerging trends in engineering and development, 2 : 5 July 2012.

Lawani R., Kelomè N.C., Agassounon Djikpo Tchibozo M., Hounkpè J.B., Adjagodo A. (2017). Effets des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surface en République du Bénin, Larhyss Journal, 30 :173-190.

Ngom S., Dieye I., Thiam M., Sonko A., Diarra R., Diarra K., Diop M. (2017). Efficacité agronomique du compost à base de la biomasse du « neem » et de l'anacarde sur des

cultures maraichères dans la zone des Niayes au Sénégal. Agronomie Africaine, 29 (3) : 269 - 278 (2017).

Core R. Team R. (2022). A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, available at: <http://www.R-project.org>.

Studio Team R., Studio R. (2018). Integrated Development Environment for R, RStudio, Inc., Boston, MA, available at: <http://www.rstudio>.

Toundou O. (2016). Évaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol, la physiologie et le rendement du maïs (*Zea mays* L. Var. Ikenne) et de la tomate.

## Modélisation de la niche écologique de *Detarium microcarpum* Guill & Perr. : Preuve d'adaptation locale à travers le gradient climatique au Bénin.

Abaro Théophile SINADOUWIROU<sup>\*2</sup>, Gérard Nounagnon GOUWAKINNOU<sup>1,2</sup>, Ramdan DRAMANI<sup>2</sup>, Pélégie Eméline ASSEDE<sup>1,2</sup>, Hidirou OROU<sup>2</sup>, Honoré Samadori BIAOU<sup>1,2</sup>

### Résumé

En matière de conservation et dans le contexte des changements climatiques, il est important de comprendre l'évolution de la niche écologique et de fournir une base plus solide pour la prise de décision. La présente étude s'est intéressée à la variabilité de niche écologique de *Detarium microcarpum* Guill & Perr. Les objectifs sont d'identifier les potentiels groupes de populations de *D. microcarpum* suivant le gradient climatique au Bénin, de caractériser les différences de niche et les facteurs environnementaux qui favorisent cette différenciation puis d'appréhender l'évolution de la niche de cette espèce. Un total de 4152 occurrences ont été enregistrées par observations directes sur le terrain et par téléchargement sur le site de GBIF. Vingt et une variables bioclimatiques ont été acquises sur Africlim pour expliquer la distribution de cette espèce. Afin d'éviter les biais spatiaux, les valeurs dupliquées ont été supprimées pour n'en retenir qu'une valeur par occurrence (pixel). Une analyse de regroupement hiérarchique a été réalisée pour identifier les potentiels groupes de populations. Les tests d'hypothèses de divergence et de conservatisme, de chevauchement et d'identité puis les tests d'équivalence et de similarité de niches écologiques ont été faits. Trois groupes de populations de *D. microcarpum* ont été identifiées. L'absence significative de similarité et de chevauchement des niches des populations identifiées suggère qu'elles occupent des niches différentes. Cette divergence des niches est le résultat d'une adaptation locale face à l'hétérogénéité spatiale y compris les conditions climatiques. Ce travail fournit quelques bases pour réussir la promotion et la domestication de *D. microcarpum* au Bénin.

**Mots clés :** *D. microcarpum*, Modélisation, Niche écologique, Adaptation locale, climatique, Bénin.

### Abstract

**Ecological niche modeling of *Detarium microcarpum* Guill & Perr. : Evidence of local adaptation across climatic gradient in Benin.**

In conservation and in the context of climate change, it is important to understand niche evolution and provide a stronger basis for decision-making. This study focused on the ecological niche variability of *Detarium microcarpum* Guill & Perr. The objectives are to identify the potential population groups of *D. microcarpum* following the climatic gradient in Benin, to characterize the niche differences, the environmental factors that favor this differentiation and to understand the evolution of the niche of this species. A total of 4152 occurrences were recorded by direct field observations and uploaded to GBIF and twenty one bioclimatic variables were acquired from Africlim to explain the distribution of this species. In order to avoid spatial biases, duplicate values have been removed to retain only one value per occurrence (pixel). A hierarchical cluster analysis was performed to identify potential population groups. The tests of divergence and conservatism, overlap and identity hypotheses and the tests of equivalence and similarity of ecological niches were made. Three population groups of *D. microcarpum* have been identified. There is no significant similarity and overlap of the three identified population niches suggesting that they occupy different niches. This divergence of *D. microcarpum* population niches would be the result of local adaptation to spatial heterogeneity including climatic conditions. Local adaptation being a very important aspect in conservation biology, this work provides the basis for the successful promotion and domestication of *D. microcarpum* in Benin.

**Keywords:** *D. microcarpum*, Modeling, Ecological niche, Local adaptation, climate, Benin.

<sup>1</sup>Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

<sup>2</sup>Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie Végétale, Bénin

\*Auteur correspondant ; Email : tsinad@yahoo.com ; Tel : (229) 97112756

### 1- Introduction

La niche écologique définie comme gamme des états environnementaux propres à une espèce (Hutchinson, 1957), fait partie intégrante de la compréhension des modèles de diversité biologique et de l'identification de l'habitat des espèces (Smith *et al.*, 2019). Longtemps démontré que les individus d'une même espèce de différentes provenances ne sont pas nécessairement écologiquement identiques (Clausen *et al.*, 1940), il est de plus en plus établi que les processus d'adaptation locale sont responsables de ces divergences intraspécifiques de tolérance des habitats et d'affinité de niche (Benito Garzón *et al.*, 2019; Lascoux *et al.*, 2016; Moran, 2020; Solarik *et al.*, 2018; Valladares *et al.*, 2014). De ces faits, modéliser une espèce comme une entité identique masque de toute évidence ces variations intraspécifiques (Eckert *et al.*,

2009; Fournier-Level *et al.*, 2011). En outre, étant donné que les espèces varient génétiquement à travers leurs répartitions et que leurs populations peuvent s'adapter localement avec des tolérances environnementales particulières, la modélisation de niche de population ou de ligné a le potentiel de produire de meilleures estimations de niche et ainsi d'améliorer considérablement la compréhension de l'évolution de niche et de fournir une base plus solide pour la prise de décision en matière de conservation (Hällfors *et al.*, 2016). Par ailleurs, cette dernière décennie il est élucidé la grande pertinence de la variation intraspécifique surtout dans le contexte actuel de changement climatique (Aguiar *et al.*, 2018; Assis *et al.*, 2014; Bocedi *et al.*, 2013; Gotelli & Stanton-Geddes, 2015; Hällfors *et al.*, 2016; Pauls *et al.*, 2013; Peterson *et al.*, 2019; Szivák *et al.*, 2017; Yannic *et al.*, 2014).

La présente étude s'est intéressée à la variabilité de niche écologique de *Detarium microcarpum* Guill & Perr. Espèce à usages multiples (Adjahossou *et al.*, 2016). *D. microcarpum* est une espèce bien connue au Bénin et appréciée des communautés locales dans la médecine traditionnelle, l'alimentation, l'artisanat, le bois énergie, la magie et bien intégrée dans les systèmes d'utilisations et de gestions traditionnelles (Agbo *et al.*, 2020; Houénon *et al.*, 2021; Sinadouwirou *et al.*, 2022). Largement distribuée, *D. microcarpum* présente une écologie extrêmement diverse retrouvée sous divers climats (climat subéquatorial, guinéo soudanienne, soudanien), dans diverses formations végétales (forêt sèche, forêt claire, savanes arbustives et arborées) et à diverses altitudes au Bénin (Agbo *et al.*, 2019; GBIF). En effet, espèce de régions sèches (Arbonnier, 2000; Cavin, 2007; Kouyaté & Lamien, 2011), cette large distribution au Bénin est dû au phénomène de Dahomey gap, interruption de la forêt dense humide africaine par des savanes pouvant s'étendre jusqu'au golf du Guinée (Ballouche *et al.*, 2000), permettant à cette espèce de s'établir. Ainsi, la démarcation des trois zones écologiques en fonction des conditions climatiques (White, 1983) et les résultats de modélisation de la dynamique spatio temporelle de *D. microcarpum* au Bénin (Agbo *et al.*, 2019) laissent supposer des variations macro-écologiques intraspécifiques à travers les zones climatiques et la formation d'éventuel écotype (formes plus ou moins distinctes morphologiquement d'une même espèce et adaptée à des habitats différents). Par ailleurs, le fort impact des conditions climatiques sur la distribution de *D. microcarpum* au Bénin (Agbo *et al.*, 2019) et les variabilités morphologiques en fonction des conditions climatiques mises en évidence sur les individus de cette espèce (Agbo *et al.*, 2018; Kouyaté & Van Damme, 2002) alimentent également cette hypothèse d'adaptation locale des populations de *D. microcarpum*. L'analyse de cette hypothèse est particulièrement importante pour mieux orienter la conception des réserves biologiques de cette espèce car selon Banta *et al.* (2012), l'adéquation d'un habitat particulier dépend de la population considérée.

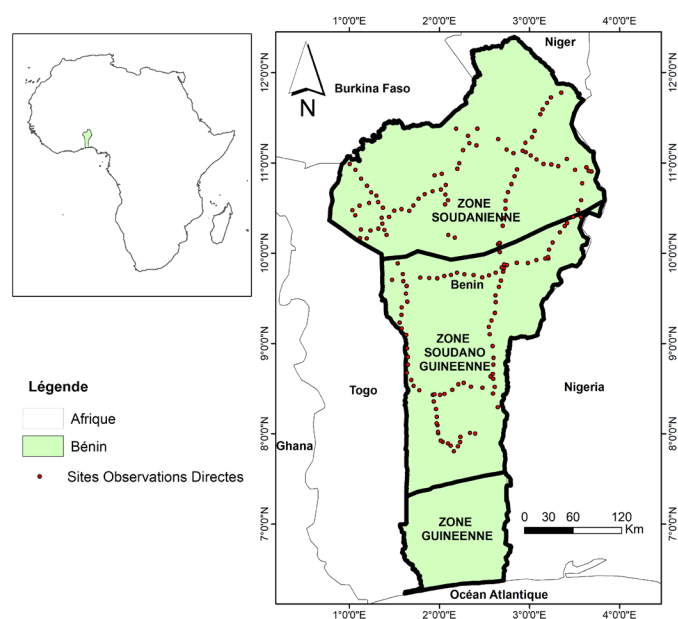
Ainsi, les principaux objectifs de cette étude sont entre autres de : (1) Identifier les potentiels groupes de populations de *D. microcarpum* suivant le gradient climatique au Bénin ; (2) Caractériser les différences de niche et les facteurs environnementaux qui favorisent cette différenciation ; et (3) Appréhender l'évolution de la niche de cette espèce en testant l'hypothèse de divergence de niche, comme l'apparition de divergences entre populations de *D. microcarpum* (Ackerly *et al.*, 2006) et l'hypothèse de conservatisme de niche, comme le maintien d'exigences ancestrales entre ces populations (Wiens & Graham, 2005). Dans le contexte actuel de promotion de la conservation de la biodiversité globale, ce travail débouche sur une proposition de stratégie de conservation de cette espèce sur la base des résultats des hypothèses testés.

## 2- Matériel et Méthodes

### 2.1- Zone d'étude

La présente étude a été conduite en République du Bénin, un pays de l'Afrique de l'Ouest, située entre les parallèles 6° 10' et 12° 25' de latitudes Nord et les méridiens 0° 45'

et 3° 55' de longitudes Est. Il est limité au Nord par le Niger et le Burkina Faso, au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Ouest par le Togo et à l'Est par le Nigéria (**Figure 1**). Il couvre une superficie d'environ 114 763 km<sup>2</sup>. Le milieu d'étude comprend trois zones phytogéographiques : la zone guinéenne (6°25N -7°30N), la zone de transition soudano-guinéenne (7°30N-9°45N) et la zone soudanienne (9°45N-12°25N) (**Figure 1**). Dans la zone soudanienne, le climat est de type unimodal. La pluviosité est souvent inférieure à 1000 mm par an. L'humidité relative varie de 18 à 99 % alors que la température varie de 24 à 31°C. En zone soudano-guinéenne, la pluviosité est tantôt bimodale, tantôt unimodale avec une moyenne annuelle de pluies variant entre 900 et 1110 mm. L'humidité relative varie de 31 à 98 % et la température annuelle de 25 à 29°C. Dans la zone guinéenne, le climat est bimodal. La pluviosité moyenne annuelle est de 1200 mm. L'humidité relative varie entre 69 et 97 % et la température moyenne annuelle varie entre 25 et 29°C. L'harmattan, vent chaud et sec en provenance du Sahara, souffle sur toute l'étendue du territoire pendant la saison sèche. Le relief du Bénin est peu accidenté. Les types de sols rencontrés sont : les sols ferrallitiques, les sols ferrugineux, concrétionnés ou non, avec ou sans cuirasses, les sols minéraux bruts, les sols brun eutrophes, les sols hydromorphes à hydromorphie temporaire ou permanente dont les vertisols et les sols halomorphes. La végétation naturelles est constituée de mosaïques de forêt claire, de forêt dense sèche, de forêt dense humide semi-décidue, de savanes boisées, de savanes arborée et arbustive et de forêt galerie. La population du Bénin est estimée à 10 008 749 habitants en 2013, avec un taux d'accroissement annuel de 3,5% (INSAE, 2016), soit une estimation de 12.451.031 habitants pour 2022. Les principales activités socio-économiques menées sont l'agriculture, le commerce, la transformation, l'élevage et la pêche.



**Figure 1.** Localisation de la zone d'étude, des zones écologiques et des sites d'observations directes des occurrences.

**2.2- Données d’occurrences et variables climatiques explicatives**

**Données d’occurrences de *D. microcarpum***

Cette étude est portée uniquement sur les données de présence de *D. microcarpum*. Cent cinquante-huit (158) occurrences enregistrées par observations directes sur le terrain (Période avril 2018 à octobre 2018) et 3994 occurrences téléchargées sur GBIF (16 mai 2021) ont été utilisées soit un total de 4152 occurrences. Les observations directes ont été faites dans la zone soudanienne et la zone soudano-guinéenne sur la base d’un échantillonnage. Les sites d’observations ont été disposés systématiquement avec une équidistance de 10 km suivant cinq transects établis le long de deux axes routiers Sud-Nord et de trois axes routiers Est-Ouest (**Figure 1**). Les données d’occurrences téléchargées ont été obtenues du site [https://www.gbif.org/occurrence/search?occurrence\\_status=present](https://www.gbif.org/occurrence/search?occurrence_status=present) avec requête « contry or area = Benin » soit sur les trois zones écologiques.

**Variables climatiques**

Vingt et une variables bioclimatiques (**Tableau 1**) de 30 seconds arcs ont été acquises sur Africlim (Platts *et al.*, 2015) pour expliquer la distribution de cette espèce. Sous le package raster 3.4-13 (Hijmans, 2021) les valeurs des rasters (trames) des variables climatiques explicatives ont été extraites à partir des points d’occurrences. Les valeurs dupliquées ont été supprimées pour n’en retenir qu’une valeur par pixel (une occurrence par pixel) afin d’éviter les biais spatiaux. Après traitement et suppression des doublons, 1965 occurrences ont été retenues pour la suite du travail.

Variables		Importances relatives des variables pour chaque population		
		Nord	Centre	Sud
<b>Température (tbio)</b>				
BIO1	Température moyenne annuelle	1.1	0.6	0.1
BIO2	Variation journalière moyenne des températures (moyenne mensuelle)	1.7	1.1	2.4
BIO3	Isothermalité : Ratio de l’amplitude thermique journalière sur l’amplitude thermique annuelle	4.4	<b>16</b>	0.1
BIO4	Saisonnalité de la température	8.5	0.2	
BIO5	Température maximale du mois le plus chaud	2.5	0.4	1.1
BIO6	Température minimale du mois le plus froid	0.7	0.6	4
BIO7	Variation annuelle de température	1		4.2
BIO10	Température moyenne du trimestre le plus chaud	<b>26.8</b>	2.4	1
BIO11	Température moyenne du trimestre le plus froid	2.4	<b>18.4</b>	0.7
PET	Évapotranspiration potentielle	0.8	2.5	

Précipitation/Humidité (mbio)				
BIO12	Précipitation annuelle moyenne	2	0.8	0.1
BIO13	Précipitation du mois le plus humide	3.2	1.6	0.4
BIO14	Précipitation du mois le plus sec	<b>42.1</b>	0.7	<b>71.3</b>
BIO15	Saisonnalité de la précipitation (coefficient de variation)	0.8	8	8.7
BIO16	Précipitation du trimestre le plus humide		2.1	2
BIO17	Précipitation du trimestre le plus sec	1	2	1.2
MI	Indice d’humidité annuel			
MIMQ	Indice d’humidité-Quart humide		<b>42.5</b>	2
MIAQ	Indice d’humidité-Quart sec	1.1	0.2	
DM	Nombre de mois secs			0.7
LLDS	Durée de la plus longue saison sèche			0.1

**N.B** : Les valeurs des variables les plus importantes sont en gras.

**2.3- Modélisation et analyse de modèles de niche**

Pour identifier les potentiels groupes de populations distinctes de *D. microcarpum* suivant le gradient climatique au Bénin, une analyse de cluster (regroupement) hiérarchique a été réalisée. Cette analyse a été conduite sur la base des occurrences en fonction des valeurs de rasters des 21 variables climatiques en utilisant la méthode de Ward (Ward, 1963) appliquée au carrée des distances (Ward.D2). En se basant sur le découpage des zones climatiques proposé par Adomou (2005), le dendrogramme a été divisé en trois populations de *D. microcarpum* (Variable ‘Zone’): *D. microcarpum* (Nord), *D. microcarpum* (Centre) et *D. microcarpum* (Sud). L’ensemble de ces données (valeurs des rasters et Zone) ont été utilisées pour réaliser une Analyse en Composante Principale (ACP) sous le package FactomineR version 2.4 (Lè *et al.* 2008). Les résultats de l’ACP ont été utilisés pour réaliser un Biplot (affiché les occurrences et les variables bioclimatiques) sous le package factoextra version 1.0.7 (Kassambara et Mundt, 2020) avec la variable ‘Zone’ comme variable de regroupement pour la visualisation des trois populations.

Les trois groupes d’occurrences de *D. microcarpum* ont été utilisés individuellement pour construire des modèles de niche écologique afin de caractériser les niches respectives de chaque population et les facteurs environnementaux qui favorisent cette différenciation. Les modèles ont été construits sous l’algorithme maxent à l’aide du package dismo 1.1-4 (Hijmans *et al.*, 2017). L’algorithme maxent est en effet connu pour la performance de ses modèles comparée à celle d’autres algorithmes (Elith *et al.*, 2006; Franklin, 2010) et reste le meilleur quant à la prédiction de la distribution basée sur les données de présence uniquement (Franklin, 2010; Merow *et al.*, 2013). Pour la construction des modèles, 80% des données d’occurrences ont été utilisées pour le calibrage et

20% pour tester les modèles. Les modèles ont été ajustés sous les paramètres par défaut de Maxent 3.4.1 (hinge, product, linear, and quadratic, 10,000 background points, and clamping, output format : Cloglog). Les performances statistiques de ces modèles ont été évaluées à l'aide de l'indice AUC (area under the receiver operating characteristics curve/ aire sous la courbe des caractéristiques de fonctionnement du récepteur) (Phillips *et al.*, 2006). L'importance de permutation mesurée par maxent pour évaluer la contribution relative de chaque variable explicative (Phillips *et al.*, 2006) a été utilisée pour identifier lesquelles de ces variables influencent chaque population. Les probabilités d'habitat favorable ont été converties en sorties binaires en utilisant le seuil auquel la somme de la sensibilité (Vrai positif) et de la spécificité (vrai négatif) est le plus élevé afin d'avoir les cartes de distribution en présence-absence. Ces cartes ont été réalisées sous le logiciel Arcmap 10.5.

Les tests des hypothèses de divergence et de conservatisme de niche écologique ont été précédés du test de chevauchement de niche des trois populations prises deux à deux dans l'espace environnemental. A cet effet, l'indice *D* de (Schoener, 1968) et l'indice *I* de Warren *et al.* (2008) dérivé de la distance de Hellinger (Van der Vaart, 1998) ont été calculés sous le package ENMtools 1.0.4 (Warren *et al.*, 2021). Ces indices varient de 0 (pas de chevauchement) à 1 (modèles de niche identiques). Le test d'identité de niche (qui suppose qu'il n'y a aucune différenciation de niche) a été implémenté pour appuyer ces indices et tester si les ENM produits pour les populations sont identiques deux à deux. En supposant aucune différenciation de niche, les mesures réellement observées de similarité de niche entre les populations sont comparées à celle de la distribution nulle générée à partir de 100 pseudoreplicats afin de vérifier si les scores d'adéquation de l'habitat générés par les ENM présentent des différences écologiques statistiquement significatives (Warren *et al.*, 2008, 2010).

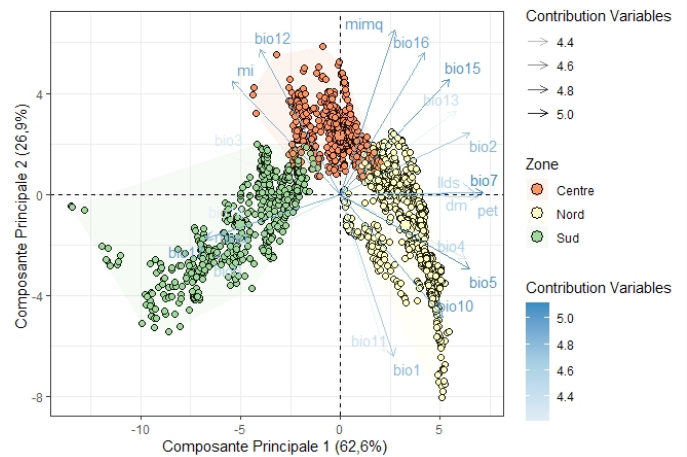
La vérification des hypothèses de divergence et de conservatisme de niche a été faite par le test d'équivalence de niche (les niches sont-elles identiques?) et le test de similarité de niche (les niches sont-elles plus similaires que prévu par hasard?) sous le package Ecospat 3.2 dont les décisions sont fondées sur des modèles nuls (Broennimann *et al.*, 2014). Pour se faire, l'argument "alternative = lower" (le chevauchement de niche est moins équivalent/similaire que prévu par hasard) et "alternative = greater" (le chevauchement de niche est plus équivalent/similaire que prévu par hasard) ont été spécifiés pour tester respectivement la divergence et le conservatisme de niche entre les trois populations de *D. microcarpum*. Cent répétitions ont été spécifiées. L'espace environnemental a été défini par une analyse en composante principale (PCA-Env) tel qu'implémenté sous le package Ecospat pour représenter la densité d'occurrence de chaque population (Broennimann *et al.*, 2012).

### 3- Résultats

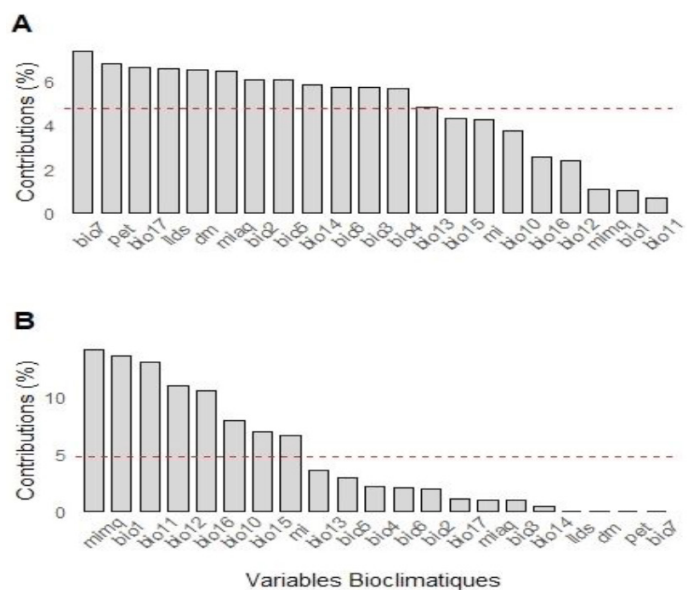
#### 3.1- Regroupement et délimitation des populations

Les deux premières composantes principales de l'ACP cumulent 89,5% des informations des 21 variables bioclimatiques et permettent de regrouper les populations de *D. microcarpum* en trois groupes : Nord, Centre et Sud avec

respectivement 782, 677 et 506 occurrences sont présentés sur la **figure 2**. Suivant la composante principale 1, c'est principalement les variables BIO7, PET, BIO17, LLDS, DM positivement et fortement corrélées avec cette composante qui discriminent les groupes (**Figures 2 et 3**). Ceci indique que la discrimination suivant cette composante est principalement basée sur les conditions de sécheresse et de fortes températures. Suivant la composante principale 2, c'est principalement les variables MIMQ, BIO1, BIO11, BIO12, BIO16, BIO10, BIO15 et MI qui contribuent à la discrimination des groupes. La corrélation positive des variables MIMQ, BIO12, BIO16, BIO15 et MI et la corrélation négative des variables BIO1, BIO11 et BIO10 avec la composante principale 2 indique une discrimination basée sur l'humidité et les basses températures. En se basant sur le découpage historique des zones écologiques du Bénin, la population Nord occupe le Nord de la zone soudanienne du Bénin. La population du Centre occupe le Sud de la zone soudanienne et le Nord de la zone de transition soudano guinéenne. La population du Sud occupe la partie Sud et centrale de la zone de transition soudano guinéenne et la zone guinéo congolaise (**Figure 4**).



**Figure 2.** Regroupement des occurrences en trois populations sur la base des 21 variables bioclimatiques de Africlim



**Figure 3.** Contribution totale des variables bioclimatiques sur les deux axes de l'ACP. A : Composante Principale 1, B : Composante Principale 2. La ligne en pointillé rouge, sur le graphique ci-dessus, indique la contribution moyenne attendue.

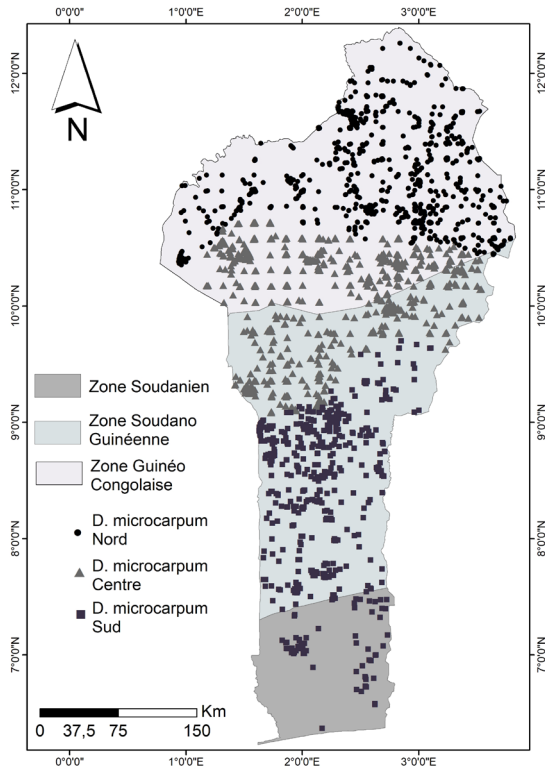


Figure 4. Répartition spatiale des trois populations de *D. Microcarpum* au Bénin.

3.2- Répartition spatiale et modèle de distribution des populations de *D. microcarpum*

L'indice AUC des trois modèles de niche de population sont supérieurs à 0.8 soit 0.87, 0.88 et 0.91 (taux d'omission 0,099 ; 0,099 et 0,095) respectivement pour les populations de *D. Microcarpum* du Nord, du Centre et du Sud. Ces valeurs de l'AUC traduisent une bonne performance de prédiction des modèles de population du Nord et du Centre et une excellente performance de celle du modèle de population du Sud. Sur la base de la permutation des variables, celles qui contribuent le mieux dans l'édification sont dans l'ordre d'importance relative Bio14 et Bio10 pour le modèle de la population du Nord, MIMQ, Bio11 et Bio3 pour le modèle de la population du Centre et Bio14 pour le modèle de la population du Sud (Tableau 1).

Tel le résultat du regroupement, la projection de la distribution de ces trois populations de *D. Microcarpum* se limite à l'étendu de la zone d'occurrence respective de chaque population. La niche écologique de la population du Nord est limitée seulement à la partie Nord de la zone soudanienne du Bénin. Celle de la population du Centre est localisée au Sud de la zone soudanienne et au Nord de la zone soudano guinéenne. La niche écologique de la population du Sud s'étend de la zone guinéo congolaise à la partie centrale de la zone de transition soudano guinéenne (Figure 5).

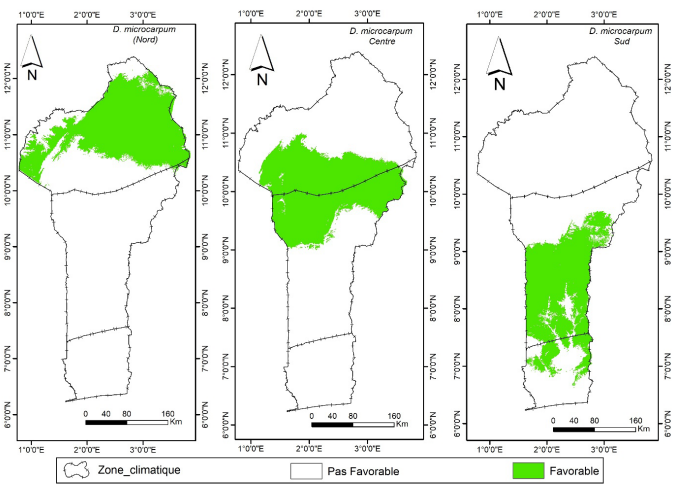


Figure 5. Répartition spatiale De la niche écologique des trois populations de *D. Microcarpum* au Bénin

3.3- Test de similarité de niche écologique entre populations de *D. microcarpum*

Les résultats des tests de chevauchement (indices *D* et *I*) et d'identité de niche se résument dans le tableau 2. Les indices *D* et *I* indiquent de faibles valeurs de chevauchement de niche quel que soit la paire de populations considérées. Le test d'identité montre des indices *D* et *I* significativement inférieurs ( $P < 0.05$ ) à ceux des modèles empiriques (Figure 6) révélant ainsi que les trois populations occupent chacune des niches l'une différente des autres.

Tableau 2. Tests de chevauchement et d'identité de niche

Populations	Indices de chevauchement observés			Test d'identité (valeurs des modèles empiriques)				Décision
	D	I	R.cor	D	I	R.cor	P-values ( $1/D$ )	
Nord vs Centre	0,076	0,209	-0,130	0,106	0,256	-0,215	( $0,0099^*/0,0099^*$ )	Différence de niches
Centre vs Sud	0,040	0,134	0,224	0,093	0,236	-0,437	( $0,0099^*/0,0099^*$ )	Différence de niches
Sud vs Nord	0,019	0,064	-0,070	0,174	0,364	-0,246	( $0,0099^*/0,0099^*$ )	Différence de niches

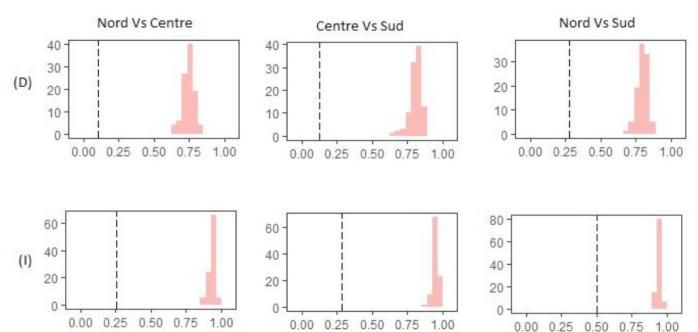


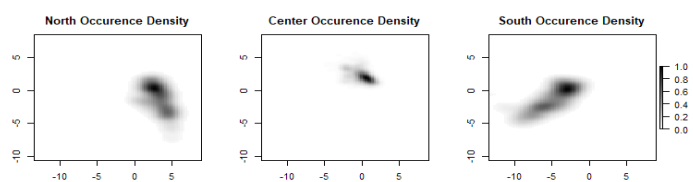
Figure 6. Test d'identité de niche. Les histogrammes illustrent la distribution générée à partir des 100 répétitions de maxent qui regroupent puis analysent les occurrences de manière aléatoire. Les pointillées indiquent la valeur de chevauchement de niche observé entre les paires de niches considérées.

Le test d'équivalence de niche montre des résultats significatifs pour l'hypothèse de divergence de niche entre ces trois populations et des résultats non significatifs pour l'hypothèse de conservatisme (Tableau 3). En considérant ce test, l'hypothèse de divergence qui soutient l'idée d'apparition de divergences entre les niches des populations de *D. microcarpum* est vérifiée. La figure 7 qui présente la densité

d'occurrence de chaque population illustre cette divergence dans l'espace environnemental. Le test de similarité de niche quant à lui ne présente aucun résultat significatif (**Tableau 3**). De ces deux tests, l'hypothèse de conservatisme de niche entre populations de *D. microcarpum* suivant le gradient climatique au Bénin est rejetée.

**Tableau 3.** Test d'équivalence et de similarité de niche

Paire de populations considérées	D	I	Test d'équivalence	Test de similarité
			P-values ( $\epsilon/a$ )	P-values ( $\epsilon/a$ )
Centre vs Sud	0.037	0.075	$1/0,0099^*$	0.4653/0.5445
Sud vs Nord	0.029	0.059	$1/0,0099^*$	0.4257/0.5544
Nord vs Centre	0.0009	0.001	$1/0,0099^*$	0.2574/0.8118



**Figure 7.** Densité d'occurrences des trois populations de *D. microcarpum* l'espace climatique suivant les deux premiers axes de l'analyse en composante principale (ACP-Env), la couleur grise indique la densité de chaque population par cellule.

#### 4- Discussion

Les résultats du regroupement des occurrences de *D. microcarpum* permettent de démarquer trois populations statistiquement différentes les unes des autres ( $p = 1.356e-13$ ): *D. microcarpum* du Nord (Nord de la zone soudanien du Bénin), *D. microcarpum* du Centre (du Sud de la zone soudanienne au Nord de la zone de transition soudano guinéenne) et *D. microcarpum* du Sud (occupant la zone guinéo congolaise à la partie centrale de la zone de transition soudano guinéenne). A quelque différence près, cette démarcation s'aligne avec celle de Agbo *et al.* (2018) dont la population du groupe I (occupant les districts phytogéographiques de Bassila et de Borgou Nord) correspond à *D. microcarpum* du Centre, la population du groupe II (occupant les districts phytogéographiques de Mekrou-Pendjari et de la chaîne de l'Atacora) correspond à une partie de *D. microcarpum* du Nord et la population du groupe III (occupant les districts phytogéographiques de Borgou Sud et du Zou) correspond à une partie de *D. microcarpum* du Sud. Cette correspondance des trois populations délimitées en fonction des variables climatiques avec les trois groupes de morphotypes (formes plus ou moins distincts morphologiquement d'une même espèce) identifiés par Agbo *et al.* (2018) démontre l'impact des conditions climatiques sur ces dernières.

En effet, les modèles de niche de ces trois populations révèlent que la démarcation observée tient lieu sous l'influence des variables Bio3, Bio10, Bio11, Bio14 et MIMQ. Le modèle de niche de la population du Nord a révélé Bio14 (pluviométrie du mois le plus sec) et Bio10 (température moyenne du semestre chaud) comme les variables bioclimatiques les plus importantes. Ainsi, cette population est particulièrement influencée par la chaleur à travers les fortes températures

auxquelles elle doit faire face (Bio10) et l'aridité durant le semestre le plus sec où l'on n'enregistre pas du tout de pluie. A la différence de la population du nord, pour la population du Sud, seul la variable Bio14 a une grande importance relative. Bien que ces deux populations soient influencées par la variable bio14, la démarcation entre celles-ci est liée au régime thermique qui varie du nord au sud (Tente, 2010) et son action particulière sur la population du nord.

Quant à la distribution de la population du centre, elle est beaucoup plus influencée par l'indice d'humidité du semestre le plus humide (MIMQ) et la température moyenne du semestre le plus froid (Bio11). Ces variables (MIMQ et Bio11) révèlent respectivement l'humidité et les basses températures occasionnées par l'harmattan dans la zone d'occurrence de cette population comme facteurs climatiques responsables de la différenciation de cette dernière par rapport aux deux autres. Ces résultats corroborent ceux de Kouyaté et Van Damme (2002) qui stipulent que l'humidité est un facteur climatique important influençant la morphologie des individus de *D. microcarpum* et la démarcation de morphotype au sein des populations de cette espèce au Sud du Mali. Aussi, l'isothermalité qui quantifie l'amplitude des oscillations entre les températures quotidiennes (diurnes et nocturnes) moyenne (Bio2) par rapport aux oscillations annuelles (Bio7) indique que la population du centre est influencée par des fluctuations de températures plus ou moins importantes par rapport aux autres populations. Ces différences observées entre les populations de *D. microcarpum* en fonction des conditions climatiques impliquent une ségrégation spatiale et une différenciation de niche écologique entre ces dernières. Considérant ces réponses variées des modèles des trois populations vis-à-vis du climat et l'évidence de formation de morphotype distinct pour chaque population (voir Agbo *et al.*, 2018), il y a sans doute un processus d'adaptation locale sous l'effet des conditions climatiques agissantes respectivement sur ces populations.

Par ailleurs, les faibles valeurs des indices *D* et *I* indiquent un faible niveau de chevauchement entre les niches écologiques de ces populations. Le test d'identité de niche de par les résultats significatifs révèle que chacune des trois populations occupent des niches non identiques. Cette observation est complétée par la confirmation de l'hypothèse de divergence niche à travers le test d'équivalence ( $p = 0.0099$ ) et le rejet de celle du conservatisme de niche. Les différences dans la répartition géographique de ces populations et des conditions climatiques qui agissent respectivement sur chacune d'elles seraient responsables de ces divergences. En effet, les conditions climatiques peuvent agir comme des barrières écologiques qui influencent la répartition des taxa en particulier les végétaux (Janzen, 1967). En outre, la façon dont les taxa héritent des propriétés de niche de leur ancêtre commun est souvent associée à la dynamique de l'aire de répartition (Coyne & Orr, 2004). Ainsi, les différences dans l'aire de répartition géographique, et donc des conditions environnementales sont susceptibles d'entraîner une divergence de niche (Li *et al.*, 2018) dont l'analyse des modèles explique mieux les processus de spéciation (Ackerly *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2018). Suivant la logique de McCormack *et al.* (2010) et Schemske (2010), les différences



de conditions environnementales sur ces populations sont susceptibles de favoriser l'adaptation locale/spéciation et la divergence de niche. Nos résultats suggèrent donc un scénario d'évolution au sein des populations de *D. microcarpum* où les niches sont moins équivalentes que prévu par hasard en relation avec les différents processus non-exclusive incluant l'adaptation locale. Avec l'investigation récente de Agbo *et al.* (2021) mettant en évidence l'existence de haloptype au sein de ces trois populations, nous soupçonnons une spéciation sympatrique (Niculescu, 1973). En effet, la divergence de niche observée et le faible taux de chevauchement de l'aire de répartition suggèrent une sélection convergente en sympatrie principalement sous l'effet des facteurs abiotiques (Li *et al.*, 2018). Selon ces derniers, ceci explique le tri de phénotypes de populations de *D. microcarpum* adaptées à certains phyto districts particuliers au Bénin (Agbo *et al.*, 2018). Toutefois, cette conclusion reste une hypothèse car les possibilités de plasticité de niche ne sont pas prises en compte dans cette étude (Pelini *et al.*, 2009).

Le rejet de l'hypothèse de conservatisme de niche entre population de *D. microcarpum* montre une dynamique de la niche qui contraindrait ces populations à s'adapter aux conditions environnementales et écologiques locales. En effet, bien que des modèles de conservatisme de niche soient courant (Pearman *et al.*, 2008; Peterson *et al.*, 1999; Wiens *et al.*, 2010; Wiens & Graham, 2005), les investigations de Broennimann *et al.* (2007) et Kozak & Wiens (2010) ont démontré l'évidence d'une évolution rapide de niche dans plusieurs taxa sous l'influence des conditions climatiques. Ainsi, Smith *et al.* (2019) suggèrent que nous devons considérer l'adaptation locale comme un facteur évolutif affectant les exigences de niche au risque de ne pas modéliser un taxon comme une seule entité indifférenciée, en ignorant les écotypes et l'adaptation locale.

A tout considéré, les résultats de ce travail s'accordent sur le fait que l'hétérogénéité spatiale y compris les conditions climatiques influencent l'adaptation locale et la divergence de niche de *D. microcarpum*. Ceci suit la logique selon laquelle l'hétérogénéité spatiale dans les environnements associés à un flux génétique réduit pourrait encourager l'adaptation locale, conduisant à une divergence de niches entre les lignées étroitement liées (Smith *et al.* 2019). Du point de vu de la conservation de cette espèce, ces résultats impliquent de recourir à la stratégie A de Hällfors *et al.* (2016) qui propose de prendre en compte l'adaptation locale dans la définition des aires de conservation afin de tenir compte des exigences de chaque population. L'adaptation locale étant un aspect très important en biologie de conservation (Lascoux, 2016), ce travail fournit des bases pour réussir la promotion et la domestication de *D. microcarpum* au Bénin.

## 5- Conclusion

Le regroupement des populations de *D. microcarpum* a révélé trois populations (population du Nord, population du Centre et population du Sud) réparties selon le gradient climatique et adaptées chacune aux conditions climatiques locales. Les résultats des tests montrent une absence de similarité et de chevauchement des niches des trois populations suggérant qu'elles occupent chacune des niches différentes l'une des autres. Cette adaptation locale et cette divergence de niches

des populations de *D. microcarpum* est le fait l'hétérogénéité spatiale y compris les conditions climatiques. Dans le cadre de la mise en œuvre d'une stratégie de conservation, de domestication et de promotion de *D. microcarpum*, il sera recommandé de prendre en compte le facteur adaptation locale dans la définition des aires de conservation afin de tenir compte des exigences de chaque population.

## Remerciements

Nous remercions le Directeur du Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie Végétale de l'Université de Parakou pour son soutien.

## Références

- Ackerly, D., Schwillk, D., & Webb, C. (2006). Niche evolution and adaptive radiation: Testing the order of trait divergence. *Ecology*, 87(sp7), S50-S61.
- Adjahossou, S. G. C., Gouwakinnou, G. N., Houehanou, D. T., Sode, A. I., Yaoitcha, A. S., Houinato, M. R. B., & Sinsin, B. (2016). Efficacité des aires protégées dans la conservation d'habitats favorables prioritaires de ligneux de valeur au Bénin. *Bois & Forêts des Tropiques*, 328, 67-76.
- Adomou, A. C. (2005). *Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation*. Wageningen University and Research.
- Agbo, R. I., Missihoun, A. A., Dagba, R. A., Assogbadjo, A. E., & Agbangla, C. (2018). Morphological Variability of *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.(Caesalpinaceae) in Benin, West Africa. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 1-12.
- Agbo, R. I., Idohou, R., Vihotogbé, R., Missihoun, A. A., Dagba, R. A., Assogbadjo, A. E., & Agbangla, C. (2019). Spatio-temporal dynamics of suitable habitats for *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.(Caesalpinaceae), a priority food tree species in Benin (West Africa). *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(2), 595-604.
- Agbo, R. I., Missihoun, A., Montcho, D., Dagba, R., Sédah, P., & Agbangla, C. (2021). *Spatial Scale Patterns of Genetic Diversity and Gene Flow in Populations of Sweet Detar (Detarium microcarpum Guill. & Perr.; Fabaceae)*.
- Agbo, R. I., Vihotogbé, R., Missihoun, A. A., Dagba, R. A., Assogbadjo, A. E., & Agbangla, C. (2020). Indigenous knowledge of *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.(Caesalpinaceae) and implication for conservation in Benin (West Africa). *Environment, Development and Sustainability*, 22(7), 6261-6285.
- Aguiar, F. C., Bentz, J., Silva, J. M., Fonseca, A. L., Swart, R., Santos, F. D., & Penha-Lopes, G. (2018). Adaptation to climate change at local level in Europe: An overview. *Environmental Science & Policy*, 86, 38-63.
- Arbonnier, M. (2000). Trees, shrubs and lianas in the dry zones of West Africa. *Trees, shrubs and lianas in the dry zones of West Africa*.

- Assis, J., Serrao, E. A., Claro, B., Perrin, C., & Pearson, G. A. (2014). Climate-driven range shifts explain the distribution of extant gene pools and predict future loss of unique lineages in a marine brown alga. *Molecular Ecology*, 23(11), 2797-2810.
- Balakrishnan, B., Nandakumar, N., Sebastin, S., & Kareem, K. A. A. (2019). Species Distribution Models (SDM)—A Strategic Tool for Predicting Suitable Habitats for Conserving the Target Species : GIS and Special Distribution Modelling (SDM). In *Environmental Information Systems : Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (p. 555-568). IGI Global.
- Ballouche, A., Akoègninou, A., Neumann, K., Salzmann, U., & Sowunmi, A. (2000). Le projet " Dahomey Gap"-une contribution à l'histoire de la végétation au Sud-Bénin et Sud-ouest du Nigeria. *Berichte des Frankfurter Sonderforschungsbereiches* 268, 14, 237-251.
- Banta, J. A., Ehrenreich, I. M., Gerard, S., Chou, L., Wilczek, A., Schmitt, J., Kover, P. X., & Purugganan, M. D. (2012). Climate envelope modelling reveals intraspecific relationships among flowering phenology, niche breadth and potential range size in *Arabidopsis thaliana*. *Ecology letters*, 15(8), 769-777.
- Benito Garzón, M., Robson, T. M., & Hampe, A. (2019).  $\Delta$ Trait SDMs : Species distribution models that account for local adaptation and phenotypic plasticity. *New Phytologist*, 222(4), 1757-1765.
- Bocedi, G., Atkins, K. E., Liao, J., Henry, R. C., Travis, J. M., & Hellmann, J. J. (2013). Effects of local adaptation and interspecific competition on species' responses to climate change. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1297(1), 83-97.
- Broennimann, O., Di Cola, V., Petitpierre, B., Breiner, F., Scherrer, D., Manuela, Da., Randin, C., Engler, R., Hordijk, W., & Mod, H. (2014). Package 'ecospat'. *WWW document*] URL <https://cran.r-project.org/web/packages/ecospat/index.html> [accessed 10 October 2014].
- Broennimann, O., Treier, U. A., Müller-Schärer, H., Thuiller, W., Peterson, A., & Guisan, A. (2007). Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology letters*, 10(8), 701-709.
- Bush, A., Catullo, R. A., Mokany, K., Thornhill, A. H., Miller, J. T., & Ferrier, S. (2018). Truncation of thermal tolerance niches among Australian plants. *Global Ecology and Biogeography*, 27(1), 22-31.
- Cavin, A.-L. (2007). *Contribution à la connaissance taxonomique et chimique de fruits africains du genre "Detarium"(Fabaceae-Caesalpinioideae): "D. microcarpum" Guill. Et Perr. Et des formes comestibles et toxiques de "D. senegalense" JF Gmel.*
- Clausen, J., Keck, D. D., & Hiesey, W. M. (1940). Experimental studies on the nature of species. I. Effect of varied environments on western North American plants. *Experimental studies on the nature of species. I. Effect of varied environments on western North American plants.*, 520.
- Coyne, J. A., & Orr, H. A. (2004). *Speciation* (Vol. 37). Sinauer Associates Sunderland, MA.
- Eckert, A. J., Bower, A. D., Wegrzyn, J. L., Pande, B., Jermstad, K. D., Krutovsky, K. V., St. Clair, J. B., & Neale, D. B. (2009). Association genetics of coastal Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *Menziesii*, Pinaceae). I. Cold-hardiness related traits. *Genetics*, 182(4), 1289-1302.
- Elith, J., H. Graham\*, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., & Lehmann, A. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
- Fournier-Level, A., Korte, A., Cooper, M. D., Nordborg, M., Schmitt, J., & Wilczek, A. M. (2011). A map of local adaptation in *Arabidopsis thaliana*. *Science*, 334(6052), 86-89.
- Franklin, J. (2010). *Mapping species distributions : Spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.
- Gotelli, N. J., & Stanton-Geddes, J. (2015). Climate change, genetic markers and species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 42(9), 1577-1585.
- Hällfors, M. H., Liao, J., Dzurisin, J., Grundel, R., Hyvärinen, M., Towle, K., Wu, G. C., & Hellmann, J. J. (2016). Addressing potential local adaptation in species distribution models : Implications for conservation under climate change. *Ecological Applications*, 26(4), 1154-1169.
- Hijmans, R. J. (2021). *raster : Geographic Data Analysis and Modeling* (R Package version 3.4-13) [Computer software].
- Hijmans, R. J., Phillips, S., Leathwick, J., & Elith, J. (2017). dismo : Species distribution modeling. *R package version, 1*(4), 1-1.
- Houénon, G. H. A., Djossou, A. J., Kouhinkpo, E. Y., Salako, K. V., Tchobo, F. P., Adomou, A. C., & Yédomonhan, H. (2021). Parataxonomy, perceived dynamics and diversity of uses of two *Detarium* species in Benin (West Africa). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-28.
- Hutchinson, G. (1957). Concluding remarks cold spring harbor symposia on quantitative biology, 22 : 415-427. *GS SEARCH*.
- INSAE. (2016). Cahier des villages et quartiers de ville du département du Borgou (RGPH4, 2013). 29 p.
- Janzen, D. H. (1967). Why mountain passes are higher in the tropics. *The American Naturalist*, 101(919), 233-249.
- Kassambara, A., Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kellermann, V., Loeschcke, V., Hoffmann, A. A., Kristensen, T. N., Fløjgaard, C., David, J. R., Svenning,

- J., & **Overgaard**, J. (2012). Phylogenetic constraints in key functional traits behind species' climate niches: patterns of desiccation and cold resistance across 95 *Drosophila* species. *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, 66(11), 3377-3389.
- Komori**, O., **Eguchi**, S., **Saigusa**, Y., **Kusumoto**, B., & **Kubota**, Y. (2020). Sampling bias correction in species distribution models by quasi-linear Poisson point process. *Ecological Informatics*, 55, 101015.
- Kouyaté**, A. M., & **Lamien**, N. (2011). *Sweet deatar (Detarium microcarpum)*.
- Kouyaté**, A. M., & **Van Damme**, P. (2002). Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. Et Perr. Au sud du Mali. *Fruits*, 57(4), 231-238.
- Kozak**, K. H., & **Wiens**, J. J. (2010). Niche conservatism drives elevational diversity patterns in Appalachian salamanders. *The American Naturalist*, 176(1), 40-54.
- Lascoux**, M., **Glémin**, S., & **Savolainen**, O. (2016). Local adaptation in plants. *eLS*, 1-7.
- Le**, S., **Josse** J., **Husson** F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. 10.18637/jss.v025.i01
- Li**, Q., **Grossenbacher**, D. L., & **Angert**, A. L. (2018). The effect of range overlap on ecological niche divergence depends on spatial scale in monkeyflowers. *Evolution*, 72(10), 2100-2113.
- McCormack**, J. E., **Zellmer**, A. J., & **Knowles**, L. L. (2010). Does niche divergence accompany allopatric divergence in *Aphelocoma* jays as predicted under ecological speciation?: Insights from tests with niche models. *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, 64(5), 1231-1244.
- Merow**, C., **Smith**, M. J., & **Silander Jr**, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069.
- Moran**, E. V. (2020). Simulating the effects of local adaptation and life history on the ability of plants to track climate shifts. *AoB Plants*, 12(1), plaa008.
- Niculescu**, V. (1973). La spéciation sympatrique et allopatrique chez les Lépidoptères. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 42(10), 49-57.
- Pauls**, S. U., **Nowak**, C., **Bálint**, M., & **Pfenninger**, M. (2013). The impact of global climate change on genetic diversity within populations and species. *Molecular ecology*, 22(4), 925-946.
- Pearman**, P. B., **Guisan**, A., **Broennimann**, O., & **Randin**, C. F. (2008). Niche dynamics in space and time. *Trends in ecology & evolution*, 23(3), 149-158.
- Peterson**, Andrew Townsend, **Soberón**, J., & **Sánchez-Cordero**, V. (1999). Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science*, 285(5431), 1265-1267.
- Peterson**, M. L., **Doak**, D. F., & **Morris**, W. F. (2019). Incorporating local adaptation into forecasts of species' distribution and abundance under climate change. *Global Change Biology*, 25(3), 775-793.
- Phillips**, S. J., **Anderson**, R. P., & **Schapire**, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Platts**, P., **Omeny**, P., & **Marchant**, R. (2015). *AFRICLIM 3.0: High-resolution ensemble climate projections for Africa, figshare:Dataset*.
- Porfirio**, L. L., **Harris**, R. M., **Lefroy**, E. C., **Hugh**, S., **Gould**, S. F., **Lee**, G., **Bindoff**, N. L., & **Mackey**, B. (2014). Improving the use of species distribution models in conservation planning and management under climate change. *PLoS One*, 9(11), e113749.
- Schemske**, D. W. (2010). Adaptation and the origin of species. *The American Naturalist*, 176(S1), S4-S25.
- Schoener**, T. W. (1968). *Anolis* lizards of Bimini: Resource partitioning in a complex fauna. *Ecology*, 49, 704-726.
- Sinadouwirou** T.A., **Dicko** A., **Assede** E., **Biaou** S.S.H. and **Natta** K.A. (2022). Traditional uses of *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (Fabaceae) and potential for its valorization as fuelwood. *Int. Jour. Bio.Chem.Sci.* 16(4). Pp: 1434-1447.
- Smith**, A. B., **Godsoe**, W., **Rodríguez-Sánchez**, F., **Wang**, H.-H., & **Warren**, D. (2019). Niche estimation above and below the species level. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(3), 260-273.
- Solarik**, K. A., **Messier**, C., **Ouimet**, R., **Bergeron**, Y., & **Gravel**, D. (2018). Local adaptation of trees at the range margins impacts range shifts in the face of climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 27(12), 1507-1519.
- Szivák**, I., **Mikes**, T., **Szalontai**, B., **Kučinić**, M., **Vučković**, I., **Vadkerti**, E., **Kisfali**, P., **Pauls**, S. U., & **Bálint**, M. (2017). Ecological divergence of *Chaetopteryx rugulosa* species complex (Insecta, Trichoptera) linked to climatic niche diversification. *Hydrobiologia*, 794(1), 31-47.
- Tente**, B. (2010). Milieu Biophysique: Caractéristiques climatiques. In *Atlas de biodiversité e l'Afrique de l'ouest, Tome I Bénin*. (Brice sinsin&Dorothea Kampmann, p. 760).
- Valladares**, F., **Matesanz**, S., **Guilhaumon**, F., **Araújo**, M. B., **Balaguer**, L., **Benito-Garzón**, M., **Cornwell**, W., **Gianoli**, E., **van Kleunen**, M., & **Naya**, D. E. (2014). The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. *Ecology letters*, 17(11), 1351-1364.
- Van der Vaart**, A. W. (1998). *Asymptotic statistics* (Vol. 3). Cambridge university press.
- Velazco**, S.J.E., **Ribeiro**, B.R., **Laureto**, L.M.O., & **Júnior**, P. D. M. (2020). Overprediction of species distribution models in conservation planning: A still neglected issue with strong effects. *Biological Conservation*, 252, 108822.

- Ward**, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, 58(301), 236-244.
- Warren**, D. L., **Glor**, R. E., & **Turelli**, M. (2008). Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution. *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, 62(11), 2868-2883.
- Warren**, D. L., **Glor**, R. E., & **Turelli**, M. (2010). ENMTools: A toolbox for comparative studies of environmental niche models. *Ecography*, 33(3), 607-611.
- Watling**, J. I., **Brandt**, L. A., **Bucklin**, D. N., **Fujisaki**, I., **Mazzotti**, F. J., **Romanach**, S. S., & **Speroterra**, C. (2015). Performance metrics and variance partitioning reveal sources of uncertainty in species distribution models. *Ecological Modelling*, 309, 48-59.
- Wiens**, J. J., **Ackerly**, D. D., **Allen**, A. P., **Anacker**, B. L., **Buckley**, L. B., **Cornell**, H. V., **Damschen**, E. I., **Jonathan Davies**, T., **Grytnes**, J., & **Harrison**, S. P. (2010). Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecology letters*, 13(10), 1310-1324.
- Wiens**, J. J., & **Graham**, C. H. (2005). Niche conservatism: Integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 36, 519-539.
- Yannic**, G., **Pellissier**, L., **Ortego**, J., **Lecomte**, N., **Couturier**, S., **Cuyler**, C., **Dussault**, C., **Hundertmark**, K. J., **Irvine**, R. J., & **Jenkins**, D. A. (2014). Genetic diversity in caribou linked to past and future climate change. *Nature Climate Change*, 4(2), 132-137.