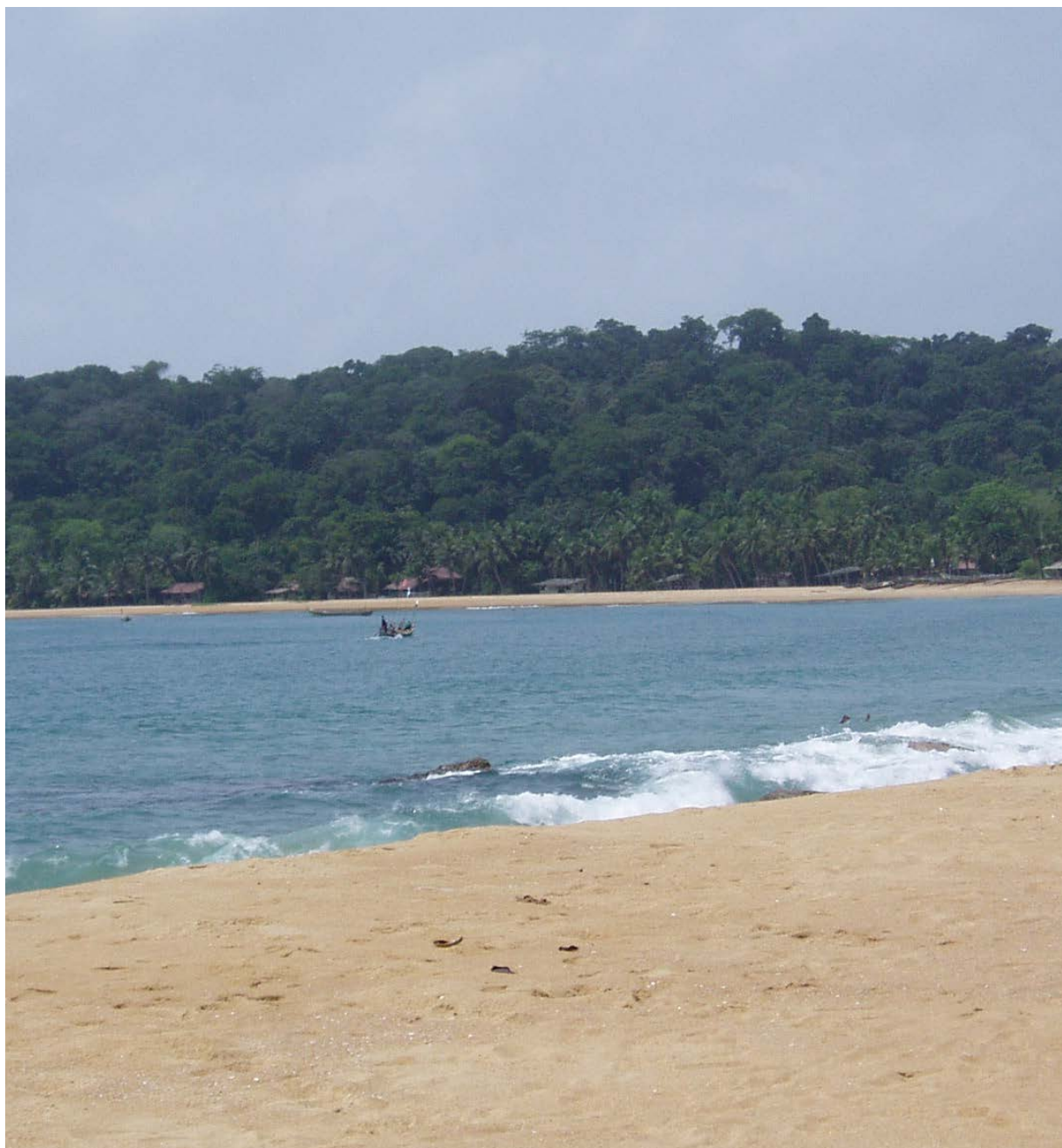


REB PASRES

Revue de l'Environnement et de la Biodiversité - PASRES

N°
06



JUILLET-DÉCEMBRE 2021

ISSN : 2520 - 3037

Email : rebpasres.prov@gmail.com
www://rebpasres.org



PROGRAMME D'APPUI STRATÉGIQUE À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

COMITÉ DE PILOTAGE DU PASRES / STEERING BOARD OF PASRES

PRÉSIDENT	Pr BIAKA Zasseli Ignace Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB)
VICE-PRÉSIDENT	Pr UTZINGER Jürg Institut Tropical Suisse (SWISS TPH)
VICE-PRÉSIDENT DÉLÉGUÉ	Pr KONÉ Inza Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS)
MEMBRES	M. TRAORÉ Seydou Ministère de l'Économie et des Finances (MEF) Me HOEGAH Théodore Représentant du Secteur Privé
OBSERVATEURS	Pr ADOHI-KROU Viviane Présidente du Conseil Scientifique du PASRES Dr SANGARÉ Yaya Secrétaire Exécutif du PASRES

COMITÉ DE RÉDACTION / EDITORIAL BOARD

RÉDACTEUR EN CHEF / EDITOR IN CHIEF	Pr KAMANZI Kagoyire, UFHB
MEMBRES / MEMBERS	Pr BAKAYOKO Adama, Université Nangui Abrogoua (UNA) Pr KASSI N'Dja Justin, UFHB Pr KONÉ Inza, UFHB Pr KONÉ Mamidou Witabouna, UNA Pr OUATTARA Allassane, UNA Pr TIÉBRÉ Marie Solange, UFHB Dr KADJO Blaise, UFHB
DIRECTEUR DE PUBLICATION / EDITORIAL DIRECTOR	Pr ADOHI-KROU Viviane Présidente du Conseil Scientifique du PASRES

COMITÉ DE LECTURE / PEER REVIEWERS

Pr ADOU YAO Constant Yves, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr AKOÉGNINOU Akpovi, Université d'Abomey-Calavi	Bénin
Pr BOGAERT Jan, Gembloux Agro Bio-Tech, Université de Liège	Belgique
Pr BOUSSIM Issaka Joseph, Université de Ouagadougou	Burkina Faso
Pr KAKOU N'DOUBA Adèle, Institut Pasteur d'Abidjan	Côte d'Ivoire
Pr KIÉNON-KABORÉ TIMPOKO Hélène, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr KONATÉ Souleymane, UNA	Côte d'Ivoire
Pr KONÉ Daouda, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr KONÉ Tidiani, Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG)	Côte d'Ivoire
Pr KOUAMÉLAN Essetchi Paul, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr KOUSSEMON Marina Caroll Edwige, UNA	Côte d'Ivoire
Pr N'DA Konan, UNA	Côte d'Ivoire
Pr N'GUESSAN Kouakou Édouard, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr TANO Yao, UNA	Côte d'Ivoire
Pr TRAORÉ Dossahoua, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr YAOKOKORÉ-BEIBRO K. Hilaire, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr ZOUNDJIHÉKPON Jeanne, Université d'Abomey-Calavi	Bénin
Dr ACAPOVI Genéviève L. Épse YAO, UFHB	Côte d'Ivoire
Dr AKA Marcel, Centre de Recherches Océanologiques (CRO)	Côte d'Ivoire
Dr BARIMA Yao Sabas, UJLoG	Côte d'Ivoire
Dr DA Philippe, UFHB	Côte d'Ivoire
Dr DEMBÉLÉ Ardjouma, Laboratoire National d'Appui au Développement Agricole (LANADA)	Côte d'Ivoire
Dr GAUZE TOUAO K. Martine, Centre de Recherche en Écologie (CRE)	Côte d'Ivoire
Dr KOUAMÉ N'Guessan François, UNA	Côte d'Ivoire
Dr KOUTIKA Lydie-Stella, Centre de Recherche sur la Durabilité et Productivité (CRDPI)	Congo Brazzaville
Dr MAVOUNGOU Jacques François, Université de Masuku	Gabon
Dr N'NAN Oulo Épse ALLA, UFHB	Côte d'Ivoire

ADMINISTRATION

Secrétariat Exécutif du PASRES
Centre Suisse de Recherches
Scientifiques en Côte d'Ivoire, KM 17
Adiopodoumé sur la route de Dabou

Tél : (225) 23 47 28 29

Fax: (225) 23 45 12 11

01 BP 1303 ABIDJAN 01

E-mail: yayasangci@yahoo.fr

ÉDITORIAL

Le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique, après la création de la Revue des Sciences Sociales (RSS-PASRES), met à la disposition des chercheurs, des enseignants-chercheurs et du monde de la Science, en général, une autre revue : la Revue de l'Environnement et de la Biodiversité (REB-PASRES) pour contribuer à la promotion des Sciences environnementales.

Cela témoigne de la volonté du PASRES de s'intégrer dans la chaîne de diffusion et de valorisation des savoirs et des résultats de la Recherche. En se référant aux différentes Conférences des Parties (COPs), on peut comprendre aisément le choix de créer une revue dans le domaine de l'environnement et de la biodiversité : s'investir dans les recherches portant sur le sujet le plus controversé de ce début du XXI^{ème} siècle et constituant pourtant l'une des plus grandes préoccupations des sociétés contemporaines. Elles sont condamnées à la protection et à la sauvegarde de l'environnement et de la biodiversité.

Pendant longtemps les hommes ont cru devoir leur vie à la nature à laquelle ils participaient comme sujets et objets. Avec la conception mécaniste, matérialiste et économiste, l'environnement devient l'ensemble hostile des éléments qui constituent le voisinage d'un être vivant ou d'un groupe d'origine humaine, animale ou végétale et qui sont susceptibles d'interagir avec lui directement ou indirectement. C'est ce qui entoure, ce qui est aux environs.

Nous convenons maintenant avec la tradition et les Anciens que l'Environnement et la Biodiversité sont plus que cela : depuis les années 1970 le terme environnement est utilisé pour désigner le contexte écologique global, c'est-à-dire l'ensemble des conditions physiques, chimiques, biologiques, climatiques, géographiques et culturelles au sein desquelles se développent les organismes vivants et les êtres humains, en particulier. L'environnement inclut donc l'air, la terre, l'eau, les ressources naturelles, la flore, la faune, les hommes et leurs interactions.

Aujourd'hui, avec les nombreux problèmes de santé, de sécurité alimentaire et de changement climatique, provoqués par la pollution et les catastrophes technologiques, nous réalisons que l'environnement et la biodiversité constituent le seul milieu connu, nécessaire à l'existence des hommes, pour subvenir à leurs besoins naturels.

Les Conférences des Parties qui se succèdent au fur des ans, traduisent la volonté de trouver des accords politiques sur le climat et montrent que la protection de l'environnement et de la biodiversité est devenue également une préoccupation des politiques. Les problèmes liés à l'environnement et à la biodiversité sont donc, pour nous, des problèmes exigeant des solutions urgentes et immédiates qui ne sauraient attendre.

Dr Sangaré Yaya

Secrétaire Exécutif du PASRES

S O M M A I R E

Sidio S-R · Kouadio V-PG · Nomel GJR · Offoumou MR · N'Guessan K · N'Guessan KÉ

Incidences des pratiques et des modalités de récolte sur la disponibilité des plantes médicinales : cas des plantes antidiarrhéiques employées dans le Département de Gagnoa, Côte d'Ivoire.....1

Sanogo Y · Orsot BAMB · Soro D · Guessennd NK · Tra Bi HF

Criblage phytochimique et activité antibactérienne *in vitro* des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) sur des souches de *Staphylococcus aureus* multirésistantes.....15

N'Guessan ASN · Berté S · Kamelan TM · Kouamelan EP

Impacts des activités anthropiques sur l'ichtyofaune de la rivière N'zè en zone tropicale forestière (Parc National de Taï, (Côte d'Ivoire)).....25

Yapo L · Kouakou NB · Gogbé ZM · Diomandé D

Odonata diversity around two tropical agropastoral dam lakes (Koko and Natiokobadara) in the northern part of Côte d'Ivoire (West Africa).....37

Abo KJB · Konan YA · Monney AI · N'Dri OR · Koné T

Utilisation de caméras appâtées pour le suivi de la faune ichtyologique du Lac de Buyo (Bassin du Sassandra, Côte d'Ivoire).....47

Soulemane O · Kassé KB · Yao KA · Atta ACJ · Kouakou JP · Kouakou JL · Kambiré SB · Kadjo B

Statut de conservation et impact des activités humaines sur quelques espèces de grands mammifères dans la Fôret Classée de Bossématié (Sud-Est, Côte d'Ivoire).....59

Kouassi KA · Yao KC · Doukouré M · Bié GR · Digbehi ZB

Essai de reconstitution paléobotanique et paléoécologique de l'interface Cénomaniens/Turonien dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire.....72

Incidences des pratiques et des modalités de récolte sur la disponibilité des plantes médicinales : cas des plantes antidiarrhéiques employées dans le département de Gagnoa, Côte d'Ivoire.

Impact of harvesting practices and methods on the availability of medicinal plants: cases of antidiarrheal plants used in the department of Gagnoa, Côte d'Ivoire.

Sidio S-R • Kouadio V-PG • Nomel GJR • Offoumou MR • N'Guessan K • N'Guessan KÉ

Received: 04 December 2020 / Accepted: 10 May 2021 / Published online: 1 March 2022

© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé C'est dans un contexte de forte pression anthropique sur les plantes médicinales que la présente étude a été menée. Le but visé est la promotion d'une médecine traditionnelle durable. Des enquêtes ethnobotaniques s'appuyant sur un questionnaire semi-structuré ont été menées dans trois Sous-préfectures du Département de Gagnoa, auprès des récolteurs de plantes médicinales. À partir des informations reçues et des relevés de terrain, la vulnérabilité des espèces employées a été évaluée à travers le calcul de l'indice de vulnérabilité (Iv). Au total, trente-neuf informateurs, majoritairement natifs du Département investigué ont été rencontrés. Ils utilisent six différentes recettes conçues, à partir de 14 espèces de plantes pour le traitement de la diarrhée. Aucune espèce n'a été estimée très vulnérable. Cependant, la moitié des espèces étudiées a été jugée moyennement vulnérable. *Xylopiya aethiopica* (Iv = 2,22) en est la plus vulnérable. Cette étude dévoile les modalités irrationnelles de récolte des plantes et alerte les acteurs de la médecine traditionnelle ainsi que les usagers des plantes médicinales sur la nécessité d'une gestion durable des ressources végétales.

Mots clés : Plantes antidiarrhéiques, Récolte, Disponibilité, Vulnérabilité, Gagnoa.

Abstract This study was conducted in the context of high anthropogenic pressure on medicinal plants. The aim is to promote sustainable traditional medicine. Ethnobotanical surveys based on a semi-structured questionnaire were conducted in three sub-prefectures of Gagnoa department, among medicinal plant harvesters. Based on the information received and field surveys, the vulnerability of the species used was assessed through the calculation of the vulnerability index (Iv). A total of thirty-nine informants, mostly from the department under investigation, were interviewed. They use six different recipes designed from 14 species of plants for the treatment of diarrhea. No species were considered highly vulnerable. However, half of the species studied were considered moderately vulnerable. *Xylopiya aethiopica* (Iv = 2.22) is the most vulnerable. This study reveals the irrational ways in which plants are harvested and warns stakeholders in traditional medicine as well as users of medicinal plants about the need for sustainable management of plant resources.

Key words : Antidiarrheal plants, Harvest, Availability, Vulnerability, Gagnoa.

Sidio S-R • Kouadio V-PG • Nomel
GJR • Offoumou MR • N'Guessan K •
N'Guessan KÉ

Laboratoire des Milieux naturels et Conservation
de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix
Houphouët-Boigny de Cocody Abidjan

Sidio S-R (✉)

Laboratoire des Milieux naturels et Conservation
de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix
Houphouët-Boigny de Cocody Abidjan
serjroland@hotmail.fr

Introduction

En Afrique subsaharienne, les espèces végétales revêtent une importance capitale pour les populations en raison de leur contribution à la satisfaction de divers besoins vitaux, dont le maintien en bonne santé (Oumorou *et al.*, 2010). La flore ivoirienne en l'occurrence, riche de plus d'un millier d'espèces médicinales constitue un vivier thérapeutique encore exploité de nos jours. En Côte d'Ivoire, la médecine traditionnelle connaît un essor sans précédent et constitue le pilier des soins de santé primaire pour la majorité de la population grâce à son accessibilité aussi bien géographique qu'économique et culturelle. Les conditions socioéconomiques défavorables et les témoignages de guérison suite à l'emploi de recettes médicamenteuses à base de plantes, partagées de bouche à oreille, ne cessent d'accroître la demande en ressources végétales pour se soigner.

Les espèces végétales du Département de Gagnoa, à l'instar de celles des Départements du territoire national situés en zone forestière font l'objet de sollicitations abusives à diverses fins eu égard à la forte concentration démographique dans ces Départements. Selon RPGH (2014), la population en zone de forêt représente 75,5% de la population nationale. La constitution de remèdes traditionnels est l'une des raisons pour lesquelles les plantes sont fortement sollicitées dans cette zone. Ainsi, outre la forte exploitation forestière, l'agriculture extensive et la surexploitation des terres qui sont les principales formes de pressions anthropiques irrationnelles exercées sur l'environnement biologique de ce Département (Gnahoua, 2004), l'usage traditionnel des plantes

médicinales contribue à la destruction des formations végétales. Aujourd'hui, Gagnoa est dotée d'une végétation clairsemée formée d'une mosaïque de lambeaux forestiers avec de vastes tapis herbacés, des jachères et l'installation de la principale espèce exotique envahissante *Chromolaena odorata* (Gnahoua, 2004). Au nombre des pathologies traitées à partir de drogues végétales par les habitants du Département de Gagnoa, figure en bonne place, la diarrhée. Cette pathologie digestive est l'une des plus citées, et contre laquelle le plus de plantes médicinales sont employées dans ledit Département selon Sidio et N'Guessan (2019). Les plantes antidiarrhéiques rapportées par ces auteurs et dont les organes sont fortement sollicités sont *Alchornea cordifolia*, *Anogeissus leiocarpa*, *Clerodendrum spendens*, *Clerodendrum volubile*, *Euphorbia hirta*, *Harungana madagascariensis*, *Hoslundia opposita*, *Mallotus oppositifolius*, *Napoleonaea vogelii*, *Nauclea latifolia*, *Psidium guajava*, *Riciodendron heudelotii*, *Tectona grandis* et *Xylopiya aethiopica*. Sachant que certaines pratiques en médecine traditionnelle se rapportant notamment aux modes de récolte des parties de plantes laissent peser de lourdes menaces de raréfaction voire de disparition de plusieurs espèces médicinales (Traoré *et al.*, 2011), il importe d'estimer l'impact des modalités de récolte des organes de ces plantes sur leur disponibilité.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit la présente étude afin d'évaluer la vulnérabilité des plantes antidiarrhéiques employées dans le Département de Gagnoa, en tenant compte des paramètres d'usage et de disponibilité de celles-ci.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

L'étude a été menée dans le Département de Gagnoa, Chef-lieu de la région du Gôh, elle-même, appartenant au district du Gôh-Djiboua selon le décret n°2011-263 du 28 septembre 2011 portant organisation du territoire national en districts et en régions. Le Département de Gagnoa est situé au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire et est compris entre 5°40' et 6°10' de latitude Nord et entre 5°50' et 6°20' de longitude Ouest, selon Andriessé *et al.*

(1994). Subdivisé en douze Sous-Préfectures (Figure 1), Gagnoa abrite une population autochtone bété et des communautés allochtones et allogènes vivant en symbiose. Il appartient au domaine guinéen, précisément au secteur mésophile, caractérisé par des forêts denses humides semi-décidues et est marqué par un climat de type subéquatorial avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1384 mm et une température moyenne de 26,2°C (Köppen-Geiger, 2011).

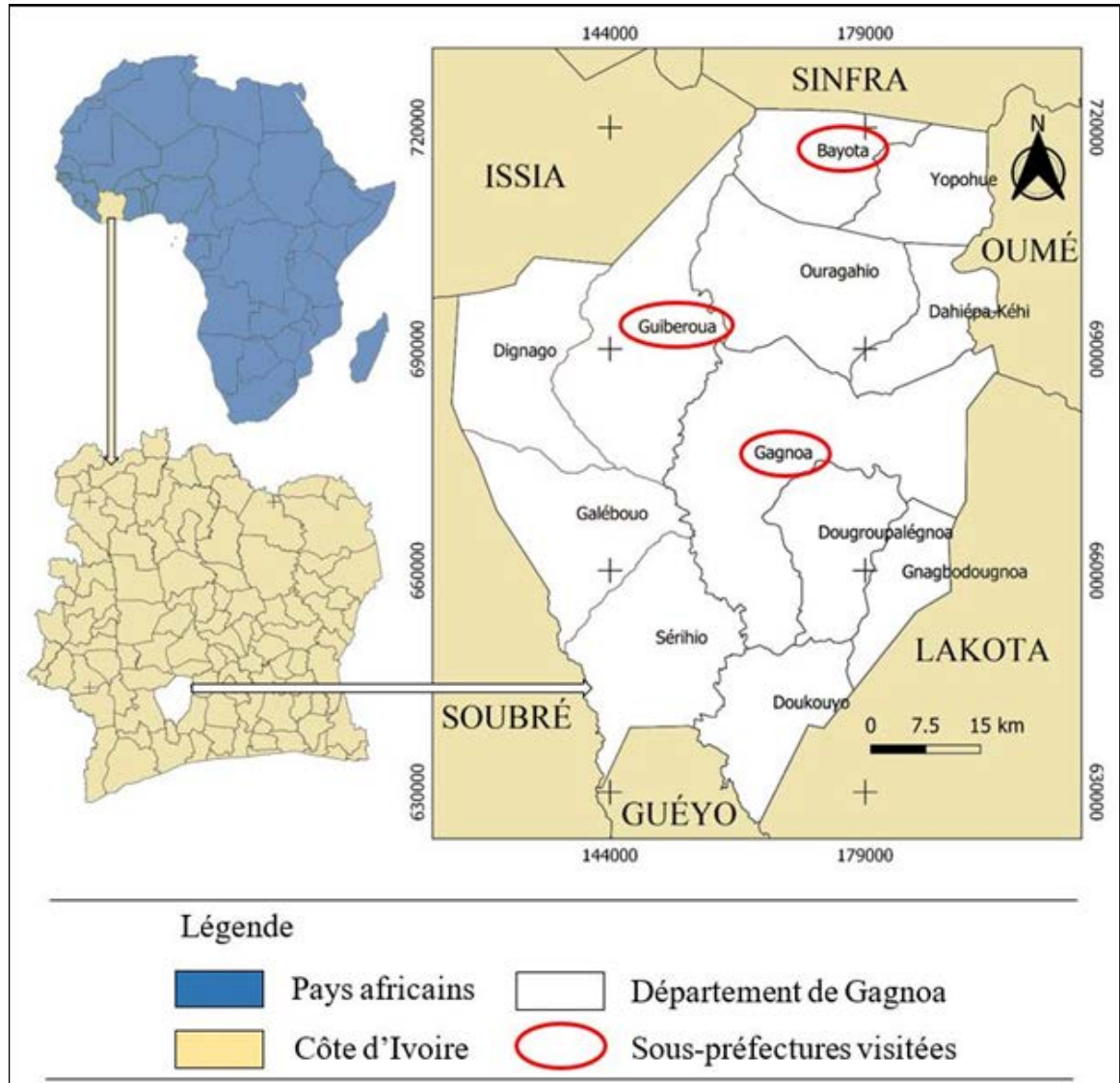


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Collecte des données

Enquête ethnobotanique

Une enquête préliminaire réalisée auprès des chefs de communautés, des vendeuses de plantes médicinales et de populations riveraines a été nécessaire pour prendre contact avec certains acteurs de la médecine traditionnelle, expérimentés, pouvant fournir des informations fiables. Pendant l'enquête proprement dite, des entretiens ont été menés dans les trois Sous-Préfectures les plus peuplées du Département de Gagnoa. Il s'agit des Sous-Préfectures de Gagnoa avec 213 918 habitants, Guibéroua, 64 284 habitants et Bayota habitée par 54 125 âmes (RGPH, 2014). Les entretiens tenus en français, rarement en bété ou en malinké ont été effectués

sur la base d'un questionnaire semi-structuré en présence de guides-interprètes. Les noms locaux des plantes, les organes employés, les modes de récolte, les stades de développement des organes récoltés, les rythmes des récoltes, les quantités récoltées et les itinéraires d'usage ont été indiqués pendant les échanges. Aussi, des investigations bibliographiques ont été nécessaires pour être renseigné sur la distribution des types biologiques, morphologiques et chorologiques des espèces étudiées.

Inventaire floristique

Pour mieux apprécier l'abondance locale d'une espèce, des milieux de prélèvement des organes végétaux ont été visités. Un inventaire floristique y a été réalisé

suivant la méthode de relevé de surface sur la base d'un échantillonnage stratifié aléatoire. Des placettes de 100 m² (10 m x 10 m) facilement réalisables, ont été délimitées dans différents biotopes. Quinze (15) placettes ont été établies dans des forêts, neuf (9) placettes dans des plantations et 22 placettes dans des jachères soit un total de 46 placettes. À l'intérieur de chaque placette, toutes les espèces dont des individus peuvent atteindre un diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égal à 5 cm (dbh ≥ 5) mesuré à 1,30 m du sol, ont été dénombrées. Cette circonférence correspond à celle d'individus exploitables (Traoré *et al.*, 2011). La mesure du dbh est une méthode de relevés qui contribue à évaluer le peuplement végétal arborescent dans un biotope (Vroh Bi *et al.*, 2014).

Traitement des données

Analyses statistiques

Les données recueillies ont été analysées avec le logiciel Statistica 8.0. Le profil socioculturel des informateurs a été dressé par le calcul de différentes proportions centésimales. Les proportions des différentes drogues employées, les modes de récolte des organes, les stades de développement des parties de plantes récoltées, les rythmes des récoltes, les quantités récoltées et les itinéraires d'usage ont été également calculés pour établir un ordre hiérarchique d'importance. Des comparaisons ont été faites par la suite entre les informateurs des localités visitées et entre les espèces recensées dans

les différents biotopes à travers le calcul de Khi-2.

Indice de raréfaction

Les relevés de terrain ont permis de caractériser la disponibilité des espèces étudiées. Pour ce faire, l'indice de raréfaction des espèces a été calculé suivant l'équation de Géhu et Géhu (1980) *in* Dro *et al.* (2013): $RI = [1 - (ni/N)] \times 100$, avec RI = l'indice de raréfaction, ni = nombre de relevés dans lesquels l'espèce i est présente et N = nombre total de relevés.

Fréquence d'utilisation

La fréquence d'utilisation de chacune des espèces recensées a été calculée de la manière suivante $Fu = (n / N) \times 100$ avec : n le nombre de répondants ayant mentionné l'espèce et N le nombre total de personnes interrogées au cours des enquêtes (Traoré *et al.*, 2011). Cet indice, basé sur l'usage consensuel des plantes est approprié pour évaluer la crédibilité des informations reçues.

Niveaux de menace des paramètres étudiés

Des scores ont été affectés aux paramètres écologiques choisis et à certaines pratiques se rapportant à la récolte des organes des plantes utilisées en thérapie traditionnelle, conformément à l'échelle des menaces attribuée aux facteurs étudiés par Traoré *et al.* (2011), Betti (2001), Cunningham (2001) et Lejoly (2001). Ils ont été consignés dans le tableau 1.

Tableau 1: Estimation du niveau de menaces des modalités des différents paramètres étudiés (Traoré *et al.*, 2011 ; Betti, 2001)

Paramètres	Score exprimant le niveau de la menace		
	1	2	3
Organes employés	Feuille ; Rameau feuillé	Fleur ; Fruit ; Graine ; Écorce	Bois ; Racine ; Plante entière
Modes de récoltes des organes	Ramassage	Cueillette ; Écorçage ; Ébranchage	Abattage ; Déracinement
Stades de développement des organes récoltés	Vieux ou sénescents	Adulte (mature)	Jeune
Rythme des récoltes	Rarement (Une fois tous les six à 12 mois)	Modérément (Une fois tous les deux mois ou par trimestre)	Régulièrement (Tous les mois)
Quantités récoltées	Très faible	Faible	Grande quantité
Itinéraires d'usage	Usage personnel ou familiale (UPF)	Traitement de patients (TP)	Approvisionnement des marchés (AM)
Fréquence d'utilisation	Fu ≤ 30	30 < Fu ≤ 60	Fu > 60
Biotope des plantes	Milieux rudéraux ; Plantation	Jachère	Forêt secondaire
Indice de raréfaction	RI < 80		RI ≥ 80

Légende : Score 1 : faible niveau de menace ; Score 2 : niveau de menace élevé ; Score 3 : niveau de menace très élevé.

Deux paramètres écologiques pouvant permettre d'apprécier la disponibilité des espèces ont été évalués. Il s'agit du biotope des plantes et de l'indice de raréfaction. L'incidence des activités anthropiques relatives aux prélèvements des ressources végétales varie selon la nature du biotope des plantes. Une espèce évoluant uniquement dans les formations forestières (Score 3) est plus vulnérable qu'une espèce des jachères (Score 2). Cette dernière est à son tour plus vulnérable qu'une espèce cultivée ou domestiquée (Score 1). Concernant l'indice de raréfaction, le seuil de 80% a été retenu par Traoré *et al.* (2011) pour séparer les espèces rares des espèces fréquentes dans la zone phytogéographique subéquatoriale. Ainsi, une espèce de RI ≥ 80 , est beaucoup plus vulnérable (score 3) qu'une espèce de RI < 80 (score 1). Un indice de raréfaction de 100% signifie que la présence de l'espèce n'a été observée nulle part dans les aires étudiées ; que cette dernière est fortement menacée d'extinction dans la région.

Les paramètres liés aux modalités de récolte des plantes médicinales sont les types d'organes employés, le mode de récolte des organes, le stade de développement des organes récoltés, le rythme des récoltes, la quantité d'organes récoltés, l'itinéraire d'usage et la fréquence d'utilisation. Le type d'organes employés comme drogues et le mode de récolte des organes en fonction de leur capacité de régénération influent sur la disponibilité de la plante. Les feuilles, fruits et graines cueillis ne constituent pas une menace inquiétante pour la survie de la plante (Score 1). La menace est encore moindre lorsqu'il s'agit d'une récolte par simple ramassage (Score 1). Cependant, l'écorçage profond (Score 2) et la récolte des racines tuent presque toujours les arbres (Score 3) (Betti, 2001). Aussi, l'emploi de la plante entière n'offre aucune possibilité de régénération de celle-ci (Score 3). Lorsque plusieurs parties d'une plante donnée sont sollicitées, seule la partie qui représente une menace maximale (Score 3) est prise en compte dans le calcul de l'indice de vulnérabilité de l'espèce. Le même principe est appliqué aux autres paramètres. Le stade de développement de l'organe prélevé est un paramètre non négligeable dans l'évaluation des menaces de raréfaction des plantes d'intérêt thérapeutique. Une plante dont les organes recherchés sont récoltés étant jeunes est en danger du fait du traumatisme subi (Score 3), ce qui n'est pas le cas d'une autre dont les organes sont sollicités à maturité (Score 2) ou en pleine sénescence (Score 1) (Traoré *et al.*, 2011). Un rythme accentué des récoltes et une importante quantité de l'organe récolté peuvent être à l'origine de la régression progressive

d'une espèce donnée, quel que soit l'organe prélevé (Score 3). À contrario, une récolte occasionnelle (Score 1) et modérée (Score 2) d'un organe quelconque ne saurait entraver drastiquement la disponibilité de cet organe. Le paramètre "itinéraire d'usage" renseigne sur la destination des organes prélevés pour chacune des espèces étudiées. Une espèce dont l'organe récolté est destiné à un usage personnel ou familial (Score 1) est moins menacée qu'une espèce dont l'organe récolté est destiné à l'approvisionnement des marchés (Score 3). La commercialisation d'une espèce en système formel ou informel rend la plante plus vulnérable (Lejoly, 2001). Par ailleurs, les espèces dont la fréquence d'utilisation est élevée (supérieure à 60%) sont plus menacées (Score 3) que les espèces dont la fréquence d'utilisation est faible (inférieure à 30%) (Score 1). La vulnérabilité d'une espèce augmente donc avec sa fréquence d'utilisation.

Indice de vulnérabilité

À partir de l'ensemble des paramètres pris en compte dans cette étude, l'indice de vulnérabilité (**Iv**) de chacune des espèces a été calculé. Cet indice s'obtient par l'opération suivante :

$$Iv = \sum Ni / 9 \text{ avec}$$

Ni représentant le score moyen attribué au paramètre i selon le niveau de menace et 9, le nombre de paramètres étudiés (Betti, 2001). Ce qui a permis d'évaluer l'influence des paramètres étudiés sur la disponibilité des plantes dans leur environnement naturel. Ainsi, trois niveaux de vulnérabilité ont été distingués : Niveau 1 : espèces peu vulnérables ; Niveau 2 : espèces moyennement vulnérables ; Niveau 3 : espèces très vulnérables (Tableau 2). L'indice de vulnérabilité est un bon moyen d'estimation du niveau de pression anthropique sur les plantes utilisées en médecine traditionnelle. Il permet d'identifier, au stade actuel des connaissances, les espèces potentiellement menacées (Betti, 2001).

Tableau 2 : Échelle de la vulnérabilité potentielle des espèces (Traoré *et al.*, 2011)

	Échelle de vulnérabilité		
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Iv	Iv < 2	2 ≤ Iv < 2,5	Iv ≥ 2,5
Niveau de pression sur l'espèce	Faible	Élevé	Très élevé
Vulnérabilité de l'espèce	Espèces faiblement vulnérables	Espèces moyennement vulnérables	Espèces très vulnérables

Résultats

Données relatives aux informateurs

Trente-neuf informateurs composés de 16 naturothérapeutes, 11 herboristes, neuf fournisseurs de plantes médicinales aux herboristes des marchés du Département de Gagnoa et trois féticheurs ont été interviewés au sujet des pratiques et techniques de récolte d'organes de 14 plantes médicinales antidiarrhéiques (Tableau 3). Il apparaît là, une différence significative dans la répartition des informateurs suivant leur fonction (Khi-2 = 8,90 ; ddl = 3 ; P < 0,05). Ce sont en moyenne 13 individus, tous des récolteurs de plantes médicinales qui ont été rencontrés dans les 3 Sous-Préfectures sélectionnées. Leur répartition par Sous-Préfecture n'est pas significativement différente (Khi-2 = 3,23 ; ddl = 2 ; P > 0,05).

Constitués uniquement d'hommes, les répondants appartiennent à deux groupes ethniques de Côte d'Ivoire. Les bété, natifs du Département investigué représentent 71,79% des enquêtés contre 28,21% de malinké. Les interlocuteurs sont âgés de 35 à 58 ans et ceux qui ont plus de 50 ans sont plus nombreux (43,59%). Les personnes vivant en couple représentent 74,36% de la population cible. Seulement 25,64% des interlocuteurs sont veufs ou célibataires. La majorité des répondants (56,41%) n'a pas été scolarisée. Les 43,59% restant sont constitués de répondants ayant un niveau primaire ou secondaire avec une prépondérance observée chez les individus de niveau primaire (28,21%). La différence dans la répartition des informateurs selon leur niveau de scolarisation est très significative (Khi-2 = 10,31 ; ddl = 2 ; P < 0,01).

Tableau 3 : Données relatives au profil des enquêtés

Caractéristiques	Sous-Préfectures						Total		Moy
	Bayota		Gagnoa		Guibéroua		Eff	%	
	Eff	%	Eff	%	Eff	%			
Interlocuteurs	14	35,90	8	20,51	17	43,59	39	100	13
Naturothérapeutes	6	37,50	5	31,25	5	31,25	16	41,03	5,33
Fonctions	4	36,36	0	0	7	63,64	11	28,21	3,67
Féticheurs	0	0	1	33,33	2	66,67	3	7,69	1
Fournisseurs de plantes médicinales	4	44,44	2	22,22	3	33,33	9	23,08	3
Sexe	14	35,90	8	20,51	17	43,59	39	100	13
Femmes	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
Groupes ethniques	10	35,71	4	14,29	14	50	28	71,79	9,33
Bété	4	36,36	4	36,36	3	27,27	11	28,21	3,67
Malinké	3	42,86	1	14,29	3	42,86	7	17,95	2,33
Âge	2	13,33	4	26,67	9	60	15	38,46	5
[31 - 40]	9	52,94	3	17,65	5	29,41	17	43,59	5,67
[41 - 50]	1	16,67	3	50	2	33,33	6	15,38	2
[51 - 60]	10	34,48	5	17,24	14	48,28	29	74,36	9,67
Situation matrimoniale	3	75	0	0	1	25	4	10,26	1,33
Célibataire	9	40,91	2	9,09	11	50	22	56,41	7,33
Vivant en couple	3	27,27	4	36,36	4	36,36	11	28,21	3,67
Veuf	2	33,33	2	33,33	2	33,33	6	15,38	2
Niveau de scolarisation	9	40,91	2	9,09	11	50	22	56,41	7,33
Analphabètes	3	27,27	4	36,36	4	36,36	11	28,21	3,67
Primaire	2	33,33	2	33,33	2	33,33	6	15,38	2
Secondaire									

Légende : Eff : Effectif ; Moy : Moyenne

Données floristiques

Les espèces de plantes employées traditionnellement contre la diarrhée dans le Département investigué sont identifiées par des appellations en langues locales ivoiriennes (Tableau 4). Du point de vue scientifique, ces espèces sont réparties en 13 genres et 8 familles. Les familles les plus importantes en termes de richesse spécifique sont : les Euphorbiaceae et les Lamiaceae, représentant

chacune 28,57% des espèces. Les autres familles sont toutes représentées par une seule espèce. Ces plantes sont dominées au titre des types morphologiques par les arbustes (50%) qui sont suivis par ordre de prépondérance des arbres (28,57%), des herbes (14,29%) et des lianes (7,14%). Concernant les types biologiques, la prédominance des Phanérophytes (42,86% de microphanérophytes, 28,57% de mésophanérophytes et 21,43% de nanophanérophytes) a été observée contre

une minorité de Chaméphytes représentée par une espèce (7,14%). Les taxons recensés sont majoritairement africains ; ils représentent 78,57% des espèces répertoriées contre 14,29% de taxons pluricontinentaux et 7,14% de taxons asiatiques. Sur l'ensemble des espèces, l'on dénombre 10 espèces spontanées (71,43%) et seulement 4 espèces cultivées (28,57%).

À l'issue de l'inventaire floristique, 231 espèces réparties en 125 genres et 56 familles ont été recensées dans l'ensemble des trois localités parcourues. Le nombre d'espèces inventoriées varie très significativement d'une Sous-Préfecture à l'autre (Khi-2 = 26,99 ; ddl = 3 ; P < 0,01) et d'un biotope à l'autre (Khi-2 = 31,58 ; ddl

= 3 ; P < 0,01). À l'échelle des Sous-Préfectures, Ouragahio enregistre la plus grande richesse floristique avec 154 espèces majoritairement rencontrées en forêt (soit 66,67% de la totalité des espèces recensées). Elle est suivie par la Sous-Préfecture de Guibéroua et celle de Gagnoa avec respectivement 110 et 76 espèces recensées (soient 47,62% et 32,90%). S'agissant des biotopes, les forêts comptent plus d'espèces ligneuses, avec 142 espèces (soit 61,47% de l'ensemble des espèces inventoriées) contre 95 et 63 espèces enregistrées respectivement dans les jachères et les plantations (soit 41,13% et 27,27%). La répartition des placettes par localité et par biotope est présentée dans le tableau 5.

Tableau 4 : Données floristiques des espèces de plantes étudiées

N°	Espèces	Familles botaniques	Noms locaux	Types morphologiques	Spontané / cultivé	Types biologiques	Répartition géographique
1	<i>Alchornea cordifolia</i>	Euphorbiaceae	Libitî (bété)	Arbuste	Spontané	mp	A
2	<i>Anogeissus leiocarpa</i>	Combretaceae	Libitî (bété)	Arbre	Spontané	mP	A
3	<i>Clerodendrum splendens</i>	Lamiaceae	Libitî (bété)	Arbuste	Spontané	np	A
4	<i>Clerodendrum volubile</i>	Lamiaceae	Kété gnini (bété)	Liane	Spontané	np	A
5	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	Akololo (agni)	Herbe	Spontané	Ch	panT
6	<i>Harungana madagascariensis</i>	Hypericaceae	Goglou (bété)	Arbuste	Spontané	mp	AM
7	<i>Hoslundia opposita</i>	Lamiaceae	Zôkpô-lôbôh-lékou (bété)	Herbe	Spontané	np	AM
8	<i>Mallotus oppositifolius</i>	Euphorbiaceae	Tonn'da (baoulé)	Arbuste	Spontané	mp	AM
9	<i>Napoleonea vogelii</i>	Lecithidaceae	Trêh (bété)	Arbuste	Spontané	mp	A
10	<i>Nauclea latifolia</i>	Rubiaceae	Bati (malinké)	Arbuste	Spontané	mp	A
11	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Goyavo (bété)	Arbuste	Cultivé	mp	N
12	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Euphorbiaceae	Kô (bété)	Arbre	Cultivé	mP	A
13	<i>Tectona grandis</i>	Lamiaceae	Tecké (bété)	Arbre	Cultivé	mP	As
14	<i>Xylopia aethiopica</i>	Malvaceae	Lélé (bété)	Arbre	Cultivé	mP	A

Légende : Type biologique : Ch : Chaméphytes ; mP : Mésophanérophytes ; mp : Microphanérophytes ; np : Nanophanérophytes. Répartition géographique : A : Taxon africain (Afrique intertropicale) ; AM : Taxon afro-malgache ; As : Taxon asiatique ; N : Taxon néotropical (originaire d'Amérique tropicale) ; panT : Taxon pantropical (commun à tous les pays tropicaux du monde).

Tableau 5 : Répartition des placettes par biotope et Sous-préfectures

Sous-préfectures	Biotoques			Total
	Forêt	Jachère	Plantations	
Gagnoa	3	6	2	11
Guibéroua	5	8	4	17
Ouragahio	7	8	3	18
Total	15	22	9	46

Menaces pesant sur la flore médicinale antidiarrhéique

Évaluation des paramètres écologiques

Le biotope des plantes

Les espèces ont été rencontrées dans des forêts secondaires, des jachères, des plantations et des milieux rudéraux (Tableau 6). Les milieux rudéraux regroupent six espèces. Ils représentent 37,5% des cas et revêtent un faible niveau de menace. Les forêts secondaires viennent en deuxième position avec cinq espèces, soit une proportion de 31,25% des biotopes recensés. Leur niveau de menace est très élevé. Elles sont suivies par ordre de prépondérance des plantations et des jachères abritant respectivement quatre espèces et une espèce, soient 25% et 6,25% des habitats des plantes étudiées. Les végétaux cultivés sont moins vulnérables que la seule espèce (*Clerodendrum splendens*) qui évolue dans les jachères.

L'abondance des espèces

Les indices de raréfaction des espèces étudiées varient de 10,87% à 78,26%. Ces valeurs étant inférieures au seuil de 80%, toutes les espèces de plantes employées pour le traitement de la diarrhée sont jugées fréquentes dans la flore du Département Gagnoa. Les 4 espèces plus fréquentes d'entre elles par ordre d'abondance sont *Alchornea cordifolia* (10,87%), *Euphorbia hirta* (15,22%), *Hoslundia opposita* (17,39%) et *Mallotus oppositifolius* (19,57%). L'espèce la moins fréquente dans les biotopes échantillonnés est *Tectona grandis* (78,26%).

Évaluation des paramètres se rapportant à la récolte des produits végétaux

Parties de plantes recherchées

Les informations reçues révèlent que chaque plante étudiée est sollicitée pour seulement une de

ses parties ou pour la plante tout entière. Au total, six différentes drogues sont utilisées. Les feuilles (42,86%) ont été les plus citées des informateurs. Ensuite viennent les écorces (21,43%) et les rameaux feuillés (14,29%). La récolte des feuilles et des rameaux feuillés expose les plantes à un niveau de menace faible tandis que le prélèvement de l'écorce soumet la plante à une menace élevée. Le fruit, la plante entière et la racine ont été évoqués chacun pour une espèce, soit 7,14% de l'ensemble des plantes étudiées. Le premier, de niveau de menace élevé concerne l'espèce *Xylopiya aethiopica* tandis que les deux autres, de niveau de menace très élevé se rapportent respectivement à *Euphorbia hirta* et *Mallotus oppositifolius*.

Modes de récolte

Les drogues employées sont majoritairement récoltées par cueillette (46,67%). L'écorçage est employé dans 20% des cas et vient après la cueillette. Les récolteurs ont recours au déracinement et à l'ébranchage dans la proportion individuelle de 13,33%. La cueillette, l'écorçage et l'ébranchage sont des techniques de prélèvement dont le niveau de menace est élevé. Le déracinement représente un niveau de menace plutôt très élevé. Le ramassage est quant à lui employé dans seulement 6,67% des cas et constitue une menace relativement faible.

Stades de développement

Les plantes ou leurs organes sont majoritairement prélevés lorsqu'ils atteignent le stade de maturité (71,43%), rarement au stade juvénile et au stade de sénescence représentant chacun 14,29% des cas. La prépondérance marquée des drogues végétales récoltées au stade de maturité expose la majorité des espèces employées à une menace de niveau élevé.

Rythme des récoltes

Le rythme des récoltes est plus accentué pour 4 espèces soit 28,57% de l'ensemble des espèces. Il est modéré pour 7 espèces soit 50%. Seulement les organes recherchés, issus de 3 espèces (21,43%) sont récoltés de manière occasionnelle (Tableau 6). Plus la fréquence de récolte du matériel végétal est accentuée, plus l'espèce concernée est menacée. Ainsi, pour ce paramètre uniquement, les espèces fréquemment récoltées (*Alchornea cordifolia*, *Hoslundia opposita*, *Psidium guajava* et *Tectona grandis*), seraient très menacées.

Tableau 6 : Modalités de récoltes, usages et particularités écologiques des plantes employées dans le département de Gagnoa et leurs niveaux de menaces

N°	Espèces	Drogues utilisées	Modes de récolte	Stade de développement	Rythme des récoltes	Quantités récoltées	Itinéraires d'usage	Fréquence d'utilisation	Biotope des plantes	Indice de raréfaction			
1	<i>Alchornea cordifolia</i>	Feuille	1 Cue	2 Mature	2 Régulier	3 Grande	3 UPF, TP, AM	1; 2; 3	76,9	3 Rud.	1	10,87	1
2	<i>Anogeissus leiocarpa</i>	Écorce	2 Écg	2 Mature	2 Rare	1 Faible	2 AM	3	43,6	2 For. sec.	3	32,61	1
3	<i>Clerodendrum splendens</i>	Feuille	1 Cue	2 Mature	2 Modéré	2 Faible	2 UPF, TP	1; 2	61,5	3 Jac.	2	30,43	1
4	<i>Clerodendrum volubile</i>	Feuille	1 Cue	2 Jeune	3 Modéré	2 Très faible	1 UPF, TP	1; 2	53,8	2 Rud.	1	30,43	1
5	<i>Euphorbia hirta</i>	Plante entière	3 Dér	3 Vieux	1 Modéré	2 Grande	3 UPF, TP, AM	1; 2; 3	56,4	2 Rud.	1	15,22	1
6	<i>Harungana madagascariensis</i>	Rameau feuillé	1 Ébr	2 Mature	2 Modéré	2 Faible	2 UPF, TP	1; 2	43,6	2 Rud.	1	34,78	1
7	<i>Hoslundia opposita</i>	Feuille	1 Cue	2 Mature	2 Régulier	3 Grande	3 UPF, TP, AM	1; 2; 3	48,7	2 Rud.	1	17,39	1
8	<i>Mallotus oppositifolius</i>	Racine	3 Dér	3 Jeune	3 Rare	1 Très faible	1 TP	2	33,3	2 Rud.	1	19,57	1
9	<i>Napoleonea vogelii</i>	Rameau feuillé	1 Ébr	2 Mature	2 Modéré	2 Très faible	1 UPF	1	38,5	2 For. sec.	3	36,96	1
10	<i>Nauclea latifolia</i>	Écorce	2 Écg	2 Mature	2 Rare	1 Faible	2 AM	3	53,8	2 For. sec.	3	45,65	1
11	<i>Psidium guajava</i>	Feuille	1 Cue	2 Mature	2 Régulier	3 Grande	3 UPF, AM	1; 3	94,9	3 Plan.	1	63,04	1
12	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	Écorce	2 Écg	2 Mature	2 Modéré	2 Très faible	1 UPF	1	48,7	2 Plan.; For. sec.	1; 3	67,39	1
13	<i>Tectona grandis</i>	Feuille	1 Cue	2 Mature	2 Régulier	3 Faible	2 UPF, AM	1; 3	51,3	2 Plan.	1	78,26	1
14	<i>Xylopiya aethiopica</i>	Fruit	2 Cue; 1 Ram	1 Vieux	1 Modéré	2 Grande	3 UPF, TP, AM	1; 2; 3	64,1	3 Plan.; For. sec.	1; 3	32,61	1

Légende : Modes de récoltes : Cue : Cueillette ; Écg : Écorçage ; Dér : Déracinement ; Ébr : Ébranchage ; Ram : Ramassage.

Itinéraires d'usage : UPF : Usage personnel ou familiale ; TP : Traitement de patients ; AM : Approvisionnement des marchés

Biotope des plantes : For. sec. : Forêt secondaire ; Jac. : Jachère ; Plan. : Plantation ; Rud : Espèce rudérale

Quantités récoltées

L'importante quantité de drogues médicinales récoltées, émanant des espèces telles que *Alchornea cordifolia*, *Euphorbia hirta*, *Hoslundia opposita*, *Psidium guajava* et *Xylopiya aethiopica* voue ces dernières à un réel danger. Dans une moindre mesure, cinq autres espèces de l'arsenal médicinaux utilisé *Anogeissus leiocarpa*, *Clerodendrum splendens*, *Harungana madagascariensis*, *Nauclea latifolia* et *Tectona grandis* dont les organes sont récoltés en grande quantité sont aussi mises en péril. Par contre, les espèces *Clerodendrum volubile*, *Mallotus oppositifolius*, *Napoleonea vogelii* et *Ricinodendron heudelotii* subissent un niveau de menace relativement faible eu égard au fait que les drogues anti-diarrhéiques qu'elles fournissent sont récoltées en très faible quantité.

Itinéraires d'usage

Dans cette étude, les itinéraires d'usage des plantes médicinales considérées sont l'usage personnel ou familial (UPF), le traitement de patients

(TP) et l'approvisionnement des marchés (AM) (Tableau 6). Les deux derniers itinéraires d'usage impliquant une récolte abondante des organes de plantes menacent de ce fait la disponibilité des ressources végétales douées de propriétés thérapeutiques et représentent chacun 29,63% des destinations des plantes étudiées. L'usage personnel ou familial est prépondérant (40,74%) et il est moins préoccupant, car les organes récoltés sont moins abondants. Le nombre élevé d'itinéraires d'usage d'une espèce amplifie la menace qu'elle subit. Sur les 14 espèces, quatre (*Alchornea cordifolia*, *Euphorbia hirta*, *Hoslundia opposita* et *Xylopiya aethiopica*) sont destinées aux 3 itinéraires d'usage à la fois. Ces espèces sont les plus menacées au regard du présent paramètre.

Évaluation de la fréquence d'utilisation des espèces

Huit espèces (soit 57,14%) enregistrent des fréquences d'utilisation supérieures à 50%. Les informateurs s'accordent donc sur l'emploi de plus de la moitié des plantes étudiées dans la

constitution des remèdes antidiarrhéiques. Par ailleurs, chacune des espèces est citée par plus de 30% des interlocuteurs (Tableau 6). Aucune espèce ne subit donc un faible niveau de menace. Quatre espèces ont des fréquences d'utilisation supérieures à 60% ; leur niveau de menace est très élevé (*Psidium guajava*, *Alchornea cordifolia*, *Clerodendrum splendens* et *Xylopiya aethiopic*). Le niveau de menace est élevé pour 10 autres espèces. *Psidium guajava* et *Alchornea cordifolia* sont les espèces les plus citées par les informateurs avec respectivement 94,9% et 76,9% de fréquence d'utilisation.

Vulnérabilité des espèces étudiées

Les résultats obtenus montrent qu'aucune espèce n'est très vulnérable. Cependant, sept espèces, soit 50% de l'ensemble des espèces, sont moyennement vulnérables. L'autre moitié est jugée peu vulnérable (Figure 2). *Xylopiya aethiopic* (Iv = 2,22) est l'espèce la plus vulnérable de la flore antidiarrhéique employée dans le Département de Gagnoa. Parmi les facteurs de vulnérabilité, l'itinéraire d'usage est le paramètre qui impacte le plus les espèces sélectionnées. En effet, huit espèces (soit 57,14% des espèces utilisées) subissent une menace très élevée à cause de l'itinéraire d'usage (Figure 3).

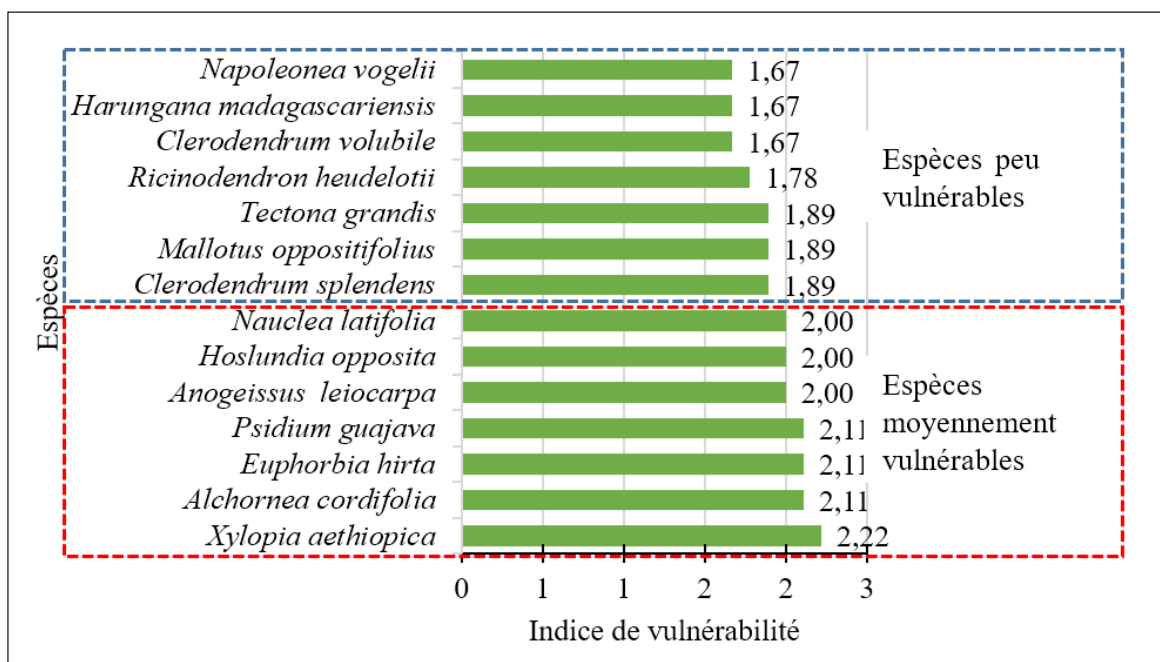


Figure 2 : Diagramme des indices de vulnérabilité des espèces

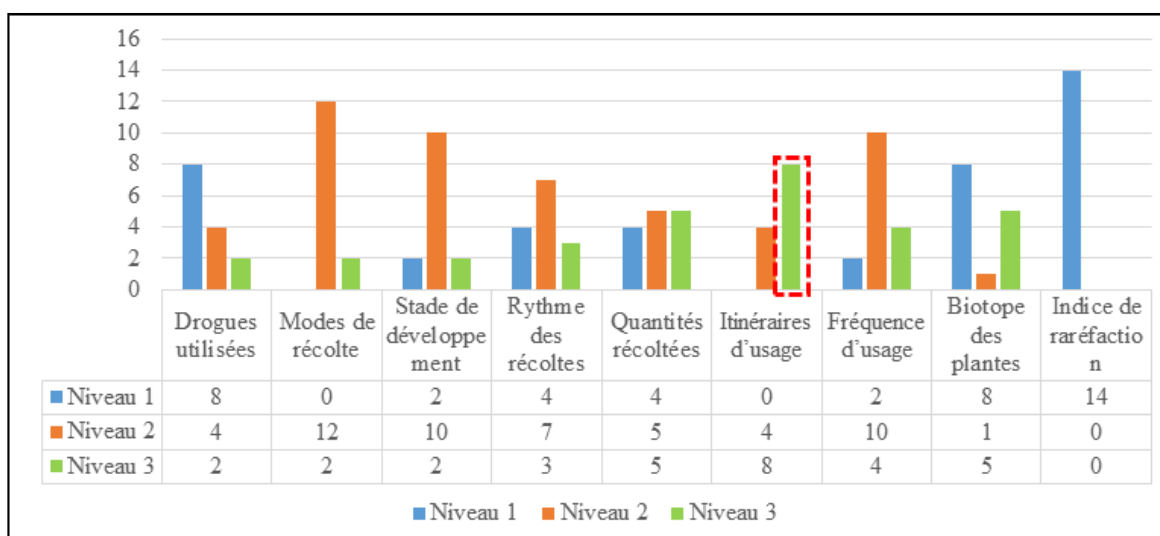


Figure 3 : Diagramme de répartition des effectifs des espèces suivant les niveaux de menaces des différents paramètres de vulnérabilité

Discussion

Profil socioculturel des informateurs

Cette enquête ethnobotanique menée auprès d'acteurs de la médecine traditionnelle a permis d'évaluer la vulnérabilité de certaines plantes médicinales. L'effectif des personnes interrogées est relativement faible. Cela est dû à notre choix délibéré de n'interviewer que des informateurs à la fois récolteurs et tradithérapeutes ou récolteurs et herboristes ou encore récolteurs uniquement. Cette composition mixte d'informateurs avait comme objectif de disposer d'un aperçu général des raisons qui motivent les pratiques et méthodes de récolte des organes utilisés comme drogues antidiarrhéiques. Si dans les travaux de Mehdioui et Kahouadji (2007), les femmes et les hommes se chargent équitablement de la collecte des plantes médicinales, dans cette étude seuls les hommes s'adonnent à la récolte des plantes. Jdaïdi et Hasnaoui (2016), quant à eux, nous révèlent à travers leurs investigations que les hommes se réservent la tâche de la collecte des plantes dans les zones réputées dangereuses. Ainsi, la résistance aux dangers et la capacité à fournir d'importants efforts physiques constitueraient les raisons qui disqualifient les femmes de la liste des récolteurs rencontrés. Les informateurs, majoritairement d'âge mûr, vivent pour la plupart en couple. Ceci met en exergue le sens de responsabilité de ces derniers et pourrait contribuer à crédibiliser les informations véhiculées. Cependant, le faible taux de scolarisation des informateurs corrobore l'idée selon laquelle les métiers relatifs à la médecine traditionnelle n'exigent pas nécessairement la scolarisation des acteurs (Guinnin, 2015).

Flore médicinale antidiarrhéique

L'analyse floristique des espèces étudiées révèle que les Euphorbiaceae et les Lamiaceae sont les familles les plus représentées. La famille des Euphorbiaceae a été également classée au premier rang en termes d'abondance d'espèces par Sidio *et al.* (2020) dans leur inventaire de plantes antiarrhéiques vendues dans les marchés de la Commune d'Abobo, au nord d'Abidjan. Cette famille regorgerait alors des principes actifs susceptibles d'éliminer les germes à l'origine des diarrhées. La codominance observée des Lamiaceae peut être due au fait que ces espèces sont réputées pour contenir des substances actives à fort potentiel antibactérien (Hilan *et*

al., 2006). Les espèces étudiées sont dominées par des arbustes, suivis par des arbres. Le même constat a été fait par Ambé *et al.* (2015) au sujet des plantes vendues sur les marchés de la ville d'Abidjan. Les plantes ligneuses sont de ce fait des ressources privilégiées dans la thérapie antidiarrhéique dans différentes localités de la Côte d'Ivoire. La répartition des espèces suivant leurs types biologiques a permis de réaliser que les Phanérophytes sont les mieux représentés. Pour Deleke Koko *et al.* (2009), la localisation des sites investigués en zone tropicale explique aisément la prépondérance de ce type biologique parmi les espèces étudiées. Seulement 28,57% des espèces sont cultivées. Toutes les autres sont des plantes spontanées. Leur récolte constitue une menace de raréfaction non négligeable.

Plusieurs parmi les espèces étudiées ont été citées dans d'autres travaux pour leur potentiel antidiarrhéique. *Psidium guajava* et *Euphorbia hirta* ont été recensées par Munyaneza *et al.* (2006) et par Ambé *et al.* (2015). Ces derniers ont aussi mentionné *Alchornea cordifolia*, *Nauclea latifolia*, *Ricinodendron heudelotii*, *Tectona grandis*, *Xylopiya aethiopica* lors de leurs enquêtes. En plus de l'ensemble des espèces ci-dessus nommées, Sidio *et al.* (2020) ont également recensé *Anogeissus leiocarpa*. Ceci montre que ces espèces sont réputées pour leur implication dans la constitution des recettes traditionnelles destinées à lutter contre la diarrhée et qu'elles sont potentiellement efficaces.

Vulnérabilité de la flore médicinale antidiarrhéique

Les enquêtes ethnobotaniques constituant un moyen fiable pour une estimation rapide de l'état de vulnérabilité des plantes dans une localité (Traoré *et al.*, 2011), cette investigation met en lumière les risques de raréfaction des plantes antidiarrhéiques employées dans le Département de Gagnoa. Ceci par l'analyse individuelle et combinée de différents paramètres se rapportant à l'écologie, aux pratiques de récolte et à l'utilisation de ces plantes.

Les paramètres écologiques traitent objectivement la question de disponibilité des espèces. Dans cette étude, ce sont le biotope et l'abondance des espèces qui ont été considérés. Les espèces répertoriées sont majoritairement des espèces spontanées. Elles se répartissent en espèces rudérales (prépondérantes),

espèces des forêts secondaires et des jachères. Elles n'ont pas besoin d'entretien particulier. Les espèces rudérales, ont une grande capacité d'adaptation aux milieux fortement anthropisés. Cependant, l'action de défrichage des forêts et des jachères constitue une menace pour la survie des plantes qui y poussent (Kouamé *et al.*, 2008). Toutes les plantes constituant l'arsenal thérapeutique sont estimées fréquentes dans l'ensemble des biotopes échantillonnées au regard de leurs indices de raréfaction. Leur disponibilité suppose un grand potentiel seminal de celles-ci. Ces plantes majoritairement composés d'espèces spontanées et ligneuses sont plus concentrées dans les placettes disposées en forêts confirmant l'assertion de Kouamé *et al.* (2008) selon laquelle les espèces utilisées les plus connues de la flore spontanée du Département de Gagnoa sont surtout présentes dans les forêts. Selon Tiébré *et al.* (2016), les formations forestières contribuent à la conservation des ressources végétales. En somme, l'analyse des paramètres écologiques suggère une nette disponibilité des plantes antidiarrhéiques employées dans le Département de Gagnoa.

Les actions anthropiques liées aux modes de récoltes et d'usage contribuent à la vulnérabilité des plantes médicinales. Pour traiter les maladies diarrhéiques, les informateurs recherchent des organes de plantes ou parfois la plante entière. Les feuilles viennent première position devant les autres parties de plantes récoltées. À priori, la récolte des feuilles ne constitue pas une menace alarmante pour la disponibilité des plantes. Ce sont d'autres paramètres associés tels que le mode de prélèvement, le rythme des récoltes et les quantités récoltées qui rendent la récolte des feuilles et des rameaux feuillés problématique. Les impacts du prélèvement varient selon l'organe récolté (Cunningham, 2001). Les écorces par exemple, viennent en deuxième position et l'écorçage a un impact d'emblée négatif sur la résistance des plantes, car il perturbe le transport de la sève élaborée. Les fruits, la plante entière et les racines sont certes très peu sollicités, mais leur prélèvement soumet les plantes à une menace importante. La récolte des fruits de *Xylopiya aethiopica* par exemple empêche l'augmentation naturelle du nombre de pieds de l'espèce. La récolte de la plante entière et de la racine (niveau de menace très élevé) expose les plantes à des risques de disparition dans le milieu investigué. Ainsi les espèces *Euphorbia hirta* et *Mallotus oppositifolius*, concernées par ce type de récolte pourraient être menacées de raréfaction si des mesures d'usage rationnel ne sont pas adoptées. Selon Agbo *et al.* (2017), la récolte de l'écorce des

tiges et des racines entraîne un ralentissement de la croissance des ligneux et finit par les tuer. Quant aux modes de récolte, à l'instar du ramassage, la menace relativement faible ne représente que 6,67% des techniques de prélèvement. Le déracinement, de niveau de menace très élevé, associé à la cueillette, à l'écorçage et l'ébranchage dont le niveau de menace est élevé sont les modes de récolte prépondérants et représentent 93,33% des techniques de prélèvement employés pour disposer du matériel végétal. Ils font ainsi peser de lourdes menaces de raréfaction sur les plantes recherchées. Selon Traoré *et al.* (2011), il est établi que *Detarium microcarpum* est une espèce vulnérable dans plusieurs régions en Afrique de l'Ouest, du fait de l'abattage systématique et de l'écorçage qu'elle subit. Il pourrait en être ainsi dans le Département de Gagnoa si les espèces écorcées telles que *Anogeissus leiocarpa*, *Nauclea latifolia* et *Ricinodendron heudelotii* et l'espèce déracinée *Mallotus oppositifolius* continuent de l'être.

En ce qui concerne le stade de développement des organes récoltés, cette étude a révélé que les drogues végétales sont préférentiellement prélevées lorsqu'elles atteignent le stade de maturité. Toute récolte d'organe à ce stade de développement expose la plante à une menace de niveau élevé.

Le rythme accentué des récoltes vient amplifier ces conséquences déjà préoccupantes. Ainsi, les espèces dont les organes sont fréquemment collectés courent des risques évidents de raréfaction dans l'environnement immédiat des collecteurs de ces plantes. Pour ce qui est de la quantité de matériel, les récoltes excessives d'organes conduisent à la longue, à une disparition de spécimens de végétaux. Traoré *et al.* (2011) affirment que la récurrence des prélèvements affaiblit les individus ligneux et les rend vulnérables aux intempéries (vent, feu, sécheresse) et aux attaques parasitaires. La régénération d'un fragment d'écorce s'effectue difficilement et une plante intensément écorcée perdra rapidement sa vigueur et succombera précocement à tout type d'attaque biotique ou abiotique (Agbo *et al.*, 2017)

Considérant le paramètre "itinéraires d'usage", il est à noter que le matériel végétal destiné au traitement des patients et à l'approvisionnement des marchés suppose une récolte abondante. Pourtant, l'exploitation intensive des plantes peut devenir néfaste si elle dépasse le seuil tolérable de renouvellement et de régénération des ressources utilisées (Mehdioui et Kahouadji, 2007).

Tenant compte de l'ensemble des paramètres, une moitié des espèces de plantes antidiarrhéiques est jugée moyennement vulnérable et l'autre moitié, peu vulnérable. *Xylopiya aethiopica* qui en est la plus vulnérable est tout de même régulièrement renouvelée par l'homme (Lawin *et al.*, 2016). Et selon l'UICN (2018), cette espèce requiert une préoccupation mineure à l'échelle mondiale. Toutefois, il est important que l'alerte soit prise

en considération au plan national, car les plantes sollicitées dans cette étude le sont également dans différents Départements de Côte d'Ivoire (Ambé *et al.*, 2015). Vu l'intérêt thérapeutique des espèces jugées moyennement vulnérables, elles devraient faire l'objet de précautions lors du prélèvement de leurs organes et pourraient bénéficier d'un programme de conservation par anticipation.

Conclusion

Les plantes douées de propriétés antidiarrhéiques sont diversement récoltées par les collecteurs d'organes végétaux. Les pratiques d'usage de ces espèces les exposent à des menaces de raréfaction. Il ressort de cette étude que sur les 14 espèces étudiées, sept (7) sont moyennement vulnérables (*Alchornea cordifolia*, *Anogeissus leiocarpa*, *Euphorbia hirta*, *Hoslundia opposita*, *Nauclea latifolia*, *Psidium guajava*, et *Xylopiya aethiopica*). *Xylopiya aethiopica* en est

la plus vulnérable et l'itinéraire d'usage constitue le paramètre qui impacte le plus d'espèces médicinales. Eu égard à l'utilité des espèces étudiées, elles mériteraient que les principes de bonnes pratiques en matière de récolte et d'utilisation des ressources végétales soient observés par tous les usagers des plantes médicinales en vue de la préservation de leur disponibilité. La promotion et la valorisation de la médecine traditionnelle en dépendent.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements aux informateurs dont la participation aux enquêtes ethnobotaniques a été indispensable à la réalisation du présent article. Ils remercient également les

autorités coutumières des Sous-préfectures de Bayota, Gagnoa et Guibéroua qui ont contribué à l'instauration d'un climat de confiance entre l'équipe de recherche et les informateurs.

Références bibliographiques

Agbo IR, Missihoun AA, Vihotogbe R, Assogbadjo EA, Ahanhanzo C, Agbangla C. 2017. Impacts des usages traditionnels sur la vulnérabilité de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (Caesalpiniaceae) dans le district phytogéographique Zou au Bénin (en Afrique de l'Ouest). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2) : 730-742.

Ambé A, Ouattara D, Tiébré MS, Vroh Bi TA, Zirihi GN, N'Guessan KÉ. 2015. Diversité des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel de la diarrhée sur les marchés d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(2) : 4081-4096.

Andriessse W, Fresco LO, Van Duivenbooden N, Windmeijer PN. 1994. Multi-scale characterization of inland valley agro-ecosystems in West Africa. *Netherlands Journal of Agricultural Science*,

42(2): 159-179.

Betti JL. 2001. Vulnérabilité des plantes utilisées comme antipaludiques dans l'arrondissement de Mintom au Sud de la réserve de biosphère du Dja (Cameroun). *Systematics and Geography of Plants*, 71(2):661-678.

Cunningham AB. 2001. Applied ethnobotany: people, wild plant use and conservation, People and plants. Conservation Manuel, Earthscan, 300p.

Deleke Koko IKE, Djego J, Hounzangbe-Adote MS, Sinsin B. 2009. Étude ethnobotanique des plantes galactogènes et emménagogues utilisées dans les terroirs riverains à la Zone Cynégétique de la Pendjari. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(6) : 1226-1237.

- Dro B, Soro D, Koné MW, Bakayoko A, Kamanzi K. 2013.** Évaluation de l'abondance de plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17(3) : 2631-2646.
- Gnahoua GM. 2004.** Contribution des légumineuses à la régénération des jachères : intérêts et limites des arbres fixateurs d'azote en zone forestière de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat d'ingénieur, Option agronomie, UFR STRM, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 143 p.
- Guinnin DF, Sacramento TI, Sezan A, Atebo JM. 2015.** Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel des hépatites virales B et C dans quelques départements du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(3) : 1354-1366.
- Hilan C, Sfeir R. 2006.** Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae. *Lebanese Science Journal*, 7(2) : 13-22.
- Jdaïdi N, Hasnaoui B. 2016.** Étude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales au Nord-Ouest de la Tunisie : cas de la communauté d'Ouled sedra. *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 3(1) : 281-291.
- Köppen-Geiger. 2011.** World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>, consulté le 4 septembre 2020.
- Kouamé NMT, Gnahoua GM, Kouassi KE, Traoré D, 2008.** Plantes alimentaires spontanées de la région du Fromager (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) : flore, habitats et organes consommés. *Sciences et Nature*, 5 (1) : 61-70.
- Lawin IF, Laleye OAF, Agbani OP. 2016.** Vulnérabilité et stratégies endogènes de conservation des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans les communes de Glazoué et Savè au Centre-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3) : 1069-1085.
- Lejoly J. 2001.** La banque de données sur les plantes médicinales africaines; l'exemple de Pharmel (communication), *In Réseau «Espèces ligneuses médicinales»*. Compte Rendu de la Première Réunion du Réseau, Eyog-Matig O, Adjanooun E, de Souza S, Sinsin B (eds), Institut International des Ressources Phytogénétiques, Cotonou, 91-95 pp.
- Mehdioui R, Kahouadji A. 2007.** Étude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène: cas de la Commune d'Imin'Tlit (Province d'Essaouira). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 29 : 11-20.
- Miabangana ES, 2020.** Structure, composition et diversité floristiques de la forêt de la Djoumouna (République du Congo). *European Scientific Journal*, 16 (12): 179 – 203.
- Munyanza E, Mugiraneza JP, Bigendako MJ. 2006.** Plantes utilisées au Rwanda pour le traitement des maladies diarrhéiques. *Revue médicale*, 65(1) : 7p.
- Oumorou M, Sinadouwirou T, Kiki M, Glélé R, Mensah GA, Sinsin B. 2010.** Disturbance and population structure of *Vitex doniana* Sw in northern Benin, West Africa. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(3) : 624-632.
- RGPH. 2014.** Résultats définitifs du Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Institut National de Statistique (INS), Côte d'Ivoire, 49 p.
- Sidio SR, Koman SR, N'guessan K. 2020.** Antidiarrheal plants sold by the herbalists of Abo-bo commune market in the north Abidjan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 45(1): 7853-7867.
- Sidio SR, N'Guessan K. 2019.** Étude ethnobotanique des plantes médicinales employées pour lutter contre les troubles gastroentérologiques chez les populations du Département de Gagnoa, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *European scientific journal*, 15(36) : 320 - 343.
- Tiébré MS, Ouattara D, Vroh BTA, Gnagbo A, N'Guessan KÉ, 2016.** Diversité floristique et disponibilité des plantes utilitaires en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 102 : 9699 – 9707.
- Traoré L, Ouédraogo I, Ouédraogo A, Thiombiano A. 2011.** Perceptions, usages, et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(1): 258- 278.
- UICN. 2018.** IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>, consulté le 06/11/2020.
- Vroh BTA, Ouattara D, Kpangui KB, 2014.** Disponibilité de espèces végétales spontanée à usage traditionnel dans l'Agbaou, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 76 : 6386– 6396.

Criblage phytochimique et activité antibactérienne *in vitro* des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) sur des souches de *Staphylococcus aureus* multirésistantes.

Phytochemical screening and *in vitro* antibacterial activity of *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) leaves on multiresistant strains of *Staphylococcus aureus*

Sanogo Y • Orsot BAMB • Soro D • Guessennd NK • Tra Bi HF

Received: 21 January 2020 / Accepted: 15 April 2021 / Published online: 1 March 2022
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) est l'une des plantes de la flore ivoirienne couramment utilisée pour traiter traditionnellement plusieurs pathologies telles que les infections bronchiques, les maux de dents, la dysenterie, les menstruations douloureuses, l'anémie, la gonorrhée, les plaies, les tumeurs et les ulcères. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation de cette plante afin d'amener les populations à une gestion durable et conservation de *Pterocarpus erinaceus*, qui subit une pression anthropique pouvant entraîner sa disparition. Il vise à évaluer l'activité antibactérienne des extraits aqueux et méthanolique des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* sur la croissance "*in vitro*" des souches de *Staphylococcus aureus* résistantes à la méthicilline. Les méthodes de diffusion en milieu gélosé (solide) et de macro-dilution en milieu liquide ont été utilisées pour évaluer la sensibilité des souches bactériennes aux extraits et déterminer les paramètres antibactériens (CMI et CMB). Par ailleurs, une analyse qualitative par chromatographie sur couche mince (CCM), effectuée sur les différents extraits, a permis de détecter plusieurs groupes de composés. Les CMI obtenues, sont comprises entre $0,156 \pm 0,0$ et $0,625 \pm 0,0$ mg/ml. Quant aux CMB, elles varient de $0,156 \pm 0,0$ à $1,25 \pm 0,0$ mg/ml, révélant un pouvoir bactéricide des extraits testés. Ceux-ci renferment des saponosides, des sesquiterpènes, des polyphénols, des tanins et des flavonoïdes, dont les effets antibactériens sont connus. Ce travail justifie l'utilisation traditionnelle de *Pterocarpus erinaceus* dans le traitement de diverses infections bactériennes et plus particulièrement celles induites par *Staphylococcus aureus*.

Mots clés : Antibactérienne, *Pterocarpus erinaceus*, Flore ivoirienne, Analyse qualitative.

Abstract *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) is one of the plants of the Ivorian flora commonly used to traditionally treat several pathologies such as bronchial infections, toothaches, dysentery, painful menstruation, anaemia, gonorrhoea, wounds, tumors and ulcers. This work is in the framework of valorization of this plant for bringing populations to sustainable management and conservation of *Pterocarpus erinaceus*, which is under anthropogenic pressure that can lead to its disappearance. It aimed to evaluate the *in vitro* antibacterial activity of aqueous and methanolic extracts of the leaves of *Pterocarpus erinaceus* against methicillin-resistant strains of *Staphylococcus aureus*. The methods of diffusion in agar medium (solid) and macro-dilution in liquid medium were used to evaluate the sensitivity of the bacterial strains to the extracts and to determine the antibacterial parameters (MIC and CMB). In addition, a qualitative analysis by thin layer chromatography (TLC), was performed to detect several groups of chemical compounds. The MICs obtained were between 0.156 ± 0.0 and 0.625 ± 0.0 mg / ml. As for the CMBs, they ranged from 0.156 ± 0.0 to 1.25 ± 0.0 mg / ml, revealing the bactericidal power of the tested extracts. These extracts contained saponosides, sesquiterpenes, polyphenols, tannins and flavonoids, that antibacterial effects are known. This work justifies the traditional use of *Pterocarpus erinaceus* in the treatment of various bacterial infections and particularly those induced by *Staphylococcus aureus*.

Key words : Antibacterial, *Pterocarpus erinaceus*, Ivorian flora, Qualitative analysis.

Introduction

L'avènement de la médecine moderne et ses progrès dans le traitement des affections bactériennes ont conduit les populations à se détourner, quelque peu, de la médecine traditionnelle. En effet, l'apparition des antibiotiques a constitué une véritable consolation pour l'humanité puisqu'ils ont contribué à réduire considérablement la propagation de ces pathologies. Cependant, des résistances bactériennes vis-à-vis de ces molécules sont de plus en plus récurrentes (Ben *et al.*, 2007). C'est le cas de *Staphylococcus aureus* résistante à la méthicilline (SARM). En effet, cette bactérie à fort pouvoir adaptatif, a développé différents mécanismes de résistance aux anti-staphylocoques. Plus de 90% des souches produisent une pénicillinase. Ces souches, restées sensibles à l'oxacilline, connaissent aujourd'hui une résistance croisée entre les pénicillines M (méthicilline, oxacilline) et les autres β -lactamines par la production d'une protéine, la PLP2a, liant les pénicillines (PLP) et ayant une faible affinité pour ces composés. Le gène (*mecA*) codant la PLP2a, est porté par un élément chromosomique qui contient également d'autres gènes de résistance aux métaux lourds et à d'autres antibiotiques d'où le profil de multirésistance de *S. aureus* à la méthicilline. En Côte d'Ivoire, de nombreux cas de bactéries multirésistantes, ont été rapportés (Benbachir *et al.*, 2001 ; Akoua *et al.*, 2004 ; Guessennnd *et al.*, 2009). Ces résistances bactériennes dues à l'utilisation continue voire incontrôlée des antibiotiques, ont contribué à faire des pathologies liées aux microbes la première cause de mortalité au monde (Institut Pasteur, 2014). Les bactéries sont responsables de 70% de ces décès (Gangoue, 2007). Pour pallier cette situation qui vient s'ajouter aux coûts élevés des médicaments modernes, beaucoup d'espoirs

restent placés dans les secrets des plantes médicinales, et l'émergence d'une médecine alternative basée sur ces plantes est plus que jamais à l'ordre du jour. En effet, l'industrie pharmaceutique moderne elle-même s'appuie encore largement sur la diversité des métabolites secondaires végétaux pour trouver de nouvelles molécules aux propriétés biologiques inédites (Waridel, 2003). Cette source semble inépuisable puisque chaque espèce sur les 400.000 connues, peut contenir plusieurs milliers de constituants différents dont les divers usages ont pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des hommes (Nostro *et al.*, 2000 ; Tra Bi *et al.*, 2008). Dans ce cadre, certains chercheurs ont réalisé des tests antimicrobiens avec bons nombres de ces plantes (Tra Bi, 2008 ; Awa, 2020). Cependant, plusieurs d'entre elles sont menacées de disparition du fait de leur mauvaise gestion par l'homme. C'est le cas *Pterocarpus erinaceus*, une plante prometteuse car largement utilisée dans la médecine traditionnelle africaine contre plusieurs pathologies dont certaines sont d'origine bactérienne. Il s'agit, particulièrement, des diarrhées, des infections urinaires, des sinusites, des otites, des méningites causées par *Staphylococcus aureus* (Eholié *et al.*, 1999 ; OMS, 2003). Afin de contribuer à développer davantage le domaine de la pharmacopée ivoirienne, nous avons choisi d'évaluer l'activité antibactérienne des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) sur des souches de *Staphylococcus aureus* résistantes aux antibiotiques conventionnels et réaliser un criblage phytochimique. Cette valorisation pourrait amener les populations à comprendre l'urgence et la nécessité de conservation ainsi que de protection de cette plante médicinale.

Matériel et Méthodes

Préparation des extraits bruts

Les échantillons ont été récoltés en début de la saison sèche dans les savanes du nord de la Côte d'Ivoire, précisément dans le village de Katiaga situé dans le département de Korhogo, en novembre 2015. Ces récoltes ont été effectuées juste avant le coucher du soleil, moment où les plantes ont eu le temps de sécréter suffisamment de principes actifs pour lutter contre les stress de la journée. Ces

échantillons végétaux ont été séchés puis réduits en une poudre, qui a subi plusieurs extractions selon une méthode décrite par Zirihi *et al.* (2003), adaptée à cette étude. Pour ce faire, 25 g de poudre végétale ont été macérés dans 250 ml d'hexane pendant 24 H sous agitation magnétique en vue d'un dégraissage de la poudre végétale. Le résidu a été séché sur du papier buvard et pesé, puis introduit dans 250 ml de méthanol. Après 24 H de macération sous agitation,

le filtrat est évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40 °C pour éliminer l'alcool et séché sous la hotte pour obtenir l'extrait méthanolique. Quant à l'extrait aqueux, il a été obtenu par macération de 50 g de poudre végétale dans 500 ml d'eau distillée pendant 24 H. La lyophilisation du filtrat a abouti à l'extrait aqueux. Ces deux extraits (méthanolique et aqueux) ont été conservés au congélateur.

Souches bactériennes

Le matériel bactérien provient de la banque de souches bactériennes du Département de Bactériologie et Virologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire et des CHU (Centres Hospitaliers Universitaires) de Cocody et de Yopougon (Communes d'Abidjan). Il est composé de huit isolats de *Staphylococcus aureus* dont une souche de référence (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923) permettant le contrôle de qualité, cinq souches de phénotype résistant et deux souches de phénotype sauvage ou sensible (Tableau 1).

Tableau 1 : Souches bactériennes de *Staphylococcus aureus* testées.

Code des souches de <i>Staphylococcus aureus</i>	Produit biologique	Phénotypes de résistance
1064	Pus	Méti. R, Kana.R
1000	Carie dentaire	Méti. R, Kana.R
1014	Pus	Sauvage
475	Urine	Méti. R, FQR
564	Pus	Méti. R, Kana.R
408	Urine	Méti. R, FQR
466	Sang	Sauvage
ATCC 25923	Souche de référence	

Méti. R : Résistance à la pénicilline ; Kana. R : Résistance à la kanamycine ; FQR : Résistance croisée aux fluoroquinolones ; ATCC : American Type Culture Collection.

Réalisation des tests antibactériens

Préparation de l'inoculum pour les tests en milieu solide

Des souches jeunes de 24 H ont été émulsionnées dans 2 ml de suspension NaCl 85% et la densité optique est ajustée à 0,5 MaC Farland à l'aide d'un densimat. Un volume de 1 ml a été délayé dans 10 ml d'eau physiologique (NaCl 0,9%), constituant ainsi l'inoculum bactérien estimé à 10⁶ bactéries/ml.

Tests de sensibilité des germes aux extraits

Avant d'évaluer toute activité, les extraits ont subi un test de stérilité visant à vérifier la contamination ou non des extraits par un germe.

L'antibiogramme par diffusion en milieu gélosé dans des cupules (puits) et la méthode de macro-dilution en milieu liquide ont été utilisés pour réaliser les tests (Dosso et Faye-Kette, 2000 ; Koné *et al.*, 2004). Des boîtes de Pétri contenant de la gélose Muller-Hinton (GMH) ont été ensemencées par écouvillonnage avec l'inoculum bactérien. Dans des cupules creusées dans la gélose, ont été versés 50 µl de solution d'extraits préparés à 50 mg/ml. L'ensemble a été incubé à 37 °C pendant 24 H. Après ce délai, le diamètre d'inhibition autour de chaque cupule a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (Figure 1). L'appréciation de l'efficacité des extraits a été faite selon le critère de Poncé *et al.* (2003). Ainsi, une substance est dite inefficace si le diamètre d'inhibition (DI) est inférieur à 8 mm alors qu'elle est dite efficace si le DI est compris entre 9 et 14 mm. Elle est jugée très efficace lorsque le DI est compris entre 15 et 19 mm puis extrêmement efficace s'il est supérieur à 20 mm.

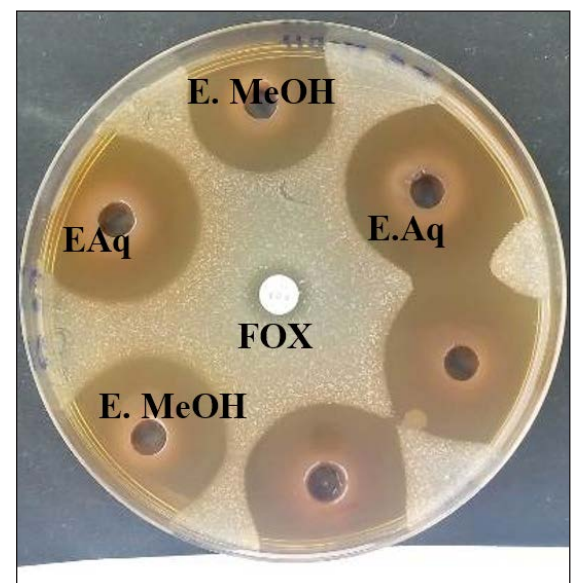


Figure 1 : Activité antibactérienne des extraits aqueux (E.Aq) et méthanolique (E. MeOH) des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* à 50 mg/ml et d'antibiotique (FOX : cefoxitine) sur la culture de *Staphylococcus aureus* 1046.

Préparation de l'inoculum pour les tests en milieu liquide

Des colonies jeunes de 24 H ont été prélevées et émulsionnées dans un tube à essai contenant 10 ml de bouillon de Muller-Hinton stérile. Le mélange a été incubé à 37 °C pendant 3 H. Après cette incubation, une suspension de 0,3 ml de cette préculture a été diluée dans 10 ml de bouillon de Muller-Hinton stérile puis homogénéisée.

Préparation de la gamme de concentration

La gamme de concentration a été obtenue par la méthode de la double dilution. Pour ce faire, une solution de concentration de 50 mg/ml des extraits a été préparée dans de l'eau distillée stérile. Une série de dilutions de raison 2, a été effectuée à partir de cette solution afin d'obtenir une gamme de concentrations allant de 50 à 0,19 mg/ml.

Détermination des paramètres antibactériens

La détermination des paramètres antibactériens a été réalisée par la dilution en milieu liquide selon la méthode utilisée par Kouadio *et al.* (2015). Ainsi, dans 10 tubes à hémolyse expérimentaux, 0,2 ml de chaque concentration d'extrait, a été mis en contact avec 1,8 ml d'*inoculum* bactérien. Le tube témoin de croissance a reçu 0,2 ml d'eau distillée stérile en plus de l'*inoculum* alors que le témoin de stérilité n'a reçu que 2 ml du bouillon de Muller-Hinton stérile. Cette répartition a permis d'obtenir une nouvelle gamme de concentrations allant de 5 à 0,019 mg/ml, soit une dilution au 10^{ème}. Les tubes ont été incubés pendant 24 H à 37 °C. Après ce temps d'incubation, la plus faible concentration pour laquelle aucune croissance bactérienne n'a été observée à l'œil nu correspond à la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI). Quant à la Concentration Minimale Bactéricide (CMB), elle permet d'obtenir, après 24 H d'incubation à 37 °C, 0,01% de bactéries viables. Sa détermination a commencé par la numération. Celle-ci a consisté à diluer l'*inoculum* de départ de 10⁻¹ à 10⁻⁴ et à ensemercer ces différentes dilutions à l'aide d'une anse calibrée de 2 µl en stries de 5 cm de long, sur une GMH puis incubé pendant 24 H. Ces boîtes de Pétri ont été nommées A. Après la lecture des CMI, le contenu des tubes dans lesquels il n'y a pas eu de croissance visible a servi à ensemercer la GMH sur des stries de 5 cm. Cette série de boîtes de Pétri est nommée B. La CMB a été déterminée en comparant la croissance bactérienne des boîtes A et B. Ainsi, la plus petite concentration du tube qui a moins de 0,01% de bactéries viables par rapport à l'*inoculum* initial est la CMB.

Le rapport CMB/CMI a permis de préciser la modalité d'action des extraits (Fauchere, 2002). Selon Kamanzi (2002), un extrait est bactéricide quand sa CMB est égale à sa CMI ou si le rapport CMB/CMI est inférieur ou égal à 4. Il est dit bactériostatique quand le rapport CMB/CMI est plus élevé que 4. Lorsque ce rapport est égal à 32, la souche est dite tolérante.

Criblage phytochimique

La caractérisation des différents composés chimiques dans les extraits s'est faite par chromatographie sur couche mince (CCM) selon la méthode utilisée par Kouadio *et al.* (2015). Cette méthode permet la mise en évidence de plusieurs groupes de métabolites secondaires par des colorations spécifiques, soit dans le visible ou à une longueur d'onde donnée (N'gaman *et al.*, 2009). Une masse de 10 mg d'extraits a été dissoute dans 1 ml de méthanol absolu pour obtenir une solution à 10 mg/ml. Dix microlitres (10 µl), soit 100 µg de cette solution ont été déposés en spot sur une plaque de Silicagel 60F₂₅₄ (phase stationnaire) à l'aide de tube microcapillaire. Les chromatogrammes ont été développés dans des cuves préalablement saturées d'éluant ou phase mobile CHCl₃-MeOH-H₂O (65 : 35 : 5 v/v/v), puis séchées. Ces plaques ont été observées avant et après révélation soit dans le visible ou sous une lampe UV à 254 et 366 nm. Les rapports frontaux (Rf) des différentes taches observées sont calculés selon la formule suivante :

$$Rf = \frac{\text{Distance parcourue par le composé}}{\text{Distance parcourue par le solvant composé}}$$

Mise en évidence des terpénoïdes et saponosides

Ces composés sont mis en évidence avec le réactif de Godin. Après pulvérisation de la plaque au réactif de Godin suivi du chauffage à 100 °C pendant 10 min, on note l'apparition des diverses colorations. Dans le visible, l'observation des taches violettes et rouges indique la présence des monoterpènes et les saponines en bleue (Lhuillier, 2007).

Mise en évidence des Alcaloïdes

Après pulvérisation au réactif de Dragendorff et chauffage du chromatogramme à 100 °C pendant 10 min, les alcaloïdes apparaissent sous forme de taches orangées dans le visible.

Mise en évidence des Polyphénols

Après pulvérisation du chromatogramme par le réactif de Folin-Ciocalteu 10%, puis chauffage à 100 °C pendant 10 min, les taches bleues observées dans le visible attestent la présence des polyphénols (Mallikharjuna *et al.*, 2007).

Mise en évidence des Flavonoïdes et lactones sesquiterpéniques

Après pulvérisation du chromatogramme avec du chlorure d'aluminium (AlCl_3) à 5% (m/v) et chauffage, la présence de flavonoïdes est indiquée par les taches jaunes observables dans le visible ou sous UV à 366 nm (Lhuillier, 2007). Quant aux lactones sesquiterpéniques, elles sont indiquées par des fluorescences de diverses couleurs à 366 nm (Lhuillier, 2007).

Mise en évidence des Coumarines

L'acétate de plomb basique $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ à 5% (m/v) a été utilisé pour la pulvérisation du chromatogramme. Les spots de fluorescences vertes et bleues sous UV à 366 nm indiquent la présence des coumarines.

Mise en évidence des Tanins

L'apparition de taches de diverses couleurs (bleues, vertes, noires), observables dans le visible, après pulvérisation du chromatogramme par une solution de FeCl_3 à 10%, montre la présence de tanins.

Mise en évidence des Anthraquinones et anthrones

Une solution éthanolique de KOH 5% a été giclée sur le chromatogramme. Les taches rouges observables dans le visible et à 366 nm, confirme la présence des anthraquinones. Par contre, les anthrones sont visibles à 366 nm sous forme de taches jaunes (Dohou *et al.*, 2003).

Analyses statistiques

L'analyse des variances (ANOVA à une voie) suivie du test de Tukey, ont été utilisés, afin de comparer d'une part, les variations des CMI entre elles ainsi que les CMB entre elles, et d'autre part, vérifier si l'activité des extraits des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* a été statistiquement influencée par les phénotypes des bactéries. Les résultats obtenus, ont été exprimés sous forme de moyennes \pm Ecart-type. Les valeurs de probabilité $P < 0,05$ ont été considérées statistiquement significatives. Le logiciel R (R CORE TEAM, 2013) a été utilisé pour la réalisation de ces tests statistiques.

Résultats

Activité antibactérienne

Les extraits des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* ont été actifs sur toutes les souches étudiées avec des diamètres d'inhibition compris entre $20,6 \pm 0,0$ et $25,4 \pm 1,0$ mm pour les extraits méthanoliques et entre $15,9 \pm 0,0$ et $24,3 \pm 0,3$ mm pour les extraits

aqueux (Tableau 2). Les plus grands diamètres de zone d'inhibition sont observés sur *Staphylococcus aureus* 1046 avec $24,3 \pm 0,7$ mm pour l'extrait aqueux et $25,4 \pm 1,0$ mm pour l'extrait alcoolique. Cette souche est de phénotype résistant à la Méthicilline et à la Kanamycine.

Tableau 2 : Diamètres des zones d'inhibition des extraits des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* et de l'antibiotique sur les souches hospitalières et la souche de référence de *Staphylococcus aureus*.

		Souches des <i>Staphylococcus aureus</i>							
		1046	1000	1014	475	564	408	466	ATCC 25923
DI (mm)	Extrait aqueux	24,3 \pm 0,7	19,2 \pm 1,8	19,2 \pm 1,8	20,6 \pm 0,1	19,2 \pm 1,8	18,6 \pm 1,0	15,9 \pm 0,0	21,4 \pm 0,3
	Extrait Méthanolique	25,4 \pm 1,0	20,6 \pm 0,1	20,6 \pm 0,1	21,4 \pm 0,3	22,7 \pm 0,6	21,4 \pm 0,3	20,6 \pm 0,1	24,3 \pm 0,7
	FOX	12,7 \pm 1,8	11,5 \pm 0,1	11,3 \pm 1,0	12,3 \pm 0,1	10,4 \pm 0,1	11,0 \pm 0,1	10,4 \pm 0,1	14,1 \pm 0,6

DI : Diamètre d'inhibition ; FOX : cefoxitine.

Les extraits alcoolique et aqueux ont présenté des concentrations minimales inhibitrices (CMI) comprises entre 0,156 et 0,625 mg/ml. En ce qui concerne les concentrations minimales bactéricides (CMB), elles ont aussi varié de 0,16 à 1,25 mg/ml pour les extraits méthanoliques et

de 0,31 à 1,25 mg/ml pour les extraits aqueux (Tableau 3). À l'exception des souches de *S. aureus* 408 et 466, l'extrait méthanolique a montré un effet bactéricide sur les autres souches. Quant à l'extrait aqueux, son effet a été bactéricide sur 100% des souches bactériennes.

Tableau 3 : Valeurs moyennes (moyenne \pm SD de trois essais) des paramètres antibactériens des extraits des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* sur les souches de *Staphylococcus aureus*.

Bactéries	Extrait méthanolique (mg/ml)				Extrait aqueux (mg/ml)			
	CMI	CMB	CMB/CMI	Pouvoir	CMI	CMB	CMB/CMI	Pouvoir
<i>S. aureus</i> 1046	0,156	0,156	1	Bcide	0,312	0,312	1	Bcide
<i>S. aureus</i> 1000	0,156	0,312	2	Bcide	0,312	0,625	2	Bcide
<i>S. aureus</i> 1014	0,312	0,625	2	Bcide	0,312	0,625	2	Bcide
<i>S. aureus</i> 475	0,312	0,625	2	Bcide	0,312	0,625	2	Bcide
<i>S. aureus</i> 564	0,625	0,625	1	Bcide	0,312	0,625	2	Bcide
<i>S. aureus</i> 408	0,312	1,25	4	Btique	0,625	1,25	2	Bcide
<i>S. aureus</i> 466	0,312	1,25	4	Btique	0,625	1,25	2	Bcide
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	0,156	0,156	1	Bcide	0,156	0,312	2	Bcide

CMI : concentration minimale inhibitrice ; CMB : concentration minimale bactéricide ; Bcide : bactéricide ; Btique : bactériostatique.

L'analyse statistique a permis de comparer les valeurs moyennes \pm écart-types, obtenues pour les souches bactériennes de phénotype sauvage (*S. aureus* 1014, 466) ainsi que celles de souches bactériennes de phénotype résistant (*S. aureus*

1046, 1000, 475, 564, 408). L'analyse de la variance a montré que les différences observées au niveau des CMI ne sont pas significatives ($P > 0,05$) ; il en est de même pour les CMB (Tableaux 4 et 5).

Tableau 4 : Comparaison des valeurs moyennes (moyenne \pm SD de trois essais) de CMI et CMB de l'extrait méthanolique en fonction des phénotypes des souches bactériennes.

Paramètres antibactériens	Souches bactériennes sensibles	Souches bactériennes résistantes	P-valeur
CMI (mg/ml)	0,312 \pm 1,4	0,405 \pm 1,5	$P > 0,05$
CMB (mg/ml)	0,937 \pm 1,6	0,593 \pm 1,2	$P > 0,05$

CMI : concentration minimale inhibitrice ; CMB : concentration minimale bactéricide.

Tableau 5 : Comparaison des valeurs moyennes (moyenne \pm SD de trois essais) de CMI et CMB de l'extrait aqueux en fonction des phénotypes des souches bactériennes.

Paramètres antibactériens	Souches bactériennes sensibles	Souches bactériennes résistantes	P-valeur
CMI (mg/ml)	0,468 \pm 0,6	0,374 \pm 1,2	$P > 0,05$
CMB (mg/ml)	0,937 \pm 1,6	0,667 \pm 0,2	$P > 0,05$

CMI : concentration minimale inhibitrice ; CMB : concentration minimale bactéricide.

Criblage phytochimique

Les résultats de ces tests montrent la présence de sept groupes de composés phytochimiques dans les deux

extraits. Il s'agit des saponosides, des polyterpènes, des polyphénols, des tanins catéchiques et galliques, des anthocyanes et des flavonoïdes (Tableau 6).

Tableau 6 : Composés identifiés par CCM dans les extraits aqueux et méthanoliques des feuilles de *Pterocarpus erinaceus*.

Eluant : Chloroforme / méthanol / eau (65 : 35 : 5)										
Support : Silicagel 60 F ²⁵⁴										
Extraits	Avant révélation Godin	Après révélation							Composés chimiques possibles	
		Drogen-dorff	Folin-Ciocalteu	AlCl ₃	FeCl ₃	KOH				
Méthanolique	Rf	0,67	0,88		0,88	0,52	0,25	0,25	0,52	Saponosides, polyterpènes, polyphénols, tanins, anthraquinones, flavonoïdes.
	Couleur	Bleu	Violet	Orange	Bleu	Jaune	Noir	Jaune		
Aqueux	Rf	0,67	0,87	0,52	0,88	0,52	0,52	0,52		Saponosides, polyterpènes, polyphénols, tanins, anthraquinones, flavonoïdes.
	Couleur	Bleu	Violet	Orange	Bleu	Jaune	Noir	Jaune		

Rf : Rapport frontal

Discussion

L'activité antibactérienne des extraits de *Pterocarpus erinaceus* a été évaluée sur la croissance *in vitro* de huit souches bactériennes de *S. aureus*, dont, une souche de référence, cinq souches multirésistantes et deux souches sensibles. Les tests ont montré que les extraits méthanolique et aqueux sont actifs à des degrés divers sur les souches bactériennes. Cela est démontré par les différences notées au niveau des diamètres d'inhibition. Les plus grands diamètres d'inhibition ($25,4 \pm 1,0$ et $24,3 \pm 0,7$ mm) ont été obtenus respectivement avec l'extrait alcoolique et aqueux sur *S. aureus* 1046 à la concentration de 50 mg/ml. Cette bactérie de phénotype résistant à la méthicilline et à la kanamycine, a été prélevée chez un patient souffrant d'une infection urinaire. Cela pourrait donc justifier l'utilisation traditionnelle de *P. erinaceus* dans le traitement de cette affection (Touré, 2001). Ces résultats corroborent ceux de Soro *et al.* (2010), qui ont indiqué le potentiel antibactérien de cette plante sur des bactéries à Gram positif dont *S. aureus* Méthicillino-Résistant. Des diamètres d'inhibition aussi importants ont été obtenus sur toutes les autres souches bactériennes prélevées sur des patients souffrant de diarrhée, de sinusite, d'otite, de fièvre, de méningite chez un nourrisson. Cette plante pourrait être conseillée dans le traitement de ces pathologies causées par des bactéries (Touré, 2001). D'une manière générale, les résultats obtenus avec les deux types d'extraits sont presque similaires. Cela laisse à supposer que les composés actifs sont solubles dans les deux types de solvant.

Les paramètres antibactériens, à savoir CMI, CMB et le rapport CMB/CMI ont été déterminés avec les extraits de *P. erinaceus*. Les plus petites valeurs auxquelles, l'action inhibitrice des extraits s'exerce, sont de 0,156 mg/ml pour l'extrait méthanolique et 0,312 mg/ml pour l'extrait aqueux. Ces valeurs sont obtenues sur *S. aureus* 1046, 1000, 1014, 475 et 564. On peut, donc, dire que l'extrait aqueux a eu une action plus efficace contre ces souches. Il apparaît une similitude des résultats d'avec ceux de Soro *et al.* (2010), en ce qui concerne l'extrait alcoolique. En effet, ces auteurs ont montré que l'extrait méthanolique de *P. erinaceus* a un pouvoir bactéricide contre des bactéries multirésistantes parmi lesquels *S. aureus*, responsable d'infections opportunistes.

L'étude statistique a indiqué que les différences observées au niveau des CMI et des CMB des deux catégories de souches ne sont pas significatives pour les deux types d'extraits. Ceci suggère que l'activité des extraits, n'a pas été statistiquement influencée par les phénotypes des bactéries. En d'autres termes, les valeurs obtenues avec les deux types d'extraits sont, certes, différentes mais, produisent des effets similaires sur les bactéries.

Par ailleurs, les extraits de cette plante ont montré une activité bactéricide sur l'ensemble des souches bactériennes soumises à cette étude car les rapports CMB/CMI sont tous inférieurs ou égaux à 4 (Kamanzi, 2002).

Une plante recensée contre une affection microbienne est souvent prescrite dans le traitement de plusieurs autres pathologies courantes. Elle a donc des usages multiples, qui s'expliquent, par la présence de nombreux groupes de composés chimiques biologiquement actifs que les criblages chimiques révèlent dans ces organes (Tra Bi, 2008). En effet, les investigations phytochimiques ont permis de mettre en évidence sept grands groupes de composés chimiques dont les polyphénols, les flavonoïdes, les terpènes, les saponosides et les tanins. Ces phytoconstituants sont, certainement, à l'origine des effets pharmacologiques observées avec l'usage de cette plante, et par conséquent, déterminent son intérêt thérapeutique. Parmi ces composés, nombreux sont reconnus pour leurs effets antibactériens ; les flavonoïdes, présents dans cette espèce végétale, sont des métabolites secondaires qui possèdent un important pouvoir antibactérien. En effet, en raison de leur richesse en groupes phénoliques, ces composés flavonoïques sont capables de se fixer sur certaines protéines et enzymes modifiant ainsi les

équilibres enzymatiques (Ozawa *et al.*, 1987). Ces constituants sont certainement impliqués dans l'activité antibactérienne constatée. Les saponosides sont aussi reconnus pour leurs propriétés anti-inflammatoires, anti-œdémateuses, analgésiques et antibactériennes (Hoffman, 2003). Leur présence justifierait l'intervention de la plante dans le soulagement des pathologies telles que les ulcères, les céphalées, la gonococcie qui provoquent des douleurs atroces. Les tanins sont reconnus pour leurs propriétés antiseptique, bactéricide et astringente (Sepulveda *et al.*, 2011). Le traitement des boutons, des furoncles sur la peau par *P. erinaceus*, pourrait être dû aux tanins, aussi bien catéchiques que galliques.

P. erinaceus, à l'instar de plusieurs espèces végétales, est abusivement utilisée par les populations pour ses nombreuses vertus thérapeutiques mais aussi pour la qualité de son bois et ses feuilles utilisées comme nourriture pour le bétail en saison sèche (Akpalu, 1998). Pour toutes ces raisons, elle figure parmi les plantes cultivées et protégées en Côte d'Ivoire.

Conclusion

Les travaux menés ont permis de confirmer l'activité antibactérienne des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* sur des souches de *Staphylococcus aureus*, de phénotypes différents. La détermination des CMI et CMB a révélé un effet bactéricide des extraits de l'espèce végétale sur la totalité des souches bactériennes testées. Par ailleurs, les grands groupes de composés chimiques, probablement responsables de cette activité, ont

été mis en évidence et sont bien extraits par les deux solvants utilisés. Il est donc envisageable d'approfondir les études ethnopharmacologiques, confirmer les résultats obtenus *in vitro* par des tests *in vivo* et faire des tests de toxicité sur *P. erinaceus*. L'éventail de protection des espèces menacées devra être élargi afin de garantir la préservation et la sauvegarde de la biodiversité, véritable richesse de la flore ivoirienne.

Remerciements

L'expression de notre profonde gratitude va à l'endroit des Départements de Bactériologie et Virologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI)

et le Centre Suisse de Recherches Scientifiques de Côte d'Ivoire (CSRS), pour leur appui matériel et technique.

Références bibliographiques

- Akoua KC, Guessennnd N, Gbonon V, Faye-Ketté AYH, Dosso M. 2004.** Methicillin-resistant of *Staphylococcus aureus* in Abidjan (1998-2001): a new hospital problem. *Médecines et Maladies Infectieuses*, 34(3): 132-136.
- Akpalu BM. 1998.** A preliminary study of the nutritive value of *Pterocarpus erinaceus*, a leguminous browse plant. BSc. Botany degree thesis, Department of Botany, Faculty of Science, University of Cape Coast, Ghana, 34 p.
- Benbachir M, Benredjeb S, Boye CS, Dosso M, Belabbes H, Kamoun A, Kane O, Elmdaghri N. 2001.** Two-year surveillance of antibiotic resistance in *Streptococcus pneumoniae* in four African cities. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 45(2): 627-629.
- Ben FR, Bougerra CH, Sahnoun O, Loussaief CH, Kacem B, Mastouri M, Tabka-Stambouli R, Chakroun M, Bouzouaïa N. 2007.** Les bactéries multirésistantes isolées chez les malades hospitalisés dans un service de maladies infectieuses. *Revue Tunisienne Infectiologie*, 1(4): 12-15.
- Diomandé A. 2020.** Activités antimicrobienne, antioxydante et composition phytochimique de cinq espèces de plantes médicinales récoltées à Abidjan, dans le Sud forestier de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire, 238 p.
- Dohou N, Yamni K, Tahrouch S, Idrissi Hassani LM, Badoc A, Gmira N. 2003.** Screening phytochimique d'une endémie ibéro-marocaine *Thymelaea lithroïdes*. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 142(1-4): 61-78.
- Dosso M, Faye-Ketté H. 2000.** Contrôle de qualité de l'antibiogramme en pratique Courante : Expérience du laboratoire de bactériologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire. *Bactériologie, n° spécial*: 53 p.
- Fauchere IL, Avril JL. 2002.** Bactériologie générale et médicale. *Editions Ellipses*, Paris 1, 122 p.
- Gangoue PJ. 2007.** Caractérisation des Béta-lactamases et leur inhibition par les extraits de plantes médicinales. Thèse de Doctorat es sciences en Biochimie. Université Liège, Belgique, 104 p.
- Eholié S, Coulibaly M, Kra O, Adou B, Aoussi E, Bissagnéné E, Kadio A. 1999.** Diarrhées associées à une parasitose intestinale à Man (Côte d'Ivoire) : aspects épidémiologiques, cliniques, étiologiques et thérapeutiques. *Médecine d'Afrique Noire*, 46(1) : 27-31.
- Guessennnd N, Gbonon VC, Tiékoura KB, Kakou-N'douba A, Ouattara DN, Boni-Cissé C, Dosso M, le GER-BMR. 2009.** Evolution de la résistance bactérienne à l'imipénème en Côte d'Ivoire de 2005 à 2009. Colloque scientifique de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire : pathologies émergentes et biologie intégrative, 17 p.
- Hoffman D. 2003.** Medical Herbalism: The science and practice of herbal medicine. Inner Traditions bear and Company, Rochester, Vermont (USA), 83 p.
- Institut Pasteur, 2014.** Le défi des maladies infectieuses. <http://www.pasteur.fr/ip/easysite/pasteur/fr/presse/dossiers-de-presse/sante-en-voyage/le-defi-des-maladies-infectieuses>, dernière visite le 8 mars 2014.
- Kamanzi AK. 2002.** Plantes médicinales de Côte d'Ivoire: Investigations phytochimiques guidées par des essais biologiques. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Abidjan, 176 p.
- Koné WM, Kamanzi AK, Terreaux C, Hostettmann K, Traore D, Dosso M. 2004.** Traditional medicine in North Côte d'Ivoire : screening of 50 medicinal plants for antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 93: 43-49.
- Kouadio NJ, Guessennnd NK, Koné MW, Moussa B, Koffi YM, Guédé KB, Yao K, Bakayoko A, Tra Bi FH, Dosso M. 2015.** Évaluation de l'activité des feuilles de *Mallotus oppositifolius* (Geisel.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) sur des bactéries multirésistantes et criblage phytochimique. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, 9(3): 1252-1262.
- Lhuillier A. 2007.** Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches : *Agauria salicifolia* Hook. f ex Oliver, *Agauria polyphylla* Baker (Ericaceae), *Tambourissa trichophylla* Baker (Monimiaceae) et *Embelia concinna* Baker (Myrsinaceae). Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 214 p.
- Mallikharjuna PB, Rajanna LN, Seetharam YN, Sharanabasappa GK. 2007.** Phytochemical studies of *Strychnos potatorum* L. f. a medical plant. *Journal of Chemistry*, 4 (4): 510-223.
- N'gaman KCC, Békro YA, Mamyrbékova-Békro JA, Bénéié A, Gooré BS. 2009.** Sur la composition en métabolites secondaires et l'activité antioxydante d'extraits bruts de *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest: Analyse par Chromatographie en Couche Mince. *European Journal of Scientific Research*, 36(2): 161-171.

- Nostro A, Germano MP, D'Angelo V, Marino A, Cannatelli MA. 2000.** Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. *Lettre en Microbiologie Appliquée*, 30(5): 379-384.
- OMS. 2003.** VIH/SIDA: couverture de certains services de prévention et de soins dans les pays peu développés en 2001. OMS, Genève (Suisse); 48 p.
- Ozawa T, Lilley TH, Haslam E. 1987.** Polyphenol interactions: Astringency and the loss of astringency in ripening fruit, *Phytochemistry*, 26(11): 2937-2942.
- Ponce AG, Fritz R, Del Vallec, Rouras I. 2003.** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Food Science and Technology* 36(7): 679-684.
- R Core Team. 2013.** R: A Language and environment for statistical computing. R fondation for statistical computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org>, consulté le 08 Mai 2013.
- Sepulveda L, Ascacio A, Rodriguez-Herrera R, Aguilera-Carbo A, Aguilar CN. 2011.** Ellagic acid: Biological properties and biotechnological development for production Process. *African Journal of Biotechnology*, 10(22): 4518-4523.
- Soro D, Koné MW, Kamanzi K. 2010.** Évaluation des activités antimicrobiennes et anti-radicaux libres de quelques Taxons bioactifs de Côte d'Ivoire. *European Journal Research*, 40(2): 307-317.
- Touré Y. 2001.** Étude des potentialités agroforestières, de la multiplication et des usages de *Pterocarpus erinaceus* Poir. en zone soudanienne du Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, Ingénieur du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 89 p.
- Tra Bi FH. 2008.** Évaluation de l'activité antifongique de quinze (15) plantes de la flore de la Côte d'Ivoire. Thèse doctorat d'État, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 122 p.
- Waridel P. 2003.** Investigation phytochimique des plantes aquatiques *Potamogeton pectinatus* L., *P. lucens* L., *P. perfoliatus* L. et *P. crispus* L. (Potamogetonaceae). Université de Lausanne, Suisse, 219 p.
- Zirihi G, Kra A. 2003.** Évaluation de l'activité antifongique de *Microglossa pirifolia* (Lamarck) O. Kuntze (Asteraceae) « PYMI » sur la croissance *in vitro* de *Candida albicans*. *Revue de Médecines et Pharmacopées Africaines*, 17 : 11-19.
-

Impacts des activités anthropiques sur l'ichtyofaune de la rivière N'zè en zone tropicale forestière (Parc National de Taï, Côte d'Ivoire)

Impacts of anthropogenic activities on the ichthyofauna of N'zè river in a tropical forest area (Taï National Park, Côte d'Ivoire)

N'Guessan ASN • Berté S • Kamelan TM • Kouamelan EP

Received: 13 May 2020 / Accepted: 21 January 2021 / Published online: 1 March 2022
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé L'ichtyofaune de la rivière N'zè, affluent du fleuve Cavally face aux nombreuses menaces anthropiques qui pèsent sur ce bassin hydrographique a été évaluée. A cet effet, les poissons ont été capturés à l'aide d'une batterie de filets monofilaments lestés, ainsi que des nasses cylindriques. Trois stations ont été visitées sur ce cours d'eau lors de deux campagnes : la première en saison sèche et la seconde en saison des pluies. Un total de 29 espèces de poissons appartenant à 10 familles et réparties en sept ordres ont été échantillonnées sur l'ensemble des stations étudiées. Sur l'ensemble des captures, les ordres des Siluriformes (40%) et des Characiformes (39%) sont les plus abondants, suivis des Osteoglossiformes (11%) et des Cypriniformes (4%). Les autres ordres ne représentent que 6% des captures. Plus de 70% de l'ensemble des captures est constitué des Alestidae (39%) et des Schilbeidae (38%). Ils sont suivis des Mormyridae (10%) et des Cyprinidae (4%). Toutes les autres familles représentent à peine 9% des échantillons. La distribution des espèces se fait suivant le gradient amont-aval du N'zè. La richesse spécifique diminue sensiblement d'amont en aval. Les indices de diversité de Shannon (H'), d'équitabilité (E), ainsi que de Simpson (D), témoignent d'une perturbation du milieu d'étude. Le statut de conservation des poissons selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature indique que 26 espèces sont classées dans la catégorie *Préoccupation mineure*, deux espèces sont dans la catégorie *En danger* (*Micralestes eburneensis* et *Chromidotilapia cavalliensis*) et une espèce (*Raïamas senegalensis*) est *Non évaluée*.

Mots clés : Ichthyofaune, Diversité, Rivière N'zè, Parc National de Taï.

Abstract The ichthyofauna of the N'zè river, a tributary of the Cavally in the face of the many anthropogenic threats to this hydrographic basin, has been assessed. For this purpose, the fish were captured using a battery of weighted monofilament nets, as well as cylindrical traps. Three sampling sites were visited on this watercourse during two campaigns : the first in the dry season and the second in the rainy season. A total of 29 species of fish belonging to 10 families and seven orders were sampled at all the studied sites. Of all catches, the orders Siluriformes (40%) and Characiformes (39%) are the most abundant, followed by Osteoglossiformes (11%) and Cypriniformes (4%). The other orders represent only 6% of the catches. More than 70% of all catches are made up of Alestidae (39%) and Schilbeidae (38%). They are followed by Mormyridae (10%) and Cyprinidae (4%). All the other families represent 9% of the samples. The species are distributed along the upstream-downstream gradient of the N'zè. Specific richness decreases significantly from upstream to downstream. The Shannon (H') diversity, Equitability (E) and Simpson (D) indices show a slight disturbance in the studied environment. The conservation status of fish according to the International Union for Conservation of Nature indicates that 26 species are classified as *Least Concern*, two species are *Endangered* (*Micralestes eburneensis* and *Chromidotilapia cavalliensis*) and one species (*Raïamas senegalensis*) is *No evaluated*.

Key words : Ichthyofauna, Diversity, N'zè River, Taï National Park.

N'Guessan ASN • Berté S • Kamelan TM •
Kouamelan EP

Unité de Recherche en Hydrobiologie et d'Eco-Technologie des
eaux, Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la
Biodiversité, Unité de Formation et de Recherche en Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan-Côte d'Ivoire).

N'Guessan ASN (✉)

Unité de Recherche en Hydrobiologie et d'Eco-Technologie des
eaux, Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la
Biodiversité, Unité de Formation et de Recherche en Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan-Côte d'Ivoire).
nalainserge83@yahoo.fr

Introduction

En Côte d'Ivoire, la déforestation associée à l'agriculture est devenue préoccupante. Avec une déforestation annuelle variant entre 1,1 et 2,9 % du taux de couverture végétale, la Côte d'Ivoire est le deuxième pays africain affecté par ce fléau après le Madagascar (Archard *et al.*, 2002). Le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire renferme l'un des derniers vestiges du bloc originel des forêts denses Ouest africaines (Lauginie, 2007) et la majeure partie des dernières forêts primaires ivoiriennes. Le Parc National de Taï (PNT) constitue le garant de la conservation de ce patrimoine. Malheureusement, ces forêts sont menacées par l'agriculture. L'occupation du sol impacte la conservation des espèces et particulièrement celles de la ressource aquatique environnante (Lévêque et Paugy, 2006). Parmi les ressources aquatiques, le poisson est une entité très vulnérable aux pollutions produites par les intrants agricoles notamment les pesticides et les produits chimiques utilisés dans les mines et par l'orpaillage (Sanogo *et al.*, 2012). Ces activités anthropiques influencent considérablement la répartition des espèces de poissons (Koné *et al.*, 2003 ; N'Guessan, 2010). La zone périphérique

de cette réserve de Biosphère est devenue un important foyer d'occupation humaine avec de grandes plantations agro-industrielles et villageoises. De plus, le bassin du fleuve Cavally, situé dans la même zone géographique, est soumis à des activités minières élevées et aiguës dans son lit principal (Konan *et al.*, 2015). Le bassin hydrologique du fleuve Cavally appartient respectivement à la Guinée, la Côte d'Ivoire et le Liberia. La partie ivoirienne représente 15000 km² sur un total de 28800 km². Il couvre 80% de la superficie du PNT. Il est composé des rivières Moumo, Hana, Meno et N'Zè. La rivière N'Zè, tributaire du Cavally qui fait l'objet de la présente étude est un cours d'eau mal connu car n'ayant pas fait suffisamment l'objet de travaux de recherche hormis ceux de Kamelan (2014), qui ont concerné deux stations à l'intérieur du PNT. Ces dits travaux ont porté uniquement sur la faune ichthyologique. La présente étude vient donc évaluer l'impact des activités de l'homme sur le peuplement ichthyen de la rivière N'Zè dans sa zone anthropisée.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

La rivière N'Zè est longue de 56 km avec une superficie de bassin versant de 783 km² (OIPR, 2006). Trois stations ont été visitées sur cette rivière (Figure 1) lors de deux campagnes d'échantillonnages. La première a eu lieu de janvier à mars en saison sèche et la seconde campagne entre juillet et décembre 2020 en saison des pluies. La première station (NZ₁) se situe en zone strictement protégée dans le PNT au niveau

du point 7, donc potentiellement à l'abri des activités anthropiques. La seconde station (NZ₂) se situe en terrain urbanisé, à l'entrée nord de la ville de Taï, où l'on trouve de nombreuses plantations agricoles. La dernière station (NZ₃) se situe non loin du confluent de la rivière N'Zè et du fleuve Cavally. À cette station nous avons le débarcadère de la ville de Taï. L'on signale la pratique de l'orpaillage clandestin dans la zone située entre les deux dernières stations.

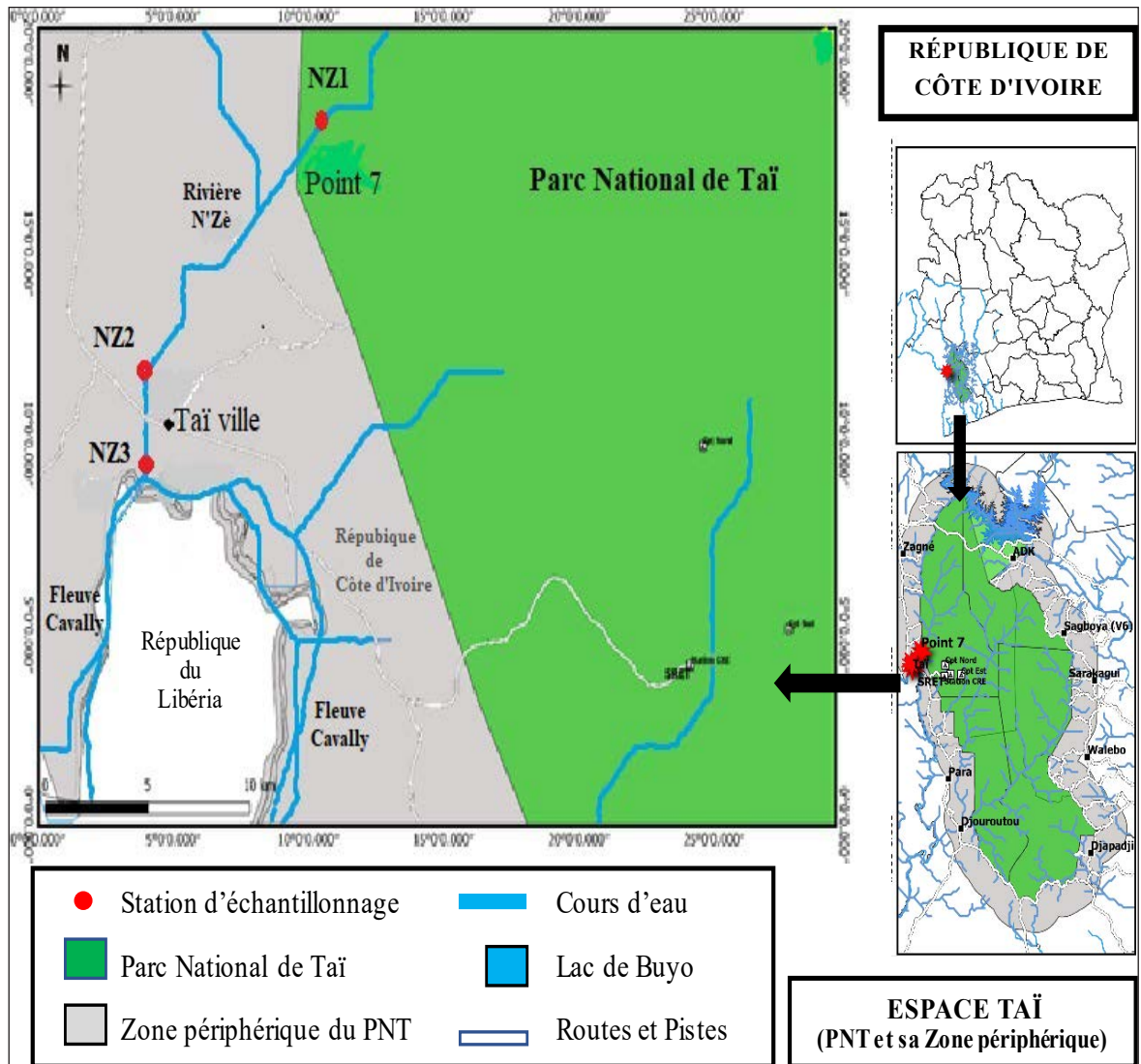


Figure 1 : Localisation géographique des différentes stations d'échantillonnage sur la rivière

Méthodes d'échantillonnage

Les poissons ont été capturés avec une batterie de 8 filets monofilaments lestés (de vide de mailles 10, 12, 14, 20, 25, 30, 35 et 40 mm). Chaque filet mesure 30 m de longueur pour une hauteur de chute de 1,5 m. Il est monté avec des flotteurs sur la ralingue supérieure et des plombs au niveau de la ralingue inférieure. Des nasses cylindriques appâtées ont également été utilisées pour la capture des poissons. Ces nasses présentent un diamètre de 40 cm, une longueur de 90,5 cm et un vide de maille 10 mm. Le diamètre de l'orifice d'entrée est de 16 cm. Les filets et les nasses ont été généralement posés l'après-midi à 17 h, visités le lendemain matin à 7 h et 12 h pour retirer les poissons capturés. Les poissons ont été identifiés à l'aide des clés d'identification de Paugy *et al.* (2003a, 2003b) et comptés par espèce. Les

noms scientifiques des poissons ont été actualisés via la base de données *Catalogue of life*. Le statut de conservation mondial des poissons a été mis à jour via la liste rouge de l'UICN (UICN, 2020).

Mesure des variables environnementales

Un multi-paramètre de type Lovibond Senso Direct 150 a servi à mesurer le pH, la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), le Taux de Solides Dissous (TDS) (mg/L), la température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$) et le taux d'oxygène (mg/L). Les variables de l'habitat notées sont : la largeur (m), la profondeur (m), la transparence (cm) et la vitesse du courant (m/s). Des mini-photomètres de type HANNA ont permis de quantifier la concentration des ions (Nitrite, Nitrate, Phosphate, Phosphore total et Chlore total) présents dans la rivière.

Traitement des données et analyses statistiques

Les analyses quantitatives ont été menées à partir des données des captures expérimentales. Ainsi, les indices suivants ont été utilisés pour caractériser la faune piscicole. La fréquence d'occurrence (F) reflète le nombre d'échantillons où une espèce est rencontrée par rapport au nombre total d'échantillons (Gbenyedji *et al.*, 2011). Il quantifie le degré d'ubiquité des différentes espèces et est calculé comme suit : $F = (Si / St) \times 100$, où Si est le nombre d'échantillons où l'espèce i a été observée et St est le nombre total d'échantillons. Ensuite, la classification suivante (Djakou et Thanon, 1988) a été utilisée pour la caractérisation des espèces en fonction de leur fréquence dans les échantillons :

- lorsque F est compris entre 80 et 100%, l'espèce est qualifiée de très fréquente (TF) ;
- 60 à 79% : espèces fréquentes (FS) ;
- 40 à 59% : espèces assez fréquentes (AF) ;
- 10 à 19% : espèces accidentelles (ACS) ;
- Moins de 10% : espèces très rares (TR).

L'ichtyofaune a été décrite à travers des indices de diversité et de structuration spatiale comme indiqué par les travaux de Djakou et Thanon (1988). La diversité de l'ichtyofaune a été étudiée à travers la richesse taxonomique, la fréquence d'occurrence et l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'). La structuration a été évaluée par l'abondance taxonomique, l'indice d'équitabilité (E) et l'indice de Simpson (D). L'indice de Shannon-Weaver (H') mesure la composition en espèce d'un peuplement en tenant compte de la richesse spécifique et de leur abondance relative. Il est donc déterminé par la relation suivante :

$$H' = -\sum P_i \log_2 P_i$$

avec H' = indice de diversité spécifique de Shannon ;

P_i = proportion des individus de l'espèce i dans l'ensemble des individus du peuplement ;

L'indice d'équitabilité est donné par la formule : $E = H' / \log_2 S$

avec H' = la diversité de Shannon ;

S = la richesse spécifique et

$\log_2 S$ = la diversité spécifique maximale.

L'indice D de Simpson est $D = \sum N_i (N_i - 1) / N (N - 1)$ ou $D = \sum P_i^2$.

Cet indice représente la probabilité que deux individus choisis au hasard à partir d'un échantillon appartiennent à la même espèce.

Ces différents indices ont été déterminés avec le logiciel Paleontological Statistic (PAST) version 2.15 (Hammer *et al.*, 2001).

L'analyse de redondance (RDA) est une méthode qui permet une interprétation des ordinations par une analyse simultanée des variables biotiques (29 espèces de poissons) et abiotiques (14 variables environnementales). Des séries de RDA ont été réalisées à partir d'une DCA (analyse des correspondances « détendancées ») dont la longueur du gradient en unité de déviation standard (SD) n'excède pas 4 SD. La sélection des variables environnementales qui expriment le mieux la distribution des poissons a été effectuée avec le test de permutation de Monte Carlo (permutation 499). L'analyse a été réalisée à partir des abondances relatives des espèces. Ces données ont subi une transformation logarithmique [$\log(x+1)$]. Le logiciel statistique utilisé est le CANOCO (Ordination Canonique des Communautés, version 4.5) (Ter Braak et Smilauer, 2002).

Résultats

Richesse spécifique et distribution des communautés de poissons

Un total de 29 espèces de poissons réparties en 10 familles et 7 ordres a été échantillonné sur l'ensemble des stations visitées (Tableau 1). Parmi ces espèces, trois (10%) sont des espèces à affinité marine et/ou estuarienne. L'ordre le plus diversifié est celui des Osteoglossiformes (24%) représenté par 2 familles et 7 espèces (Figure 2). Il est suivi respectivement des Characiformes (21%), des

Cypriniformes (17%), des Siluriformes (14%), des Perciformes (14%), des Clupeiformes (7%) et des Polypteriformes (3%). Les Mormyridae (21%) avec 6 espèces, sont la famille la plus représentative (Figure 3). Ils sont suivis des Alestidae (17%) et des Cyprinidae (17%), des Cichlidae (14%) et des Claroteidae (10%). Les autres familles (21%) renferment six espèces. La distribution des espèces se fait en fonction du gradient amont aval dans la rivière N'Zè (Figure 4). Les stations NZ₁ située à l'intérieur du PNT et NZ₂ de

Taï ville renferment le plus grand nombre d'espèces (19 espèces chacune). Vient ensuite la station située au confluent avec le Cavally (NZ₃) avec 16 espèces. Neuf espèces (*Marcusenius senegalensis*, *Marcusenius ussheri*, *Petrocephalus bovei*, *Brycinus imberi*, *Brycinus longipinnis*, *Brycinus macrolepidotus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Schilbe mandibularis* et *Hemichromis fasciatus*) sont communes à toutes les stations (Tableau 1) et treize sont présentes uniquement dans

l'une ou l'autre des trois stations. Parmi ces dernières nous avons trois espèces (*Polypterus palmas*, *Mormyrus rume* et *Chrysichthys maurus*) capturées uniquement dans le PNT, cinq espèces respectivement à Taï ville (*Pellonula leonensis*, *Pollimyrus isidori*, *Micralestes eburneensis*, *Labeo coubie* et *Chrysichthys teugelsi*) et au confluent avec le fleuve Cavally (*Pellonula vorax*, *Mormyrops anguilloides*, *Brycinus nurse*, *Enteromius ablabes* et *Labeobarbus parawaldroni*).

Tableau 1 : Distribution, occurrence et statut de conservation UICN des espèces de poissons capturés dans la rivière N'Zè

ORDRES	FAMILLES	ESPECES	Rivière N'Zè					Statut de conservation (UICN)	
			Codes	NZ1	NZ2	NZ3	F0		Caractères
Polypteriformes	Polypteridae	<i>Polypterus palmas</i> Ayres, 1850	<i>P.pal</i>	+			33,33	AS	LC
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Pellonula leonensis</i> * Boulenger, 1916	<i>P.leo</i>		+		33,33	AS	LC
		<i>Pellonula vorax</i> * Günther, 1868	<i>P.vor</i>			+	33,33	AS	LC
Osteoglossiformes	Notopteridae	<i>Papyrocranus afer</i> (Günther, 1868)	<i>P.afe</i>	+	+		66,66	FS	LC
	Mormyridae	<i>Marcusenius senegalensis</i> Steindachner, 1870	<i>M.sen</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Marcusenius ussheri</i> Günther, 1867	<i>M.uss</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Mormyrops anguilloides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>M.ang</i>			+	33,33	AS	LC
		<i>Mormyrus rume</i> Valenciennes, 1846	<i>M.rum</i>	+			33,33	AS	LC
		<i>Petrocephalus bovei</i> Valenciennes, 1846	<i>P.bov</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Pollimyrus isidori</i> (Valenciennes, 1846)	<i>P.isi</i>			+	33,33	AS	LC
Characiformes	Alestidae	<i>Brycinus imberi</i> Peters, 1852	<i>B.imb</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Brycinus longipinnis</i> Günther, 1864	<i>B.lon</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Brycinus macrolepidotus</i> Valenciennes, 1849	<i>B.mac</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Brycinus nurse</i> (Rüppell, 1832)	<i>B.nur</i>			+	33,33	AS	LC
	Hepsetidae	<i>Micralestes eburneensis</i> Daget, 1964	<i>M.ebu</i>			+	33,33	AS	EN
		<i>Hepsetus odoe</i> Bloch, 1794	<i>H.odo</i>	+	+		66,66	FS	LC
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Enteromius ablabes</i> Bleeker, 1863	<i>E.abl</i>			+	33,33	AS	LC
		<i>Enteromius macrops</i> Boulenger, 1911	<i>E.mac</i>	+	+		66,66	FS	LC
		<i>Labeobarbus parawaldroni</i> Lévêque, Thys van den Audenaerde et Traoré, 1987	<i>L.par</i>			+	33,33	AS	LC
		<i>Labeo coubie</i> Rüppell, 1832	<i>L.cou</i>			+	33,33	AS	LC
		<i>Raïamas senegalensis</i> Steindachner, 1870	<i>R.sen</i>	+		+	66,66	FS	NE
		<i>Chrysichthys maurus</i> Valenciennes, 1839	<i>C.mau</i>	+			33,33	AS	LC
Siluriformes	Claroteidae	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i> Lacepède, 1803	<i>C.nig</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Chrysichthys teugelsi</i> Risch, 1987	<i>C.teu</i>			+	33,33	AS	LC
	Schilbeidae	<i>Schilbe mandibularis</i> Günther, 1867	<i>S.man</i>	+	+	+	100	VFS	LC
Perciformes	Cichlidae	<i>Chromidotilapia cavalliensis</i> (Thys van den Audenaerde et Loïsele, 1971)	<i>C.cav</i>	+		+	66,66	FS	EN
		<i>Hemichromis bimaculatus</i> Gill, 1862	<i>H.bim</i>	+	+		66,66	FS	LC
		<i>Hemichromis fasciatus</i> Peters, 1852	<i>H.fas</i>	+	+	+	100	VFS	LC
		<i>Sarotherodon melanothron</i> * Rüppell, 1852	<i>S.mel</i>	+	+		66,66	FS	LC
7 ordres	10 familles	29 espèces		19	19	16			

* : espèce à affinité marine et/ou estuarienne ; FO : fréquence d'occurrence ; AS : espèce accessoire ; FS : espèce fréquente ; VFS : espèce très fréquente ; LC : Préoccupation mineure ; NE : Non évalué ; EN : En danger.

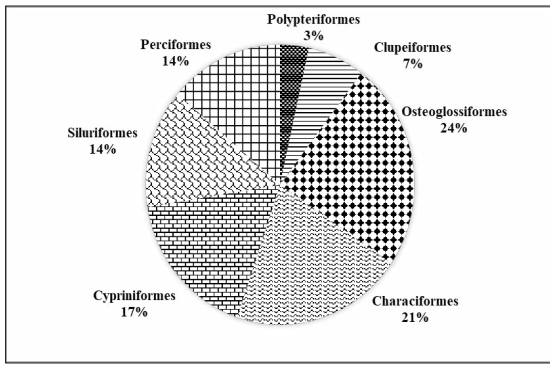


Figure 2 : Proportions numériques relatives des Ordres de poissons collectés dans la rivière N'Zè

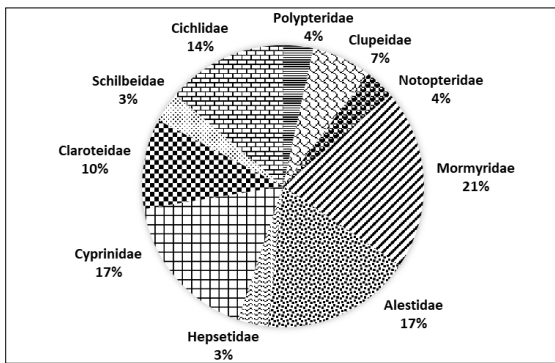


Figure 3 : Proportions numériques relatives des familles de poissons collectés dans la rivière N'Zè

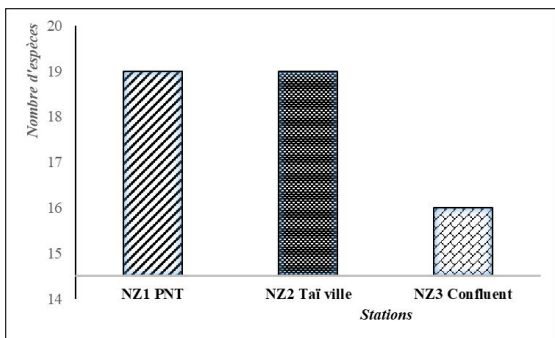


Figure 4 : Variation spatiale des espèces de poissons de la rivière N'Zè

Statut de conservation UICN

Le statut de conservation des poissons selon l'UICN indique que 26 espèces sont classées dans la catégorie *Préoccupation mineure* (LC), deux espèces dans la catégorie *En danger* (EN) et une espèce (*Raïamas senegalensis*) est *Non évaluée* (NE)

(Dankwa, 2020 ; Olaosebikan, 2020 ; Olaosebikan *et al.*, 2020). Parmi les espèces *En danger*, *Micralestes eburneensis a* été accessoirement collecté dans une seule station (NZ₂) et *Chromidotilapia cavalliensis* est une espèce fréquente. Les espèces à *Préoccupation mineure* (LC) renferment 12 espèces accessoires parmi lesquelles trois (*Polypterus palmas*, *Mormyrus rume* et *Chrysichthys maurus*) ont été capturés uniquement dans le Parc National de Taï (NZ₁), 5 espèces fréquentes (*Papyrocranus afer*, *Hepsetus odoe*, *Enteromius macrops*, *Hemichromis bimaculatus* et *Sarotherodon melanotheron*) et 9 espèces très fréquentes (Tableau 1).

Abondance et diversité

Sur l'ensemble des captures de la rivière N'Zè, l'ordre des Siluriformes (40%) et des Characiformes (39%) sont les plus abondants (Figure 5). Viennent ensuite ceux des Osteoglossiformes (11%) et des Cypriniformes (4%). Les autres ordres ne représentent que 6% des captures. Plus de 70% de l'ensemble des captures est constitué des Alestidae (39%) et des Schilbeidae (38%) (Figure 6). Ils sont suivis des Mormyridae (10%) et des Cyprinidae (4%). Toutes les autres familles représentent à peine 9% des échantillons. *Schilbe mandibularis* (38%) représente à lui seul plus du tiers des espèces capturées dans la rivière N'Zè (Figure 7). Il est suivi respectivement de *Brycinus longipinnis* (21%), *Brycinus macrolepidotus* (11%), *Brycinus imberi* (6%), *Petrocephalus bovei* (4%) et *Marcusenius ussheri* (4%). L'ensemble des autres espèces représente 16% des captures. La richesse spécifique diminue sensiblement d'amont en aval. L'indice de Shannon varie d'une partie à l'autre de la rivière. Il est plus élevé à Taï ville ($H' = 2,09$) qu'au confluent avec le Cavally ($H' = 1,93$), mais plus faible dans le PNT ($H' = 1,75$). Pour l'ensemble de la zone d'étude, il est de $H' = 2,08$. L'Equitabilité est plus importante et sensiblement la même à Taï ville et au confluent (avec respectivement 0,71 et 0,70), mais faible dans le Parc National de Taï ($E = 0,59$). Elle est de 0,62 pour l'ensemble de la zone d'étude. Les valeurs de l'indice de Simpson de Taï ville ($D = 0,18$) et du Confluent ($D = 0,20$) sont assez proches et faible par rapport à celui du PNT ($D = 0,30$). Pour l'ensemble de notre zone, l'indice de Simpson est de 0,21 (Figure 8).

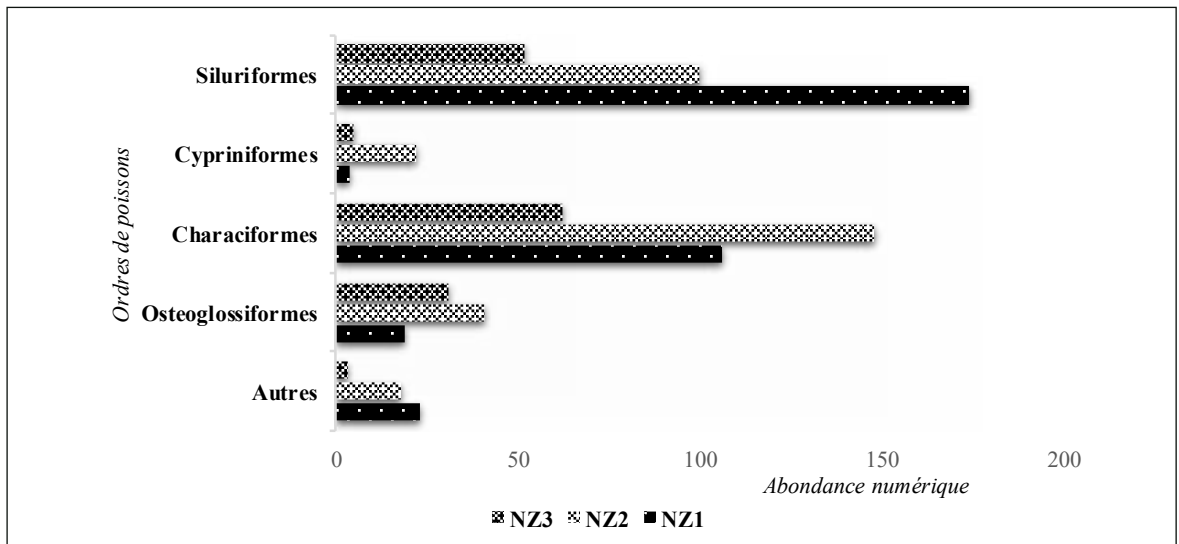


Figure 5 : Abondance numérique des différents ordres de poissons collectés dans la rivière N'Zè

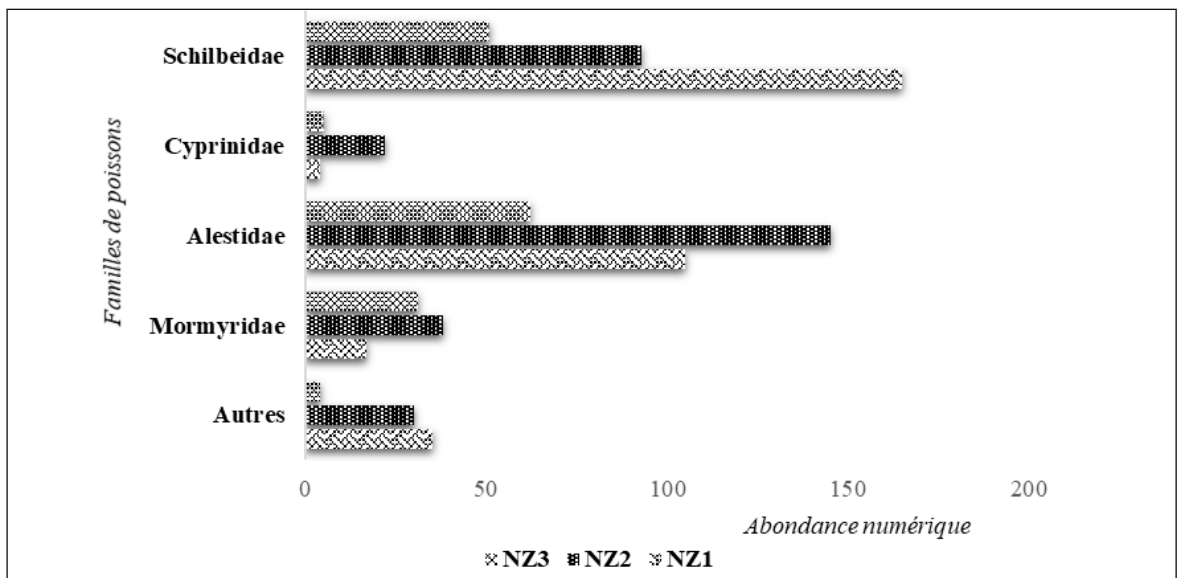


Figure 6 : Abondance numérique des différentes familles de poissons collectés dans la rivière N'Zè

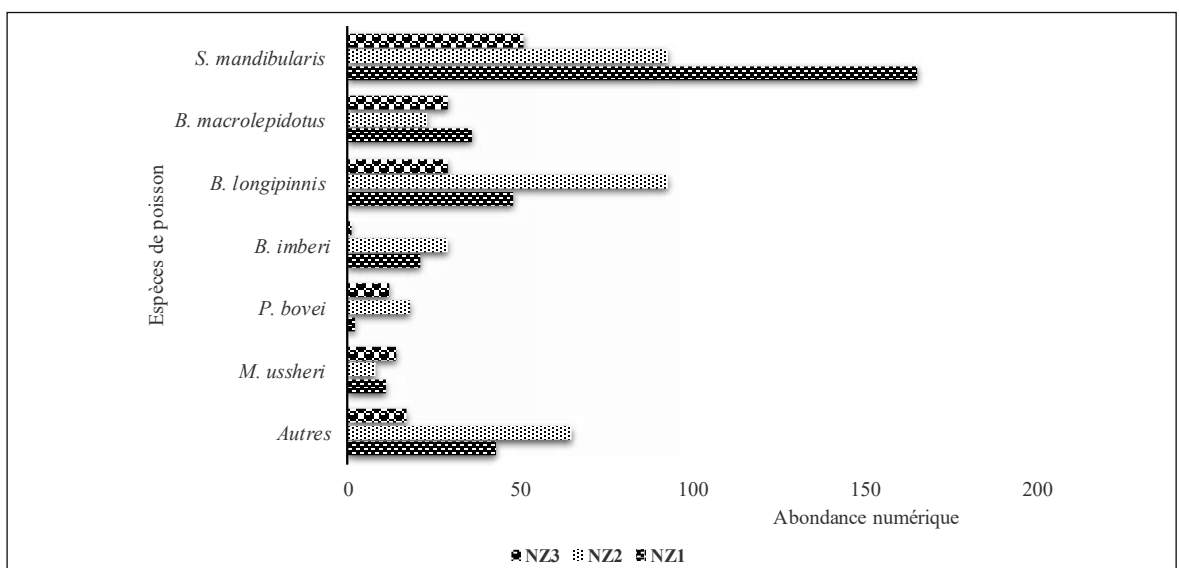


Figure 7 : Abondance numérique des différentes espèces de poissons collectés dans la rivière N'Zè

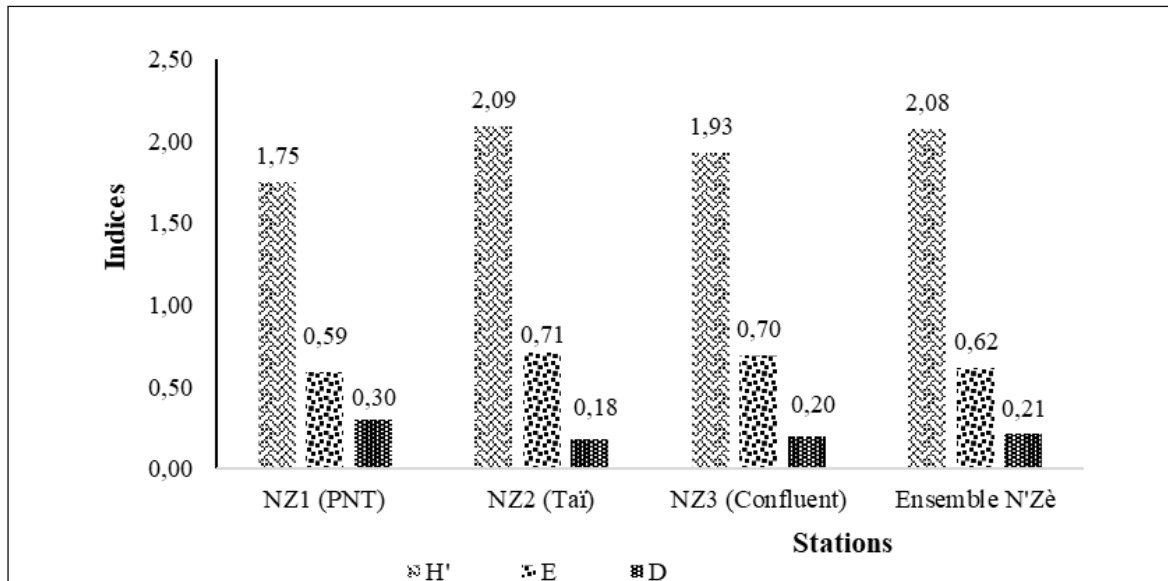


Figure 8 : Indices de diversité de Shannon (H'), d'équitabilité (E) et de Simpson (D) de la rivière N'Zè

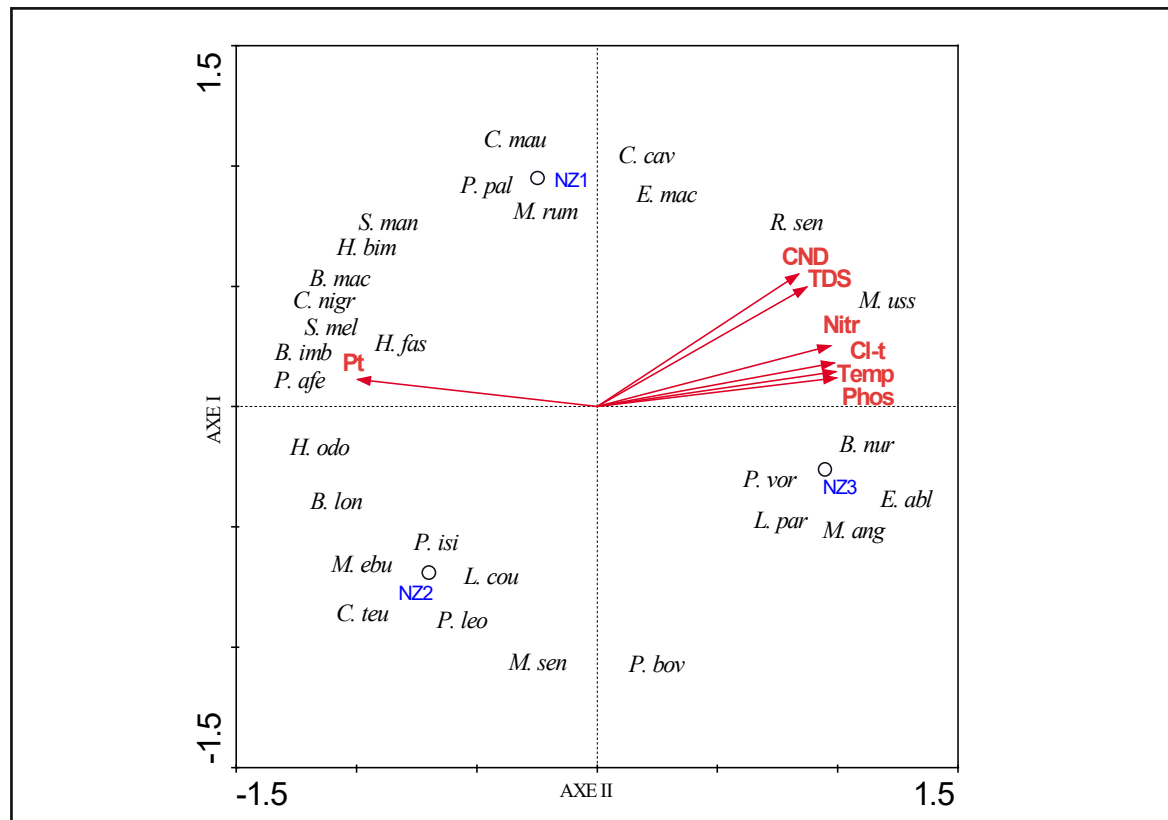


Figure 9 : Relations entre les espèces de poissons et les variables environnementales dans la rivière N'Zè

CND : conductivité, TDS : Taux de solides dissous, Temp : température de l'eau, Nitr : nitrite, Phos : phosphate, Pt : phosphore total, Cl-t : chlore total, NZ1 : station 1, NZ2 : station 2, NZ3 : station 3,

P.pal : *Polypterus palmas*, *P.leo* : *Pellonula leonensis*, *P.vor* : *Pellonula vorax*, *P.afe* : *Papyrocranus afer*, *M.sen* : *Marcusenius senegalensis*, *M.uss* : *Marcusenius ussheri*, *M.ang* : *Mormyrops anguilloides*, *M.rum* : *Mormyrus rume*, *P.bov* : *Petrocephalus bovei*, *P.isi* : *Pollimyrus isidori*, *B.imb* : *Brycinus imberi*, *B.lon* : *Brycinus longipinnis*, *B.mac* : *Brycinus macrolepidotus*, *B.nur* : *Brycinus nurse*, *M.ebu* : *Micralestes eburneensis*, *H.odo* : *Hepsetus odoe*, *E.abl* : *Enteromius ablabes*, *E.mac* : *Enteromius macrops*, *L.par* : *Labeobarbus parawaldroni*, *L.cou* : *Labeo coubie*, *R.sen* : *Raïamas senegalensis*, *C.mau* : *Chrysichthys maurus*, *C.nig* : *Chrysichthys nigrodigitatus*, *C.teu* : *Chrysichthys teugelsi*, *S.man* : *Schilbe mandibularis*, *C.cav* : *Chromidotilapia cavalliensis*, *H.bim* : *Hemichromis bimaculatus*, *H.fas* : *Hemichromis fasciatus*, *S.mel* : *Sarotherodon melanotheron*.

Influence des variables environnementales sur la distribution de l'ichtyofaune

Dans l'interprétation des ordinations obtenues par le logarithme des abondances spécifiques des poissons et des paramètres abiotiques du milieu, seuls les axes I ($\lambda_1 = 0,25$) et II ($\lambda_1 = 0,20$) qui expriment à 99 % les valeurs de la variance cumulée ont été considérés. Le test de Monte Carlo a permis de sélectionner parmi les 14 variables initiales, 7 variables qui expriment à 51,05 % les corrélations espèces-variables observées. Ces variables sont la température (7,32 %), le phosphate (7,32 %), le phosphore total (7,32 %), le chlore total (7,32 %), le Nitrite (7,31 %), le TDS (7,22 %) et la conductivité (7,21 %). L'axe I sépare l'ensemble des espèces en deux groupes. Le premier groupe est constitué par les espèces *Pellonula vorax*, *Marcusenius ussheri*, *Mormyrops anguilloides*, *Petrocephalus bovei*, *Brycinus nurse*, *Enteromius macrops*, *Enteromius ablabes*, *Labeobarbus parawaldroni*, *Raiamas senegalensis* et *Chromidotilapia cavalliensis*. Ces espèces sont

associées à la station NZ₃ (Confluent) et corrélées positivement à la température de l'eau (Temp), au phosphate (Phos), au phosphore total (Pt), au chlore total (Cl-t), au taux de nitrite (Nitr), au TDS et à la conductivité (CND). Le second groupe est constitué par les autres espèces de la rivière N'Zè. L'axe II sépare ce deuxième groupe d'espèces en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe renferme les espèces *Polypterus palmas*, *Papyrocranus afer*, *Mormyrus rume*, *Brycinus imberi*, *Brycinus macrolepidotus*, *Chrysichthys maurus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Schilbe mandibularis*, *Hemichromis bimaculatus*, *Hemichromis fasciatus* et *Sarotherodon melanotheron*. Ces espèces sont associées à la station NZ₁ (Point 7) caractérisée par un taux élevé de phosphore total. Le second sous-groupe est représenté par *Pellonula leonensis*, *Marcusenius senegalensis*, *Pollimyrus isidori*, *Brycinus longipinnis*, *Micralestes eburneensis*, *Hepsetus odoe*, *Labeo coubie* et *Chrysichthys teugelsi*. Ces espèces sont associées à la station NZ₂ (Taï ville) corrélée négativement au phosphore total.

Discussion

Au cours de cette étude, vingt-neuf (29) espèces de poissons ont été identifiées dans l'ensemble de la rivière N'Zè. En se référant aux travaux antérieurs (Kamelan, 2014), douze (12) espèces sont signalées pour la première fois (*Pellonula leonensis*, *Pellonula vorax*, *Mormyrus rume*, *Pollimyrus isidori*, *Brycinus nurse*, *Enteromius macrops*, *Labeobarbus parawaldroni*, *Labeo coubie*, *Raiamas senegalensis*, *Chrysichthys maurus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Sarotherodon melanotheron*) portant à 40 le nombre total d'espèces signalées dans cette rivière. Cette augmentation de 30 % de la richesse spécifique pourrait s'expliquer par notre technique d'échantillonnage (filets maillants et nasses, pêche de jour et de nuit), le nombre de stations visitées et leur répartition (trois dans la présente étude contre deux pour Kamelan, 2014) ainsi que la période d'échantillonnage. Onze espèces connues (*Petrocephalus pellegrini*, *Alestes baremoze*, *Brycinus derhami*, *Nannocharax fasciatus*, *Enteromius trispilos*, *Heterobranchus isopterus*, *Heterobranchus longifilis*, *Malapterurus punctatus*, *Malapterurus thysi*, *Rhexipanchax schioetzi* et *Pelmatochromis buettikoferi*) n'ont pas été capturées lors de la présente étude. Nos résultats actuels ne nous permettent pas de conclure à leur disparition. Cependant, deux sur nos trois stations se trouve en dehors de

la zone sous stricte protection avec comme corollaire le développement de nombreuses activités anthropiques (pollution agricole, pêches, lessive, ...), toute chose qui contribue à une dégradation de l'écosystème et partant de la biodiversité comme cela a été décrit par Mallela *et al.* (2007). Ce fait pourrait en partie expliquer les changements observés dans le peuplement des poissons. Toutefois, l'absence de ces espèces des échantillons amène à dire que notre échantillonnage n'est pas exhaustif. L'observation de la richesse spécifique de la rivière N'Zè montre cependant qu'elle renferme un peu plus du quart des 107 espèces signalées dans le fleuve Cavally (Doffou *et al.*, 2019). Ce résultat est pertinent pour la préservation de la biodiversité car en faisant le rapport de la superficie du bassin du N'Zè (783 km²) à celui du Cavally situé en territoire ivoirien (15000 km²), il ne représente qu'environ 5% de ce bassin, mais contribue à plus de 25% de sa richesse spécifique. Les Mormyridae, les Alestidae, les Cyprinidae et les Cichlidae sont les familles les plus importantes en termes de nombre d'espèces. Des résultats similaires ont été observés par Kamelan *et al.* (2018) dans la rivière Zakoué, affluent du fleuve Sassandra, et Doffou *et al.* (2019) dans le cours supérieur du fleuve Cavally

en Côte d'Ivoire. Cet ordre semble ne pas toujours être maintenu dans tous les cours d'eau comme c'est le cas dans la rivière Baoulé du bassin du fleuve Niger au Mali où ce sont les Cyprinidae suivies des Characidae et des Mormyridae puis des Mochokidae qui sont les plus représentées (Kantoussan, 2007). Les Mormyridae qui témoignent d'une relative bonne qualité des eaux (Kamdem et Teugels, 1999) sont nombreux en terme d'espèces mais pas en terme d'abondance. En effet, sur la base des analyses quantitatives, les Alestidae et les Schilbeidae sont les familles dominantes du peuplement avec des espèces telles que *Schilbe mandibularis*, *Brycinus longipinnis*, *Brycinus macrolepidotus* et *Brycinus imberbi*. Or la plupart de ces espèces qui sont des nageurs de surface, sont connues pour être des insectivores ou omnivores se nourrissant préférentiellement de proies d'origine terrestre qu'aquatique (Dietoa *et al.*, 2007). Cela pourrait expliquer leur abondance et leur large répartition dans le milieu compte tenu de la présence du PNT qui serait une importante source d'approvisionnement en nourriture malgré les activités anthropiques dans la zone d'étude. Des résultats similaires ont été observés par Kamelan (2014) dans les rivières Brimé-Méné-Nounoua en Côte d'Ivoire. L'étude de l'organisation du peuplement ichtyologique des différentes stations de la zone d'étude a été analysée à travers différents indices de diversité. Selon Da Fonseca (1968), un indice d'équirépartition (E) est proche de «1» quand toutes les espèces tendent à avoir une même abondance et inférieure à 0,80 lorsque quelques espèces prédominent. Or dans notre milieu d'étude, la diversité spécifique est plus élevée à Taï ville qu'au confluent et dans le PNT avec des indices d'équitabilité qui varient de 0,59 à 0,71. Cela montre que les communautés de poissons de notre milieu d'étude n'ont pas une bonne et stable organisation, témoignant d'une perturbation du milieu. Cela confirme l'analyse quantitative qui a démontré que le peuplement est dominé par les Alestidae et les Schilbeidae. La perturbation est plus prononcée à la station NZ₁ dans le PNT où l'on enregistre le plus faible indice d'équirépartition (E=0,59). Cette situation pourrait s'expliquer par l'anthropisation du milieu. En effet, la zone contiguë à la station NZ₁ est un important foyer de plantations agricoles (hévéa, cacao, café...). Les stations NZ₂ et NZ₃ sont situées en terrain urbanisé et/ou agricole où l'on signale des activités d'orpaillage clandestin touchant parfois le lit du cours d'eau. Or, il est connu que les écosystèmes aquatique et terrestre

ne fonctionnent pas indépendamment l'un de l'autre et que les activités humaines modifient la nature des sols et les voies hydrologiques, affectant inévitablement cette interface terre-eau (Omernik et Bailey, 1997). Nos indices sont proches de ceux de Doffou *et al.* (2019) dans le Cavally. Selon ces auteurs, les activités anthropiques telles que l'orpaillage avec utilisation de drague dans le lit de ce cours d'eau et l'industrie minière y seraient responsables de perturbations écologiques. Le statut de conservation des poissons montre que deux espèces (*Micralestes eburneensis* et *Chromidotilapia cavalliensis*) qui sont endémiques ont été enregistrées dans la catégorie *En danger* (EN). Ces espèces ont été mentionnées dans d'autres études (Kamelan, 2014 ; Doffou *et al.* 2019). La forte pression des activités anthropiques (plantation, orpaillage clandestin, pêche), pourrait être un moteur de l'extinction de ces espèces endémiques et menacées de la rivière N'Zè en particulier et du Cavally en général. Au fil des décennies, ces activités, modifieraient les écosystèmes naturels, détérioreraient la qualité de l'eau et de certains habitats de cette zone et conduiraient probablement à leur disparition. En effet, en Afrique occidentale, ce sont 61 espèces de poissons endémiques qui sont aujourd'hui classées dans la catégorie *En danger* (EN) et 16 autres espèces dans la catégorie *En danger critique d'extinction* (CR) (Starnes et Darwall, 2021) pour lesquelles si rien n'est fait, l'extinction est assurée.

Sept variables du milieu se sont révélées comme étant celles qui influencent le plus la distribution des espèces de poissons dans notre zone d'étude. Parmi ces variables, la température de l'eau, le taux de solides dissous, la conductivité, le taux de nitrite, le taux de phosphate et de chlore total, influencent la distribution des espèces au confluent de la rivière N'Zè et du fleuve Cavally. Par contre, le phosphore total influence la distribution des poissons dans les deux autres stations. De nombreuses études portant sur l'influence des variables abiotiques sur la répartition des espèces ont été réalisées sur différents cours d'eaux de Côte d'Ivoire. Ces variables impactent de façon directe ou indirecte les poissons. Tout comme dans notre étude, le TDS et la conductivité apparaissent comme les principaux facteurs discriminants au niveau des rivières Agnébi et Bia, (Da Costa *et al.*, 2000). Ces auteurs mentionnent aussi l'influence de la variation de la température de l'eau sur l'abondance et la répartition temporelle des espèces de poissons. Dans notre étude, les nitrites influencent la distribution des poissons pourtant

il est connu qu'ils sont toxiques pour ceux-ci surtout lorsque le pH de l'eau est inférieur à 7 ; même en petite quantité les nitrites causent des stress chez les poissons, provoquant des problèmes respiratoires, affaiblissement, maladies, vulnérabilité (CPEPESC, 2015). Le phosphore qui provient généralement des pratiques agricoles

(épandages de lisiers et d'engrais phosphatés) est aussi un facteur discriminant dans notre zone d'étude. Bien qu'étant un élément indispensable au développement de tous les organismes vivants il pourrait constituer une pollution par perturbation de milieu aquatique (CPEPESC, 2015).

Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer l'ichtyofaune de la rivière N'Zè dans la zone périphérique de l'espace Taï. Douze espèces de poisson sur les 29 échantillonnées, sont signalées pour la première fois dans la rivière N'zè. Ce peuplement est dominé par les ordres des Osteoglossiformes, des Characiformes, des Cypriniformes et des Siluriformes. Les indices de diversité utilisés ont montrés une perturbation dans la distribution des communautés de poisson. La richesse spécifique

diminue sensiblement suivant le gradient amont aval de la rivière N'Zè. Le statut de conservation des poissons selon l'UICN indique que deux espèces (*Micralestes eburneensis* et *Chromidotilapia cavalliensis*) sont « En danger » d'extinction. Il convient donc de prendre des dispositions en vue d'une meilleure préservation de ce cours d'eau qui subit une forte pression anthropique sur son cours situé hors du Parc National de Taï.

Remerciements

Cette étude s'inscrit dans un vaste programme de gestion du Parc National de Taï intitulé « Evaluation de l'impact de l'exploitation agricole et aurifère sur la qualité écologique des cours d'eau de l'espace Taï et amélioration des connaissances des cours d'eau peu connus du Parc National de Taï ». Ce travail a été soutenu par la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) dans le cadre du

Programme intitulé « Promotion des Filières Agricole et de la Biodiversité (PROFIAB II) ». Les auteurs remercient Messieurs Tanoh Aka et Brou Marcelin, pêcheurs professionnels, le Colonel Diarrasouba Abdoulaye et son équipe de gestion du Parc National de Taï ainsi que l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) pour le soutien technique et logistique durant l'échantillonnage.

Références bibliographiques

Archard F, Eva H, Stibig HJ, Mayaux P, Gallego J, Richards T, Malingreau JP. 2002. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forest. *Sciences*, 297 : 999-1002.

CPEPESC. 2015. Paramètres physiques et chimiques de l'eau et commentaires. <http://www.cpepesc.org>. Consulté le 22 août 2021.

Da Costa KS, Gourène G, Tito De Morais L, Thys Van Den Audenaerde DFE. 2000. Caractérisation des peuplements ichtyologiques de deux fleuves côtiers Ouest-Africains soumis à des aménagements hydroagricoles et

hydroélectriques. *Vie et Milieu*, 50 : 65-77.

Da Fonseca CJP. 1968. L'outil statistique en biologie du sol. Corrélation de rang et affinités écologiques. *Revue d'Écologie et de Biologie du sol*, 5 (1) : 41-54.

Dankwa H. 2020. *Chrysichthys teugelsi*. In: IUCN 2020. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020. <http://www.iucnredlist.org>. Consulté le 30 décembre 2020.

Dietoa YM, Gourène G, Ouattara A. 2007. Habitudes alimentaires de *Brycinus longipinnis* dans le complexe fluvio-lacustre de la Bia, Côte d'Ivoire. *Belgium Journal of Zoologie*, 137(1) : 3-9.

- Djakou R, Thanon SY. 1988.** Écologie Afrique intertropicale. Bordas, Paris, 191p.
- Doffou RJO, Boussou CK, Konan FK, Aliko GN, Gourène G. 2019.** Diversity and conservation status of fish fauna from Cavally river in its catchment area under the influence of Gold mining activities (Côte d'Ivoire). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(3) : 1070-1076.
- Gbenyedji JNBK, Anani KE, Amevoïn K, Glitho IA. 2011.** Diversité spécifique des termites (Isoptera) dans deux plantations de tecks (*Tectona grandis* L.) au sud du Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2) : 755- 765.
- Hammer O, Harper D, Ryan PD. 2001.** Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 1-9.
- Kamdem TA, Teugels GG. 1999.** First data on an index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages for the assessment of the deforestation in a tropical West Africa River. *Hydrobiologia*, 397 : 29-38.
- Kamelan TM. 2014.** Peuplement ichtyologique de quelques hydrosystèmes de l'espace Taï (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat Hydrobiologie, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 277p.
- Kamelan TM, Konan YA, Siaka B, Yao SS, Kouamélan EP. 2018.** Contribution of Taï National Park in the preservation of fish diversity in Sassandra river basin (Côte d'Ivoire, West Africa). *International Journal of Recent Scientific Research*, 9(5) : 26736-26742.
- Kantoussan J. 2007.** Impacts de la pression de pêche sur l'organisation des peuplements de poissons : application aux retenues artificielles de Sélingué et de Manantali, Mali, Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, Agrocampus Rennes, France, 195p.
- Konan FK, Niamen-Ebrottie JE, Bony KY, Assemian NE. 2015.** Étude hydrobiologique du fleuve Cavally / Étude d'Impact Environnemental et Social du Projet d'extension des activités de la Société des Mines d'Ity (SMI) (Côte d'Ivoire). Rapport d'étude - Société des Mines d'Ity (SMI), Cabinet 2D Consulting Afrique, Division Environnement - Cabinet SNC-Lavalin INC. 74p.
- Koné T, Teugels GG, N'douba V, Kouamélan EP, Goore BG. 2003.** Fish assemblages in relation to environmental gradients along a small West African coastal basin, the San Pedro River, Ivory Coast. *African Journal of Aquatic Science*, 28 (2) : 163-168.
- Lauginie F. 2007.** Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. CEDA/NEI, Abidjan, 668p.
- Lévêque C, Paugy D. 2006.** Impacts des activités humaines. *In: Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme.* IRD, Paris, 395-413.
- Mallela J, Roberts C, Harrod C, Goldspink CR. 2007.** Distributional patterns and community structure of Caribbean coral reef fishes within a river-impacted bay. *Journal of Fish Biology*, 70: 523-537.
- N'Guessan ASN. 2010.** État des connaissances sur la faune ichtyologique de certains bassins de Côte d'Ivoire après 10 ans de monitoring (1999-2009). Mémoire de DEA, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 116p.
- OIPR. 2006.** Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc National de Taï. Abidjan, OIPR, 99p.
- Olaosebikan BD, Awaïss A, Lalèyè P. 2020.** *Micralestes eburneensis*. *In: IUCN 2020. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020.* <http://www.iucnredlist.org>. Consulté le 30 décembre 2020.
- Olaosebikan BD. 2020.** *Chromidotilapia cavalliensis*. *In: IUCN 2020. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020.* <http://www.iucnredlist.org>. Consulté le 30 décembre 2020.
- Omernik JM., Bailey RG. 1997.** Distinguishing between watersheds and ecoregions. *Journal of the American Water Resources Association*, 33: 935-949.
- Paugy D, Lévêque C, Teugels GG. 2003a.** Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1. IRD, Paris ; MNHN, Paris ; MRAC, Tervuren, 457p.
- Paugy D, Lévêque C, Teugels GG. 2003b.** Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. IRD, Paris ; MNHN, Paris ; MRAC, Tervuren, 815p.
- Sanogo Y, Traoré D, Samaké F, Koné A. 2012.** Les communautés ichtyologiques de la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Niger au Mali. *Tropicicultura*, 30 (2) : 65-71.
- Starnes T, Darwall WRT. 2021.** Identification et validation des Zones clés pour la biodiversité des eaux douces d'Afrique occidentale. UICN, Gland, Suisse, 155p.
- Ter Braak CJF, Smilauer P. 2002.** CANOCO reference manual and Canodraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, New York.
- IUCN. 2020.** The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>. Consulté en décembre 2020.

Odonata diversity around two tropical agropastoral dam lakes (Koko and Natiokobadara) in the northern part of Côte d'Ivoire (West Africa)

Diversité des Odonates autour de deux lacs de barrage agropastoraux tropicaux (Koko et Natiokobadara) dans le nord de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)

Yapo ML • Kouakou NB • Kakou AAJP • Gogbé ZM • Diomandé D.

Received: 05 August 2020 / Accepted: 17 March 2021 / Published online: 1 March 2022

© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Abstract Studies related to Odonata in Côte d'Ivoire are fragmentary. So, it remains a research field to explore in this country. The aim of this study was to contribute to a better knowledge of Odonata in Côte d'Ivoire. Odonata were collected with a hand net from January to March 2020 and from June to August 2020. Thirty-five species of Odonata including 30 species of Anisoptera and 5 species of Zygoptera belonging to 18 genera and 5 families were recorded. The family of Libellulidae is the most diversified with 29 taxa, followed by the family of Coenagrionidae. The families Aeshnidae, Plactycnemididae and Pentaplebiidae are represented by only one species each. Natiokobarada and Koko man-made lakes recorded 30 and 24 species respectively. These two water bodies share 19 species in common. Studies on Odonata species are important as they are considered as bioindicators of freshwater quality.

Key words : Agropastoral man-made lake, Insects, Abundance, Korhogo.

Résumé Les études relatives aux Odonates sont fragmentaires en Côte d'Ivoire. Elles restent donc un champ à explorer dans ce pays. L'étude des Odonates dans les lacs de barrage de Koko et de Natiokobadara (Korhogo) avait pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des Odonates de la Côte d'Ivoire. Les Odonates ont été collectés à l'aide d'un filet fauchoir de janvier à mars 2020 et de juin à août 2020. Cette étude a révélé une liste préliminaire de 35 espèces d'Odonates dont 30 espèces d'Anisoptères et 5 espèces de Zygoptères appartenant à 18 genres et 5 familles. La famille des Libellulidae est la plus diversifiée comptabilisant à elle seule 29 espèces ; elle est suivie par la famille des Coenagrionidae, avec 3 espèces. Enfin les familles des Aeshnidae, Plactycnemididae et Pentaplebiidae sont représentées par une seule espèce chacune. Le lac de barrage de Natiokobarada compte 30 espèces et celui de Koko, 24 espèces. Ces deux milieux partagent 19 espèces en commun. Les études relatives aux espèces d'Odonates sont importantes dans la mesure où ces espèces sont un outil biologique indicateur de la qualité des eaux douces.

Mots clés : Lac de barrage agropastoral, Insectes, Abundance, Korhogo.

Introduction

Aquatic ecology studies related to aquatic macroinvertebrates in northern Côte d'Ivoire are fragmentary. Studies in this area are those of Edia (2013), Yapou *et al.* (2020a) and Yapou *et al.* (2020b). Yet, these organisms hold an important place in various processes in aquatic environments. Among these organisms, some lead their lives in the aquatic environment while others spend part of their lives in the aquatic environment and the other part in the terrestrial environment. Odonata fall into the second category of organisms. Odonata are among the oldest winged insects that have appeared on Earth (Grand and Boudot, 2006). They are classified into two major suborders: the Zygoptera or "damselflies" and the Eiproctophora composed by the infra-order of Anisoptera or "true dragonflies" and Anisozygoptera, represented only by a few tropical species (Dijkstra *et al.*, 2013). Due to their fundamental ecological role given their position within the trophic chains of aquatic and terrestrial ecosystems, Odonata are recognized as an essential environmental link in the proper functioning of wetlands (Simaika and Samways, 2009). They play significant role in freshwater ecosystem functioning, acting as both prey (eaten

by vertebrates and other large insects) and top predators (feeding on smaller insects in vertebrate free aquatic environment) (Chovanec, 1999). They are a currently popular indicator group, the use of which has expanded widely in recent decades for monitoring wetland quality (Chovanec *et al.*, 2015). Studies related to Odonata have been conducted in sub-Saharan Africa (Dijkstra and Clausnitzer, 2014; Dijkstra, 2016) and especially in West Africa. In this part of Africa, studies on this order have been particularly developed in Ghana (Acquah-Lampsey *et al.*, 2013; Seidu *et al.*, 2019) and Nigeria (Adu and Ogbogu, 2013). In Côte d'Ivoire, very few studies have been carried out on Odonata. Indeed, the studies carried out are those of Lindley (1974), and Legrand and Couturier (1985). These works were carried out either in rivers (Lindley, 1974), or in meadows (Legrand and Couturier, 1985). In lentic environments (lakes and ponds) few studies have been conducted. Studies on Odonata in Côte d'Ivoire remain a research field to explore. It is in this perspective that this study was initiated. It aims to assess the diversity of Odonata in order to contribute to their better knowledge in this country.

Material and Methods

Study area

Many agropastoral dam lakes are found in the Korhogo region. Koko dam lake is located in the Mongaha district. This lake (9°27'58.6" N / 005°38'37.7" W) (Figure 1) is used as a source of water supply by the drinking water distribution company of Côte d'Ivoire (SODECI). This lake is characterized by a period of maximum flooding in August and September, and a low water period from December to June. Natiokobadara dam lake (Figure 1) is a hydro-agricultural development intended for rice production and the supply of drinking water to the population in the city of Korhogo. It is located in the north peri-urban area of Korhogo. Built in 1972 by MOTORAGRI, this man-made lake is located between parallels 9°26'0" and 9°27'30" of northern latitude, and

between meridians 5°37'0" and 5°38'0" of western longitude. It belongs to the Bandama basin with a catchment area of 13,65 Km². In each dam lake, three sampling sites were chosen. Site I of the Koko dam lake (K1) is the nearshore of this lake. This site is dominated by shrubs and rocky and sandy substrates. Site II (K2) is a meadow with market gardening such as mint, lettuce, cabbage; site III (K3) is a wooded savannah, which is composed by shrubs, small plot of grasses (Poaceae) and some trees. Site I of the Natiokobadara dam lake (N1) is a nearshore zone, this site is dominated by shrubs and rocky and sandy substrates. Site II (N2) is a meadow with corn crops; the site III (N3) is a savanna composed and is characterized by shrubs, small patch of grasses (Poaceae).

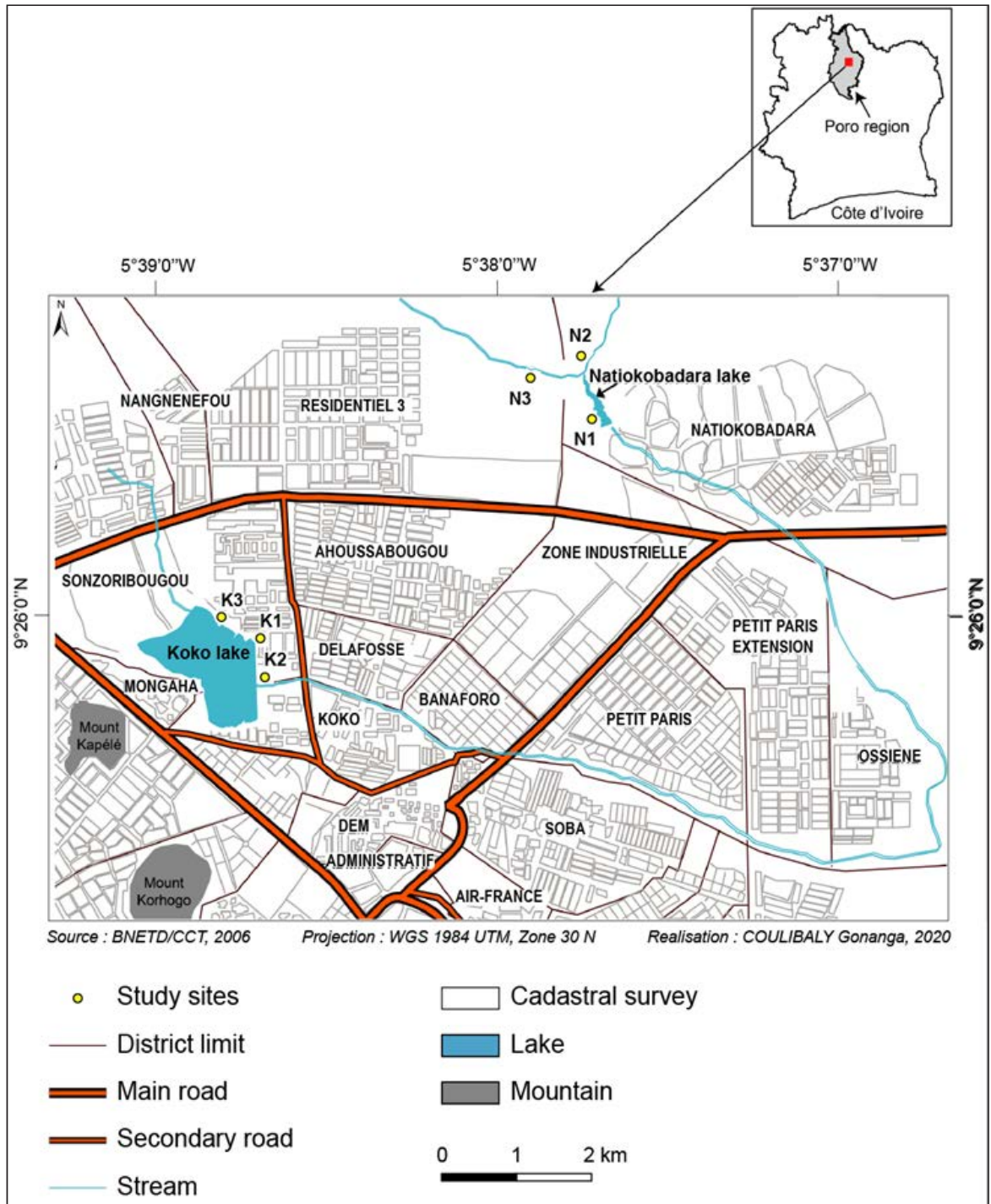


Figure 1 : Location of the sampling sites

Sampling protocol

The prospectations focused only on the recognition of adults. We sampled the adult individuals of Odonata species around the two dam lakes with a sampling protocol of 2 researchers per hour per sampling site (Seidu *et al.*, 2019). Field investigations consisted of walking the perimeter of each site as well as its immediate vicinity where imagos hunt and mature as recommended by Grand and Boudot (2006). Each dam lake was visited monthly over a period of six months, three months during the dry

season (January to March 2020) and three others during the rainy season (June to August 2020). The duration of each visit was 3 hours for each dam lake under favorable weather conditions (better sunshine and lower wind) between 9 am and 12 pm. On the different sites, the adult of Odonata were captured with a hand net. We identified each specimen to species level using Dijkstra and Clausnitzer (2014) identification keys and the African Dragonflies and Damselflies Online database (ADDO) (Dijkstra, 2016).

Statistical analysis

Prior to any analysis, we first tested the normality of the data set using the Shapiro-Wilk test. Due to the non-normal nature of the data set, a Mann-Whitney test was applied to test for difference in Odonata abundance and richness. Similarity analysis with 999 permutations (ANOSIM) was performed to test for significant differences in Odonata between Koko and Natiokobadara dam lakes. Similarity percentage analysis (SIMPER)

was used to determine the taxa responsible for these differences and provided information on the contribution of individual species to this dissimilarity as well as to the similarity within each dam lake. Bray-Curtis (dis)similarity between all study sites was calculated. The normality test and the Mann-Whitney test were performed using Statistica 7.1 software, while the diversity indices and multivariate analyses were performed using PRIMER 5.0 software.

Results

Composition of Odonata

A total of 856 dragonflies and damselflies were recorded at the six sampling sites belonging to 35 species, 18 genera and five families (Table 1). At Koko dam lake, the Anisoptera (Dragonflies) showed the highest percentage composition and diversity of Odonata with 21 species belonging to the family Libellulidae, followed by the Zygoptera (Dragonflies) with three species belonging to two families (Coenagrionidae and Plactycnemididae). At Natiokobadara dam lake, 25 species belonging to two families (Libellulidae and Aeshnidae) and the suborder Anisoptera (Dragonflies) were recorded. This suborder was followed by the Zygoptera (Dragonflies) with five species belonging to three families (Coenagrionidae, Plactycnemididae and Pentaplebiidae). At Koko dam lake, Libellulidae is the most represented family with 88% of the species. It is followed by the family Coenagrionidae with 8% of the species (Figure 2). At Natiokobadara dam lake, Libellulidae is the most represented family with 80% of the species. It is followed by the families Coenagrionidae and Aeshnidae with 8% and

4% of the species respectively while the families Plactycnemididae and Pentaplebiidae are the least diversified and present 3% of the species each (Figure 2). Among the 856 individuals collected from the two dam lakes, Anisoptera are the most abundant in these water bodies. They are represented by 536 individuals or 94% of the species abundance while Zygoptera has 35 individuals or 6% of the total abundance at Koko dam lake. At Natiokobadara dam lake, Anisoptera contributed to 93% of Odonata abundance (Figure 3). Among the Anisoptera, the family Libellulidae recorded the highest abundance. Similarly, the family Coenagrionidae recorded the highest abundance within the Zygoptera in the two dam lakes. *Palpopleura portia* (22.43%) and *Crocothemis erythraea* (18.22%) were the most abundant species. The highest abundance was observed in the Koko dam lake with 571 individuals or 67% of the individuals caught and the lowest value was recorded in the Natiokobadara dam lake with 285 individuals or 33% (Table 2). The abundance of Odonata recorded at Koko lake was significantly higher (Mann-Whitney test, $p=0.030$) than that of Natiokobadara lake.

Table 1: List of Odonata species collected in the two dam lakes.

- : Absence of taxa; + : Presence of taxa

Suborder	Family	Taxa	Dam lakes	
			Koko	Natiokobadara
Anisoptera	Libellulidae	<i>Urothemis assignata</i> (Selys, 1872)	+	+
		<i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849)	+	-
		<i>Palpopleura lucia</i> (Drury, 1773)	+	+
		<i>Palpopleura portia</i> (Drury, 1773)	+	+
		<i>Palpopleura jacunda</i> (Rambur, 1842)	+	+
		<i>Palpopleura albifrons</i> (Legrand, 1979)	+	-
		<i>Palpopleura deceptor</i> (Calvert, 1899)	+	+
		<i>Orthetrum guineense</i> (Ris, 1910)	+	+
		<i>Orthetrum icteromelas</i> (Ris, 1910)	+	+
		<i>Orthetrum chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)	+	+
		<i>Orthetrum stemmale</i> (Burmeister, 1839)	+	-
		<i>Orthetrum trinacria</i> (Selys, 1842)	-	+
		<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	+	+
		<i>Crocothemis sanguinolenta</i> (Burmeister, 1839)	-	+
		<i>Brachythemis impartita</i> (Krasch, 1890)	+	+
		<i>Brachythemis leucosticta</i> (Burmeister, 1839)	+	+
		<i>Brachythemis wilsoni</i> (Pinhey, 1952)	+	+
		<i>Parazyxomma flavicans</i> (Martin, 1908)	+	+
		<i>Aethriamanta rezia</i> (Kriby, 1889)	+	-
		<i>Olpagastra lugubris</i> (Karsch, 1895)	-	+
		<i>Trithemis aequalis</i> (Brauer, 1868)	+	-
		<i>Trithemis annulata</i> (Palisot, 1807)	+	+
		<i>Trithemis dichroa</i> (Karsch, 1893)	-	+
		<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)	-	+
		<i>Trithemis nuptialis</i> (Karsch, 1894)	-	+
		<i>Acisoma inflatum</i> (Selys, 1882)	+	+
		<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius, 1798)	-	+
<i>Hemistigma albipunctum</i> (Rambur, 1842)	+	+		
<i>Trithetrum congoense</i> (Aguesse, 1966)	-	+		
Aeshnidae		<i>Anax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	-	+
		<i>Ceriagrion glabrum</i> (Burmeister, 1839)	+	+
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Pseudagrion hamoni</i> (Fraser, 1955)	-	+
		<i>Pseudagrion torridum</i> (Selys, 1876)	+	+
	Plactycnemididae	<i>Mesocnemis singularis</i> (Karsch, 1891)	+	+
		Pentaplebiidae	<i>Pentaplebia mangana</i> (Dijkstra, Lambret & Mézière, 2015)	-
Total=2	5	35	24	30

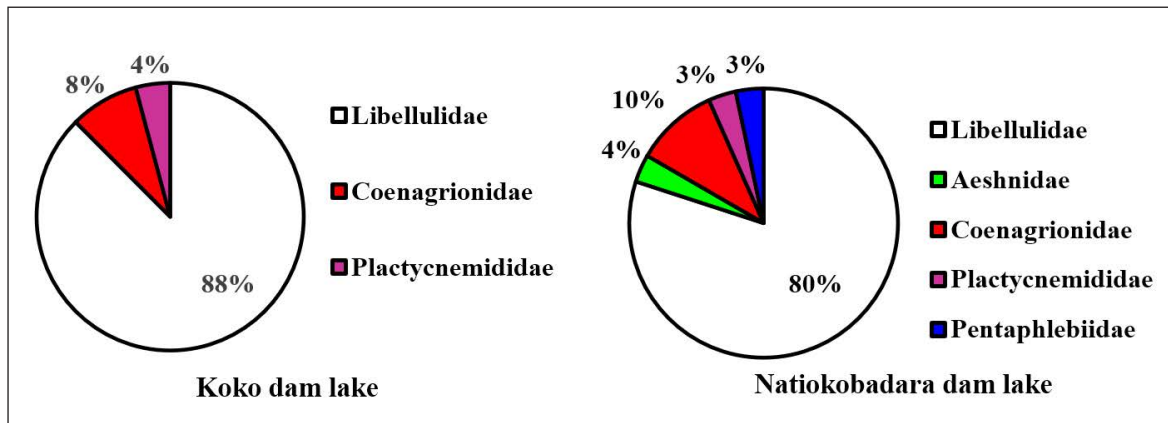


Figure 2 : Composition of the families of Odonata collected in the two dam lakes

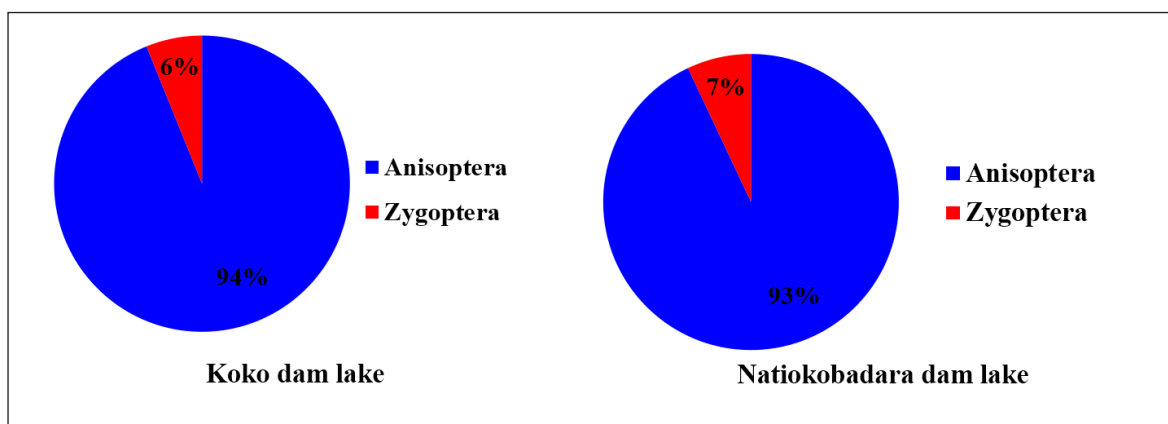


Figure 3 : Abundance of the suborders of Odonata collected in the two dam lakes

Table 2 : Taxa richness, abundance and diversity indices of Odonata recorded in the two dam lakes

	Koko	Natiokobadara
Taxa richness	24	30
Abundance	571	285
Shannon-Wiener index	2.24	2.61
Evenness index	0.70	0.76
Margalef index	3.62	5.13

Diversity indices

The highest values of Shannon-Wiener diversity index (2.61), Margalef (5.13) and evenness (0.76) were recorded at Natiokobadara man-made lake while the lowest values of these indices (Shannon-Wiener (2.24); Margalef (3.62) and evenness (0.70)) were obtained at Koko dam lake (Table 2).

Similarity of settlement between sites

The Bray-Curtis similarity coefficient was used to assess the similarity of Odonata communities

between the different dam lakes. After a square root transformation of the mean abundance of Odonate species for each site in relation to the other sites a dendrogram was obtained. This dendrogram groups the sites into 2 large groups with a similarity of 50% (Figure 4). Group I includes the sites of Natiokobadara. Group II is composed of those of Koko.

The analysis of similarities (ANOSIM) calculated the significant differences between the assemblages of the Odonata communities of the Koko dam and those of the Natiokobadara dam, independently of the location of the sampling sites. The absolute value of R calculated (Global R) is 0.73 for p=0.03. The similarity percentage (SIMPER) was used to show the species responsible for the differences between the Koko and Natiokobadara dam lakes. The average dissimilarity for these two habitats is 44.39%. Twenty-eight species are responsible for this dissimilarity. *Palpopleura portia* (10.45%) and *Brachythemis impartita* (6.03%) are the two species that contribute most to this dissimilarity (Table 3). The average similarity of the sites of Koko dam

lake is 69.12%. Twelve species contribute to this similarity. *Palpopleura portia* (13.53%) and *Crocothemis erythraea* (10.21%) have the highest contribution to this similarity. The average similarity for the sites

of Natiokobadara dam lake is 64.21%. Seventeen species contribute to this similarity. *Crocothemis erythraea* and *Palpopleura lucia* contribute to 12.89% and 9.03% of this similarity respectively.

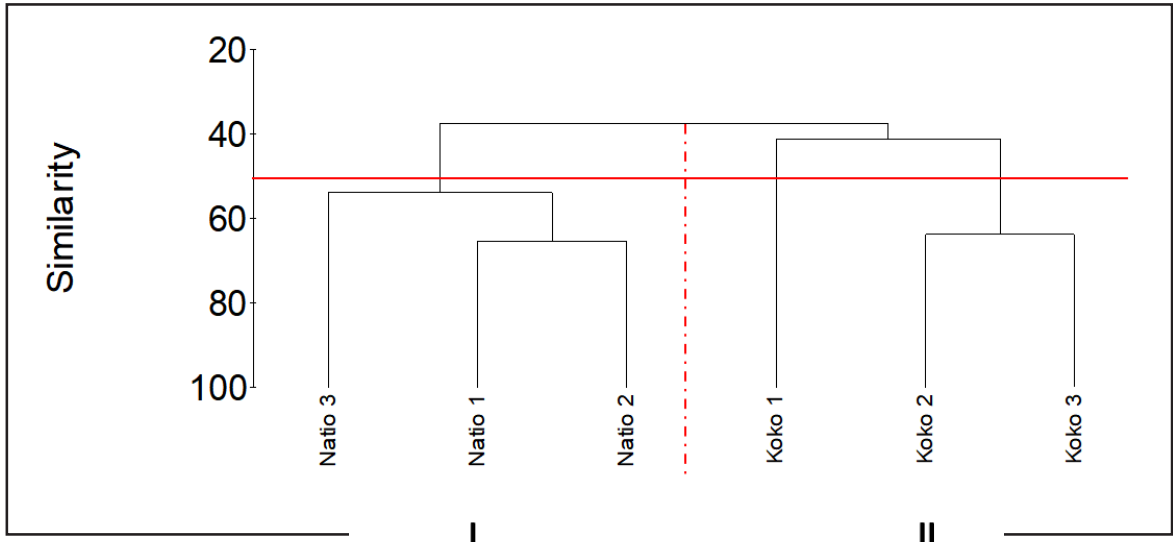


Figure 4 : Hierarchical classification of the study sites based on Odonata abundance; I and II = groups observed, Natio=Natiokobadara.

Table 3 : List of discriminating species for among-habitat comparisons of similarity, average dissimilarity, species-specific contribution to average dissimilarity.

Species	Average Dissimilarity	Contribution %
<i>Palpopleura portia</i> (Drury, 1773)	4.64	10.45
<i>Brachythemis impartita</i> (Krasch, 1890)	2.67	6.03
<i>Palpopleura albifrons</i> (Legrand, 1979)	2.30	5.19
<i>Anax ephippiger</i> (Burmeister, 1839)	2.15	4.84
<i>Acisoma inflatum</i> (Selys, 1882)	1.92	4.33
<i>Trithemis nuptialis</i> (Karsch, 1894)	1.73	3.90
<i>Palpopleura deceptor</i> (Calvert, 1899)	1.71	3.86
<i>Brachythemis wilsoni</i> (Pinhey, 1952)	1.66	3.74
<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)	1.61	3.64
<i>Olpagastra lugubris</i> (Karsch, 1895)	1.58	3.55
<i>Parazyxomma flavicans</i> (Martin, 1908)	1.55	3.50
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot, 1807)	1.45	3.26
<i>Crocothemis sanguinolenta</i> (Burmeister, 1839)	1.43	3.22
<i>Brachythemis leucosticta</i> (Burmeister, 1839)	1.40	3.15
<i>Orthetrum guineense</i> (Ris, 1910)	1.24	2.79
<i>Pseudagrion torridum</i> (Selys, 1876)	1.17	2.64
<i>Palpopleura lucia</i> (Drury, 1773)	1.09	2.45
<i>Hemistigma albipunctum</i> (Rambur, 1842)	1.08	2.44
<i>Mesocnemis singularis</i> (Karsch, 1891)	1.04	2.35
<i>Palpopleura jacunda</i> (Rambur, 1842)	1.00	2.25
<i>Ceriagrion glabrum</i> (Burmeister, 1839)	0.94	2.11
<i>Urothemis assignata</i> (Selys, 1872)	0.92	2.06
<i>Trithemis dichroa</i> (Karsch, 1893)	0.72	1.61
<i>Pseudagrion hamoni</i> (Fraser, 1955)	0.72	1.61
<i>Aethriamanta rezia</i> (Kriby, 1889)	0.71	1.60
<i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849)	0.71	1.60
<i>Trithetrum congoense</i> (Aguesse, 1966)	0.67	1.50
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	0.64	1.44

Discussion

Sampling of Odonata around the two dam lakes of Korhogo revealed a total of 35 species, including 30 species of Anisoptera and 5 species of Zygoptera. Anisoptera (dragonflies) are abundant in both water bodies. This may be due to the high dispersal ability and adaptability to a wide range of habitats of Anisoptera (Suhling *et al.*, 2004), in contrast to Zygoptera, which have limited dispersal ability (Lawler, 2001). This observation has also been made in other wetlands, in Ghana in lentic and lotic environments of the Ankasa Reserve (Seidu *et al.*, 2019), in India in the Kundavada Lakes (Harisha and Hosetti, 2017). The Odonata community collected in this study is dominated by species of family Libellulidae in the suborder Anisoptera and family Coenagrionidae in the suborder Zygoptera. The dominance of Libellulidae and Coenagrionidae is thought to be due to the fact that both families are thought to have a strong affinity for lentic systems (Dijkista and Clausnitzer, 2014; Dijkista, 2016). In addition, Libellulidae and Coenagrionidae are the two largest families of Odonata in the world and dominate the fauna of freshwater ecosystems on every continent (Mapi-ot *et al.*, 2013). Species in the family Libellulidae have a wide range, so this family has a high species diversity (Kaize and Kalkman, 2009). Our results are similar to previous works in Côte d'Ivoire (Legrand and Couturier, 1985) and in Ghana (Seidu *et al.*, 2019). The species richness recorded in this study is lower than that obtained in previous work in Côte d'Ivoire in Taï forest where Legrand and Couturier (1985) collected 51 species of Odonata, in Ghana where Seidu *et al.* (2019) recorded 47 species in Ankasa reserve. However, this richness is higher than that observed (19 species) in the

wetlands of the Bejaia region in Algeria (Aroudj and Touati, 2018). These differences could be due to the study period and the size of the lakes surveyed. Indeed, the area of the Koko (about 5 hectares) and Natiokobadara (about 2 hectares) dam lakes is not large enough. As reported by Carchini *et al.* (2005) and Suh and Samways (2005), the size of aquatic habitats also becomes an important factor in determining Odonata species richness and diversity. Low Odonata richness could also be due to environmental pollution from anthropogenic activities in this case agricultural activities and clothes washing around the lakes. These activities could affect the population assemblage of Odonata and cause migration of endemic species (Clausnitzer, 2003; Krishna *et al.*, 2013). The Shannon diversity index, used for inter-lake comparisons, shows a slightly higher diversity (2.61) in Natiokobadara dam lake than that recorded in Koko dam lake (2.24). This could be due to the species richness (30 species) of this environment. Indeed, Natiokobadara dam lake is a very open environment characterized by diversified vegetation offering thus ideal conditions for the installation and the good development of Odonata. The values of Evenness index of the two man-made lakes are relatively high. They therefore reflect a relative equilibrium of these environments. This study revealed that *Crocothemis erythraea* and *Orthetrum chrysostigma* are frequent on both water bodies. These species would be ubiquitous, so they would have a wide distribution. The frequency of *Crocothemis erythraea* in the different samples would be due to the fact that this species likes stagnant water bodies with a warm microclimate (Goffart *et al.*, 2006).

Conclusion

This study provides the Odonata communities diversity in two dam lakes in Korhogo city. Our findings indicate that thirty five species belonging to two suborders and 5 families were collected. This

study shows that the artificial environments are also reservoirs sheltering Odonata fauna. It is believed that more surveys on the Odonata fauna of water bodies can increase the taxa richness.

Acknowledgements

The authors thank Klaas-Douwe B. Dijkstra for the identification guide he provided.

References

- Acquah-Lampitey D, Kyerematen R, Owusu EO. 2013.** "Using Odonates as markers of the environmental health of water and its land related ecotone," *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5(11): 761-769.
- Adu BW, Ogbogu SS. 2013.** Diversity and Community Structure of Dragonflies and Damselflies (Insecta: Odonata) in Aponmu Forest, Southwestern, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 3(6): 231-239
- Aroudj N, Touati N. 2018.** Recensement des Odonates dans certaines zones humides dans la région de Bejaia. Mémoire Master II, Université de Bejaia, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 54p.
- Carchini G, Solimni AG, Ruggiero A. 2005.** Habitat characteristics and odonata diversity in mountain ponds of central Italy. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 573-581.
- Chovanec A, Schindler M, Waringer J, Wimmer R. 2015.** The dragonfly association index (Insecta: Odonata) - a tool for the type-specific assessment of lowland rivers. *River Research and Applications*. 31(5): 627-638.
- Clausnitzer V. 2003.** Dragonfly communities in coastal habitats of Kenya: Indication of biotope quality and the need of conservation measures. *Biodiversity and Conservation*. 12: 333-356.
- Corbet PS. 1999.** "Dragonflies: behaviour and ecology of odonata," *Aquatic Insects*, 23(1): 83-83.
- Dijkstra KDB. 2016.** "African dragonflies and damselflies online," <http://addo.adu.org.za>.
- Dijkstra KDB, Clausnitzer V. 2014.** The Dragonflies and Damselflies of Eastern Africa: Handbook for All Odonata from Sudan Zimbabwe, 263p.
- Dijkstra, KDB, Bechly G, Bybee SM, Dow RA, Dumont HJ, Fleck G, Garrison RW, Hämäläinen M, Kalkman VJ, Karube H, May ML, Orr AG, Paulson DR, Rehn AC, Theischinger G, Trueman JWH, Van-Tol J, Von-Ellenrieder N, Ware J. 2013.** The classification and diversity of dragonflies and damselflies (Odonata). *Zootaxa*. 3703(1): 36-45.
- Edia OE. 2013.** Spatial and circadian variation of aquatic insect communities in tropical fish ponds (Natiokobadara, Korhogo, Northern Côte d'Ivoire). *International Journal of Biosciences*, 3: 11-21.
- Goffart P, Knijf DG, Anselin A, Tailly M. 2006.** Les Libellules (Odonata) de Belgique. Répartition, tendances et habitats. Publication du Groupe de Travail Libellules Gomphus et du Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois, Série «Faune-Flore-Habitats», n° 1, Gembloux, 398 p.
- Grand D, Boudot JP. 2006.** Les libellules de France, Belgique et Luxembourg. Ed. Biotope, Mèze, (Collection Parthénope). 480 p.
- Kaize J, Kalkman VJ. 2009.** Records of dragonflies from Kabupaten Merauke, Papua, Indonesia collected in 2007 and 2008 (Odonata). *Suara Serangga Papua* 4: 40-45.
- Krishna PK, Ramakrishna B, Srinivasulu C, Srinivasulu B. 2013.** Odonata Diversity of Manjeera Wildlife Sanctuary with notes on Female Polymorphism of *Neurothemis tullia* (Drury, 1773) (Odonata: Libellulidae) and Some Species Hitherto Unreported from Andhra Pradesh, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 1(4): 99-104.
- Lawler SP. 2001.** Rice fields as temporary wetlands. *Israel Journal of Zoology*, 47: 513-528.
- Legrand J, Couturier G. 1985.** Les Odonates de la forêt de Taï (Côte d'Ivoire). *Revue Hydrobiologie tropicale*, 18(2): 133-158.
- Lindley RP. 1974.** The dragonflies of Korhogo Ivory Coast. *Bulletin de l'Institut fondamental d'Afrique noire (A)*, 36: 682-698.
- Mapi-ot EF, Taotao AU, Nuñeza OM, Villanueva RJT. 2013.** Species diversity of adult Odonata in selected areas from Misamis Occidental Province, Philippines. *AACL Bioflux*, 6: 1-12.

Seidu I, Nsor AC , Danquah E, Tehoda P, Oppong KS. 2019. Patterns of Odonata Assemblages in Lotic and Lentic Systems in the Ankasa Conservation Area, Ghana. *Hindawi International Journal of Zoology*, 1-14, <https://doi.org/10.1155/2019/3094787>.

Simaika JP, Samways MJ. 2009. An easy-to-use index of ecological integrity for prioritising freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biodiversity Conservation*, 18: 1171-1185.

Suh AN, Samways MJ. 2005. Significance of temporal changes when designing a reservoir for conservation of dragonfly diversity. *Biodiversity Conservation*, 14: 165-178.

Suhling F, Martens A, Marais E. 2004. Critical species of Odonata in Southwest Africa. *International Journal of Odonatology* 7: 263–277

Yapo ML, Boua DP, Koné KN and Diomandé D. 2020a. Assessment of aquatic insect species composition, abundance and diversity within two dam lake in Korhogo: Koko and Natiokobadara (Northern Côte d'Ivoire). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(5): 282-288.

Yapo ML, Boua DP, Koné KN and Diomandé D. 2020b. Diversity and distribution of aquatic insects in Koko and Natiokobadara dam lakes in Korhogo (North Côte d'Ivoire). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(6): 15-22

Utilisation de caméras appâtées pour le suivi de la faune ichthyologique du Lac de Buyo (Bassin du Sassandra, Côte d'Ivoire)

Using of baited cameras to monitor fish fauna of Lake Buyo (Sassandra basin, Côte d'Ivoire)

Abo KJB • Konan YA • Monney AI • N'Dri OR • Koné T

Received: 05 August 2020 / Accepted: 17 March 2021 / Published online: 1 March 2022
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé La vidéosurveillance aquatique est de plus en plus utilisée dans les processus de gestion des pêcheries en raison de ses nombreux avantages. Le présent travail a permis de tester l'efficacité des caméras d'action appâtées dans l'évaluation de la richesse spécifique et de l'abondance des poissons du lac de Buyo. Le test de visibilité des caméras a consisté à faire varier la distance caméra-appâts (CA) à différentes profondeurs. Pour évaluer l'attractivité des appâts, un dispositif en blocs randomisés comprenant six caméras avec des appâts et une caméra non appâtée ont été utilisés. Les résultats ont montré un niveau optimal de visibilité des caméras pour une distance CA maximale de 50 cm et une transparence supérieure à 80 cm. Le temps d'arrivée des poissons sur les appâts a varié entre 5 min 44 s et 20 min 4 s et le temps de séjour sur les appâts a été plus long sur le son de maïs (40 min 49 s) et le son de riz (35 min 15s) contre 15 min au maximum pour les autres appâts. Les différences observées sont significatives ($p < 0,05$). Au total, 14 espèces de poissons appartenant à 6 catégories trophiques ont été identifiées. *Enteromius macrops* (Boulenger, 1911) et *Brycinus longipinnis* (Günther, 1864), respectivement planctonivores et insectivores, sont les plus abondants. Nos données montrent que les sons de maïs et de riz sont les appâts les plus attractifs. En outre, l'efficacité des caméras d'action dépend de la distance CA et de la profondeur de l'eau.

Mots clés : Vidéosurveillance, Visibilité, Attractivité des appâts, Transparence de l'eau, Richesse spécifique, Abondance.

Abstract Aquatic video monitoring is increasingly used in fisheries management processes because of their many advantages. The present work tested the effectiveness of baited cameras in assessing the species richness and fish abundance from Lake Buyo. The camera visibility test was used to vary the distance between the camera and the bait pot (CA distance) at different depths. To assess the attractiveness of the baits, a randomized block device comprising seven experimental devices of which six contained cameras with baits and an unbaited camera were used. The results showed an optimal level of cameras visibility for a maximum CA distance of 0.50 m and a transparency greater than 0.80 m. The arrival time of fish species on the baits is ranged from 5 min 44 s and 20 min 4 s. Fish residence time near baits was longer with corn bran (40 min 49 s) and rice bran (35 min 15s) than other baits. The observed differences were significant ($p < 0.05$). A total of 14 Fish species belonging to 6 trophic categories were identified in Lake Buyo. *Enteromius macrops* (Boulenger, 1911) and *Brycinus longipinnis* (Günther, 1864) respectively planktonivorous and insectivorous were the most abundant. Our study data shows that corn and rice bran are the most attractive baits. This study showed that cameras efficiency depends on CA distance and water transparency.

Key words : Video monitoring, Visibility, Bait attractiveness, Water transparency, Specific richness, Abundance.

Introduction

L'observation des poissons dans de nombreux systèmes aquatiques est essentielle dans les processus de conservation des espèces et de gestion des pêcheries, mais elle est souvent limitée en raison de la complexité de leurs habitats. Le système BUV (*Baited Underwater Video*) ou système de vidéo sous-marine appâté permet de résoudre bon nombre de problèmes associés à l'échantillonnage et offre la possibilité de recueillir des données précises dans les habitats aquatiques (Willis et Babcock, 2000 ; Cappo *et al.*, 2007). Cette méthode non extractive et moins perturbatrice permet d'obtenir des données importantes sur les interactions écologiques et le comportement des poissons (Costa *et al.*, 2006 ; Kimball et Able, 2012).

Le choix du secteur du lac de barrage de Buyo situé dans le Parc National de Taï pour l'expérimentation des caméras d'action réside dans le fait que cette partie abrite plusieurs zones de frai et donc une diversité de microhabitants. Ceux-ci sont composés de ripisylve, de plantes aquatiques et de sédiments dominés par du sable et des graviers (N'Dri *et al.*, 2020). En plus, le régime lentique de cette partie du fleuve Sassandra peut être bénéfique pour l'observation et la qualité des images ; cela, en raison de la faible variation du volume de l'eau et une transparence plus élevée, contrairement à la partie fluviale qui charrie une quantité importante de matières allochtones susceptible de gêner l'observation par la caméra.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

Le lac de barrage de Buyo est situé au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, entre 06°14' et 07°03' de latitude Nord et 06°54' et 07°31' de longitude Ouest (Figure 1). Il résulte de la construction d'un barrage hydroélectrique sur le fleuve Sassandra, à 4 Km en aval de la confluence avec la rivière N'Zo, à la limite du Parc National de Taï, noyant près de 8400 hectares de forêts (OIPR, 2006). Ce lac couvre une superficie de 920 km² avec un bassin versant de 75000 km². Quatre stations d'expérimentation ont été sélectionnées dans la partie du lac

adjacente au Parc National de Taï en fonction de leur accessibilité : *station 1* - PK15 (07°08'031"N et 06°90'863"W), *station 2* - PK28 (07°00'490"N et 06°90'217"W) ; *station 3* - Dera (07°03'599"N et 06°96'442"W) et *station 4* - Beablo (06°91'654" N et 07°06'554" W). Ces stations sont caractérisées par la présence de végétation sur les rives, un substrat dominé par du sable, du gravier, des bois morts et des débris végétaux. La profondeur des eaux varie entre 2 et 5 m et la canopée est estimée à 10% (N'Dri *et al.*, 2020).

La méthode d'observation à l'aide de caméras appâtées est beaucoup utilisée dans les eaux marines très profondes ou difficiles d'accès pour l'observation de diverses espèces de vertébrés et d'invertébrés par rapport aux eaux continentales (Stoner *et al.*, 2008 ; Wilson *et al.*, 2014). Dans le lac de Buyo, l'utilisation de caméras d'action non appâtées a permis d'identifier une espèce de poisson, *Coptodon zillii*, qui fraie dans des nids creusés dans le sédiment près des berges (N'Dri, 2020). Par ailleurs, l'utilisation couplée des caméras d'actions et des appâts pourrait avoir pour avantage l'observation de plusieurs espèces, d'individus de petites tailles qui échappent souvent aux engins de pêche. Cette technique d'observation permet également de réduire la mortalité liée à la pêche. Ce qui devrait contribuer à protéger les espèces menacées d'extinction (Sheehan *et al.*, 2010 ; Favaro *et al.*, 2012). De plus, tous les animaux passant à travers le champ de vision, en réponse ou non à l'effet de l'appât, peuvent être enregistrés (Armstrong *et al.*, 1992). Ainsi, la présente étude vise à tester l'efficacité des caméras d'action appâtées dans l'évaluation de la richesse spécifique et l'abondance des poissons du lac de Buyo. Les résultats de cette recherche peuvent être complémentaires aux méthodes traditionnelles d'échantillonnage utilisées dans les programmes de surveillance des peuplements ichtyologiques et d'évaluation des stocks.

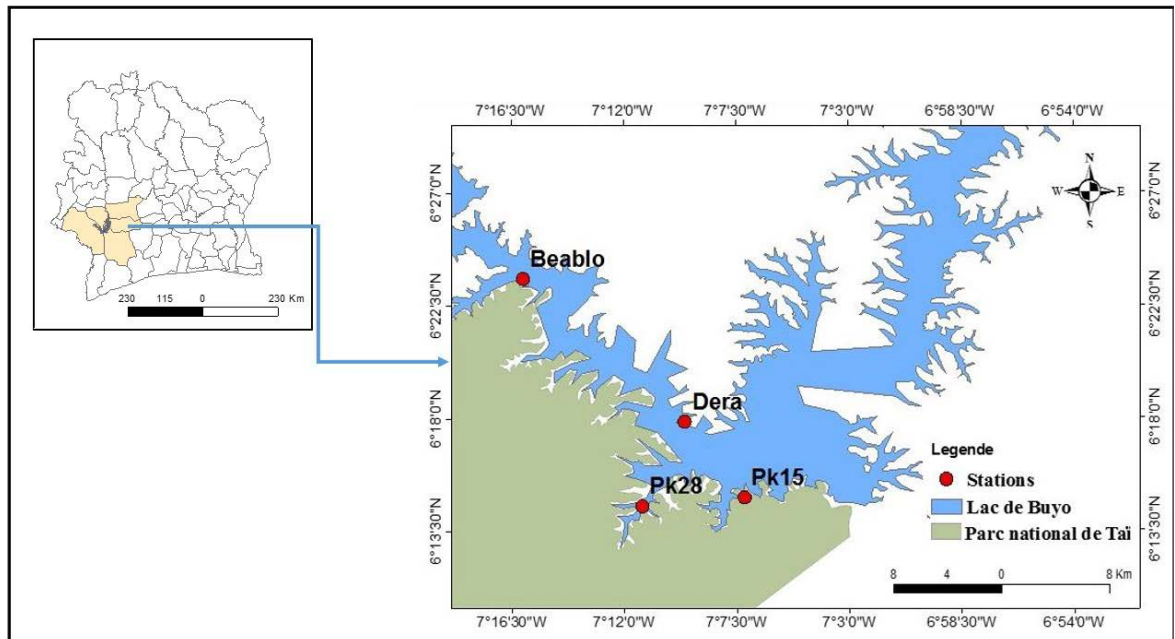


Figure 1 : Stations d'expérimentation dans le lac de Buyo (Côte d'Ivoire).

Collectes des données

Tests de visibilité des caméras et de transparence de l'eau

La présente étude a été menée entre décembre 2019 et janvier 2020. Le test de visibilité des caméras a été réalisé à l'aide de 4 dispositifs expérimentaux séparés l'un de l'autre d'au moins 20 m (Sheaves *et al.*, 2016). Chaque dispositif est constitué d'une caméra aquatique (Marque APEXAM ; modèle M80 ; nombre de pixel 20 MP ; résolution 4K ; type de lentille grand angle) et un pot à appât, montés sur le même support. Chaque caméra est placée horizontalement de sorte que l'appât soit dans le champ de vision, facilitant l'identification et le comptage des poissons (Cappo *et al.*, 2004) (Figure 2). Chaque pot a été perforé avant d'être appâté avec une quantité de 300 g d'aliment, afin d'accélérer la libération de l'odeur de l'aliment dans le milieu.

Le voyant de chaque caméra a été fermé avec un ruban adhésif noir pour éviter que la lumière clignotante modifie le comportement des poissons. Le déploiement du dispositif a été effectué manuellement et les enregistrements vidéo ont duré 1h30min. Entre les enregistrements, le dispositif est retiré, afin de remplacer les appâts. Le test a consisté à évaluer la visibilité des caméras à différentes distances entre caméras et pots à appâts (distance CA) : 0,30, 0,50, 1,0 et 1,50 m pour évaluer la visibilité des caméras. Les enregistrements ont été effectués à des profondeurs de 0,25, 0,50, 0,75, 1,0, 1,25, 1,50, 1,75 et 2,0 m entre 8h et 17h. Dans chaque station, la transparence de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi.

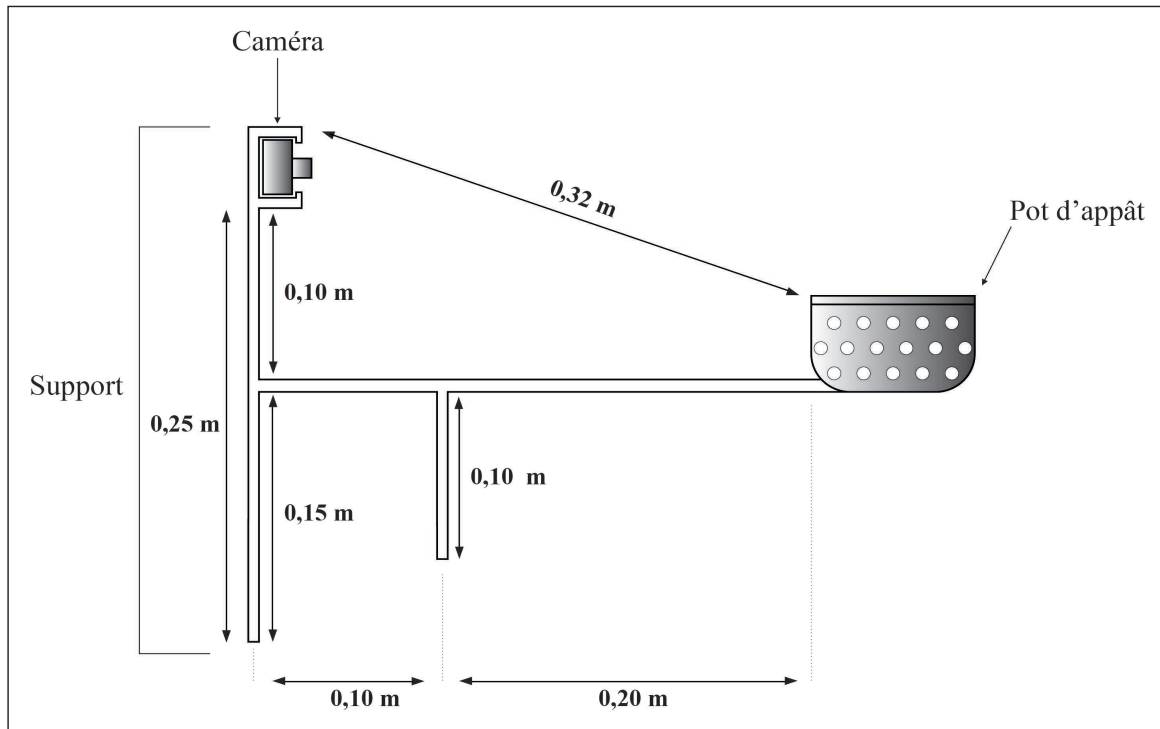


Figure 2 : Dispositif expérimental de caméra appâtée pour l'évaluation de la visibilité des poissons

Test d'attractivité des appâts

Pour l'évaluation de l'attractivité des appâts, 7 dispositifs expérimentaux installés à des profondeurs variant entre 0,50 et 0,75 m ont été utilisés. Parmi ces dispositifs, 6 ont été appâtés avec 6 types d'appâts, notamment : le son de riz (RI), le son de maïs (MA), le son de blé (BL), le tourteau de palmiste (PA), le manioc broyé (MN), la poudre de poisson séché (PO). Ces appâts ont été précuits séparément avec un litre d'eau jusqu'à l'obtention d'une patte à forte odeur et capable de résister à l'eau. Chaque dispositif expérimental a été appâté avec 300 g d'aliment. La distance entre la caméra et le pot à appât (distance CA) était de 0,3 m, distance optimale obtenue par le test de visibilité pour des images de qualité. Le septième dispositif constitué de la caméra non appâtée a servi de témoin. Dans chaque station, 5 essais ont été réalisés pour chaque type d'appâts.

Analyse des données

Au laboratoire, les séquences vidéo enregistrées ont été visionnées à l'ordinateur. Les poissons observés dans les vidéos ont été identifiés à l'aide des clés de Paugy *et al.* (2003 a et b) et les noms des espèces ont été mis à jour à partir de la base de données Fishbase (Froese et Pauly, 2021). Pour déterminer la visibilité des caméras, l'échelle de niveau suivante a été utilisée : bonne (possible identification de l'espèce), faible (poissons visibles mais identification impossible) et très faible (poissons invisibles ou

très peu visibles). Des côtes de 2, 1 et 0 ont été respectivement attribuées à l'échelle « bonne », « faible » et « très faible ». Les données du test de visibilité ont été indiquées par deux valeurs de transparence, inférieure ou égale à 0,80 m et supérieure à 0,80 m. Les espèces inventoriées ont été classées en catégories trophiques sur la base des résultats des travaux antérieurs.

Pour l'évaluation de l'attractivité des appâts, les variables suivantes ont été utilisées : le temps d'arrivée (TA) du premier individu dans le champ de vision de la caméra, le temps de séjour (TS) des poissons sur l'appât, le nombre d'espèces (NE) et le nombre maximum d'individus présents sur l'appât (MaxN) ou l'abondance (Willis et Babcock, 2000 ; Stoner *et al.* 2008). Les enregistrements de 1h 30 min séquencés en 15 min ont été subdivisés en intervalles de 30 s (30 intervalles de 30 s). Cette méthode a fourni un nombre maximum d'individus (MaxN) non biaisé par des observations répétées des mêmes individus pendant 5 min. Les données ont été obtenues par unité d'expérience dans chaque station.

Le test de Kruskal-Wallis (KW) a été utilisé pour comparer le niveau de visibilité entre les distances CA, le temps d'arrivée et le temps de séjour des poissons sur les appâts, la richesse spécifique et l'abondance des espèces pour chaque type d'appât. Le test de Mann-Whitney (MW) a servi à connaître le niveau de significativité entre les paramètres utilisés. Les données obtenues ont été traitées à l'aide du logiciel PAST 3.14 (Hammer *et al.*, 2001).

Résultats

Transparence de l'eau

La transparence la plus faible a été obtenue à Beablo (0,41 m) et la plus forte a été obtenue à Dera (1,29 m) (Tableau 1). La médiane (1,09 m) et la moyenne (1,11±0,13 m) les plus élevées ont été mesurées à Dera et les plus faibles (0,81 et 0,85±0,17 m respectivement) à PK28. La comparaison de ce paramètre entre les stations a indiqué des différences significatives (KW, $p=0,035$) et ces différences se situent entre Dera et PK28 (MW, $p=0,011$).

Tableau 1 : Valeurs de la transparence en centimètres mesurées dans le lac de Buyo de décembre 2019 à janvier 2020.

Variabes	Beablo	Dera	PK15	PK28
Min-Max	0,41-1,21	0,93-1,29	0,82-1,19	0,63-1,12
Moyennes	0,84±0,32	1,11±0,13	1,01±0,14	0,85±0,17
Médianes	0,90	1,09	1,01	0,81

Min = minimum ; Max = maximum

Visibilité des caméras

La visibilité des poissons par les caméras a varié en fonction de la distance caméra-appât, de la profondeur et de la transparence (Figure 3). Lorsque la transparence de l'eau est inférieure ou égale à 0,80 m, pour une distance CA de 0,30 et 0,50 m, les poissons sont visibles à des profondeurs de 0,50 à 0,75 m, peu visible de 1,0 à 1,25 m et invisible de 1,50 à 2,0 m (Tableau 2). Pour une distance CA de 1,0 m, les poissons sont peu visibles à 0,50 m de profondeur et invisibles de 0,75 à 2,0 m. Pour une distance CA de 1,50 m, les poissons sont invisibles.

À une transparence de l'eau supérieure à 0,80 m et pour des distances CA de 0,30 et 0,50 m, les poissons sont visibles à des profondeurs de 0,50 à 1,75 m, et peu visibles de 1,75 à 2,0 m (Tableau 2). Par contre, lorsque la distance CA est de 1,0 m, les poissons sont peu visibles de 0,50 m à 1,50 m de profondeur, et invisibles de 1,75 m à 2,0 m de profondeur. Pour une distance CA de 1,50 m, les poissons sont invisibles. Les paires de comparaison du niveau de visibilité en fonction de la transparence ont montré des différences significatives pour les distances CA de 30, 50 et 100 cm (MW, $p<0,05$).

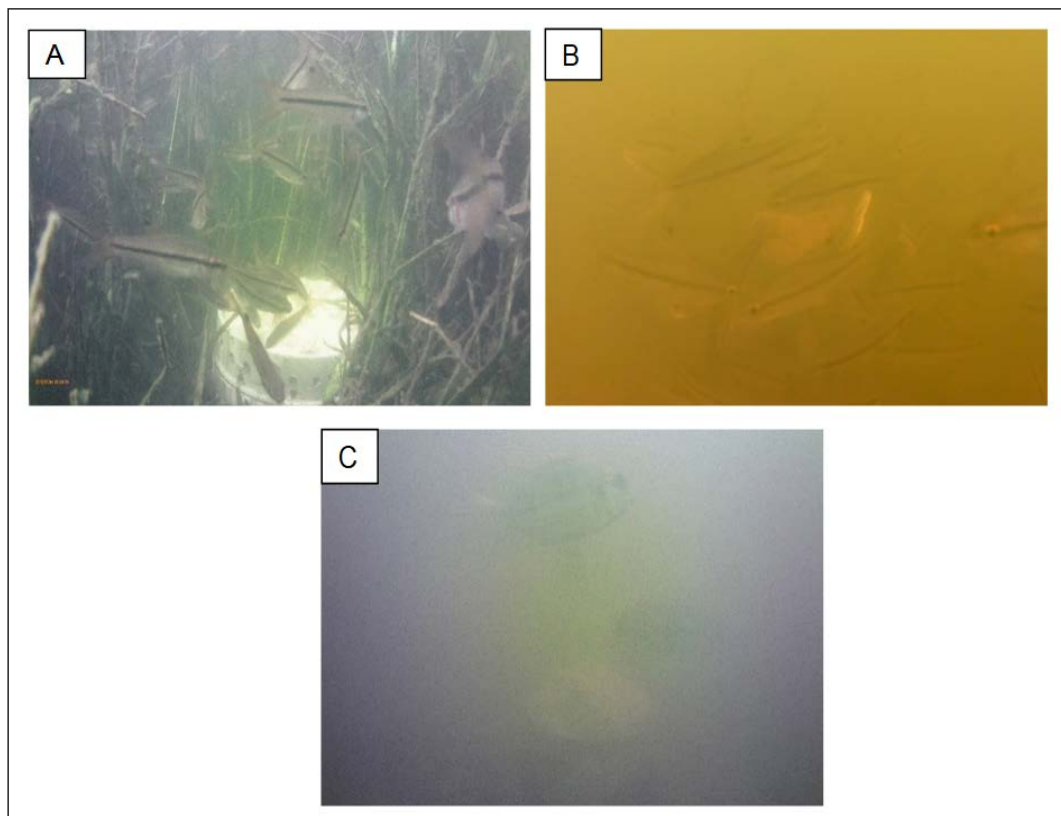


Figure 3 : Visibilité des poissons par les caméras dans le lac de Buyo

A = bonne ; B = faible ; C = très faible.

Tableau 2 : Niveau de visibilité des caméras d'action en fonction de la distance caméra-appât et de la profondeur

Profondeur (m)	Transparence ≤ 0,80 m				Transparence > 0,80 m			
	Distance CA (m)				Distance CA (m)			
	0,3	0,5	1,0	1,5	0,3	0,5	1,0	1,5
0,50	2	2	1	0	2	2	1	0
0,75	2	2	0	0	2	2	1	0
1,00	1	1	0	0	2	2	1	0
1,25	1	1	0	0	2	2	1	0
1,50	0	0	0	0	2	2	1	0
1,75	0	0	0	0	2	2	0	0
2,00	0	0	0	0	1	1	0	0

CA = caméra-appât ; 2 : bonne ; 1 : faible ; 0 : très faible.

Attractivité des appâts

Les résultats du test d'attractivité des appâts ont été obtenus à partir des dispositifs placés à des profondeurs comprises entre 0,5 et 0,75 m quelle que soit la valeur de la transparence.

Temps d'arrivée et temps de séjour

Le temps d'arrivée (TA) des poissons a varié d'un appât à l'autre (Figure 4). Les valeurs moyennes les plus élevées sont observées sur le son de blé (1204 s ou 20 min 04 s), la poudre de poisson séché (1071 s ou 17 min 51 s) et le tourteau de palmiste (1066 s ou 17 min 46 s) et les plus faibles, chez le son de maïs (344s ou 5 min 44 s) et le témoin (425 s ou 7 min 05 s). Quant au temps de séjour des poissons près des appâts, les valeurs moyennes ont affiché un temps de séjour plus long pour le maïs (2449 s ou 40 min 49 s) (Figure 5) et le riz (2115 s ou 35 min 15 s) et plus faibles pour le palmiste (359 s ou 5 min 59 s) et le témoin (107 s ou 1 min 47s). Les comparaisons du temps d'arrivée et de séjour ont montré des différences significatives entre les appâts (KW, $p < 0,05$).

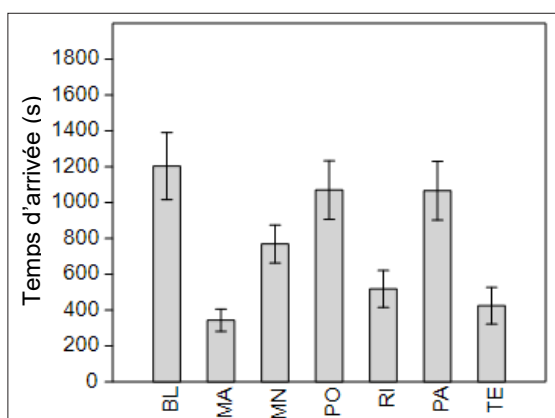


Figure 4 : Variation des temps d'arrivée (en secondes) des poissons en fonction des appâts. Les box indiquent les valeurs moyennes et l'écart-type.

BL : son de blé ; MA : son de maïs ; MN : pâte de manioc ; PO : poudre de poisson séché ; RI : son de riz ; PA : tourteau de palmiste ;

TE : témoin (sans appâts).

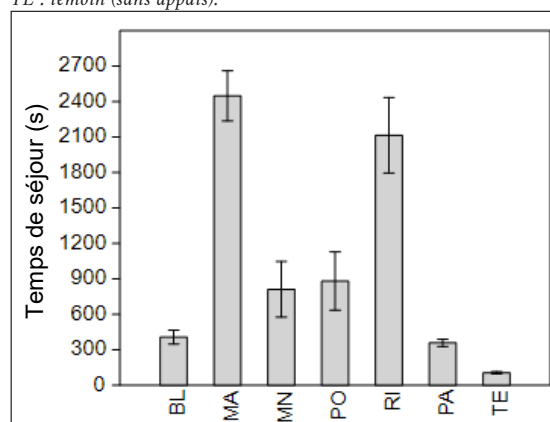


Figure 5 : Variation des temps de séjour (en secondes) des poissons en fonction des appâts. Les box indiquent les valeurs moyennes et l'écart-type.

BL : son de blé ; MA : son de maïs ; MN : pâte de manioc ; PO : poudre de poisson séché ; RI : son de riz ; PA : tourteau de palmiste ; TE : témoin (sans appâts).

Espèces inventoriées et abondance relative

Quatorze (14) espèces appartenant à 7 familles et 10 genres ont été identifiées sur l'ensemble des stations d'étude identifiées dans le secteur du lac de Buyo adjacent au parc national de Taï (Figure 6 ; Tableau 3).

Au total, 2061 individus ont été dénombrés sur les différents types d'appât et le témoin durant la période d'étude. Parmi eux, *Enteromius macrops* (Boulenger, 1911) présente l'abondance la plus élevée (51,87%) suivi de *Brycinus longipinnis* (Günther, 1864) (17,03%) et *Coptodon zillii* (Gervais, 1848) (10,43%) tandis que les 4 espèces *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829), *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916, *Labeo parvus* Boulenger, 1902 et *Lates niloticus* (Linnaeus, 1758) ont une abondance très faible (0,10%, 0,10%, 0,05%, 0,05% respectivement) (Figure 7). Des différences significatives ont été notées dans l'abondance totale des différentes espèces (KW, $p = 0,000$).

Les espèces identifiées ont été classées en 5 catégories trophiques selon leurs préférences alimentaires : les insectivores (5 espèces), les omnivores, planctonivores et détritivores (2 espèces chacun), les carnivores et piscivores (une espèce chacun) (Tableau 4). Les insectivores, les omnivores et les planctonivores ont été observés sur tous les types d'appâts, les détritivores sur trois types d'appâts (BL, MA, RI), l'espèce carnivore (sur 3 types d'appâts MA, PO, RI) et l'espèce piscivore, sur un seul type d'appât, le maïs.

Le plus grand nombre d'espèces a été observé sur le son de maïs (Tableau 3) (13 espèces soit 92,9%) suivi du son de riz (10 espèces ; 71,4%). Le tourteau de palmiste, le manioc et le son de blé ont enregistré chacun le plus faible nombre d'espèces (5 espèces ;

35,7%). Pour ce qui concerne le témoin, 6 espèces ont été enregistrées (42,9%). La comparaison du nombre d'espèces entre les différents appâts a indiqué une différence significative (KW ; $p=0,010$). Les couples de comparaison suivantes MA-BL, MA-MN, MA-PO, MA-PA et MA-TE ont montré des différences significatives (MW, $p<0,05$).

L'abondance des individus en fonction des appâts est présentée à la figure 8. Le son de maïs a présenté la plus grande abondance (45,80%) suivi du riz (26,49%) tandis que l'abondance était plus faible au niveau du son de blé (5,29%) et du témoin (4,37%) et les différences observées ont été significatives (KW, $p=0,007$).

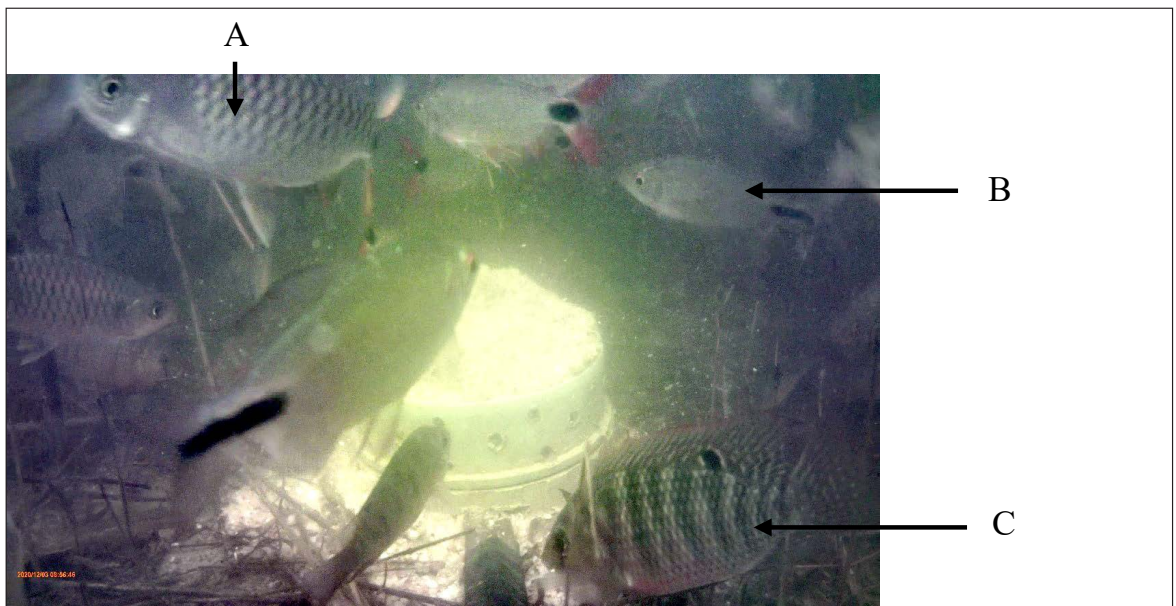


Figure 6 : Quelques espèces de poissons observées sur le son de maïs

A : *Brycinus macrolepidotus* ; B : *Brycinus longipinnis* ; C : *Oreochromis niloticus*.

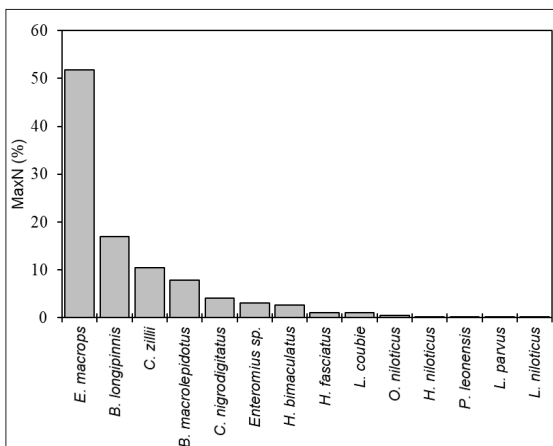


Figure 7 : Abondance relative des espèces de poissons observées par les caméras d'action dans le lac de Buoyo.

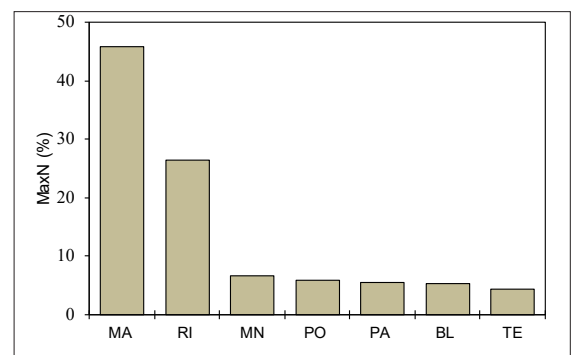


Figure 8 : Abondance relative des poissons observés par appât par les caméras d'action dans le lac de Buoyo.

MA : son de maïs ; RI : son de riz ; MN : pâte de manioc ; PO : poudre de poisson séché ; PA : tourteau de palmiste ; BL : son de blé ; TE : témoin (sans appâts).

Tableau 3 : Liste des espèces de poissons observées par le système de vidéosurveillance dans le lac de Buyo.

Familles/Espèces	BL	MA	MN	PO	RI	PA	TE
Clupeidae							
<i>Pellonula leonensis</i> Boulenger, 1916		+					
Osteoglossidae							
<i>Heterotis niloticus</i> (Cuvier, 1829)		+		+			
Alestidae							
<i>Brycinus longipinnis</i> (Günther, 1864)	+	+			+	+	
<i>Brycinus macrolepidotus</i> Valenciennes, 1850		+		+	+	+	+
Cyprinidae							
<i>Enteromius</i> sp.		+		+			+
<i>Enteromius macrops</i> (Boulenger, 1911)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Labeo coubie</i> Rüppell, 1832	+	+			+		
<i>Labeo parvus</i> Boulenger, 1902					+		
Claroteidae							
<i>Chrysichthys auratus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809)		+		+	+		
Latidae							
<i>Lates niloticus</i> (Linnaeus, 1758)		+					
Cichlidae							
<i>Coptodon zillii</i> (Gervais, 1848)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hemichromis bimaculatus</i> Gill, 1862	+	+	+		+	+	+
<i>Hemichromis fasciatus</i> Peters, 1857		+	+		+		+
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)		+	+		+		
TOTAL	5	13	5	6	10	5	6
POURCENTAGE	35,7	92,9	35,7	42,9	71,4	35,7	42,9

BL : son de blé ; MA : son de maïs ; MN : pâte de manioc ; PO : poudre de poisson séché ; RI : son de riz ; PA : tourteau de palmiste ; TE : témoin (sans appâts).

Tableau 4 : Catégories trophiques des différentes espèces observées par le système de vidéosurveillance dans le lac de Buyo.

Catégories trophiques	Espèces	Références
Insectivore	<i>Pellonula leonensis</i> , <i>Heterotis niloticus</i> , <i>Brycinus longipinnis</i> , <i>Hemichromis bimaculatus</i> , <i>Hemichromis fasciatus</i>	Kouamé et al. (2006), Kouadio et al. (2019), Dietoa et al. (2007), Blay (1985)
Omnivore	<i>Brycinus macrolepidotus</i> , <i>Coptodon zilli</i>	Dietoa et al. (2006), Shep et al. (2013)
Planctonivore	<i>Enteromius macrops</i> , <i>Oreochromis niloticus</i>	Cambray (1983), Harbott (1982)
Détritivore	<i>Labeo coubie</i> , <i>Labeo parvus</i>	Olufeaga et al. (2016), Hugueny et Pouilly (1999)
Carnivore	<i>Chrysichthys nigroditatus</i>	Ouro-Sama et al. (2020)
Piscivore	<i>Lates niloticus</i>	Adebisi (1981)

Discussion

La présente étude a permis d'analyser les performances des caméras d'action pour l'étude du peuplement ichtyologique du lac de Buyo. Des différences de visibilité ont été observées en fonction de la transparence de l'eau. Les caméras ont une visibilité plus élevée lorsque la transparence est supérieure à 0,80 m et la distance CA, inférieure ou égale à 0,50 m. En effet, ce paramètre est étroitement lié à de nombreux facteurs environnementaux, tels que la chlorophylle-a, la biomasse phytoplanctonique, les matières en suspension et l'état nutritionnel du milieu (Kemp *et al.*, 2005 ; Kukushkin, 2014 ; Kim *et al.*, 2015). Dans cette étude, les valeurs moyennes de transparence les plus élevées ont été obtenues à la station Dera (1,1 m), traduisant une faible transparence du lac de Buyo en comparaison au lac Ladoga (Russie), où les valeurs peuvent excéder 3 m (Naumenko, 2008). Cela peut être lié à l'accumulation de matières organiques provenant des zones situées en amont du fleuve Sassandra ; ce qui réduit la pénétration de la lumière dans le milieu. Cette étude montre ainsi, que les caméras d'action sont performantes pour l'identification des poissons dans les eaux continentales à transparence supérieure à 0,8 m et lorsque la distance Caméra-Appât est faible.

La méthode de vidéosurveillance a permis d'identifier 14 espèces de poissons dans le lac de Buyo qui ont eu une préférence pour certains types d'appâts. En effet, le maïs et le riz ont enregistré, respectivement, 13 et 10 espèces. Ce constat est certainement lié aux propriétés olfactives de chaque appât. La préférence d'un appât sur l'autre est souvent observée chez les poissons (Stobart *et al.*, 2007). De même, des essais d'appâts utilisant la sardine, le maquereau, le mullet et la crevette ont suggéré, que la sardine et le maquereau étaient de meilleurs appâts pour attirer les Serranidés (*Plectropomus laevis* (Lacepède, 1801), *Epinephelus merra* Bloch, 1793) et les Léthrinidés (*Lethrinus atkinsoni* Seale, 1910, *L. genivittatus* Valenciennes, 1830) (Langlois *et al.*, 2006). Les travaux de Langlois *et al.* (2006) ayant utilisé un dispositif appâté pour l'observation des poissons, ont identifié 14 espèces de poissons dans une réserve marine tandis que les travaux de Stobart *et al.* (2007) ont indiqué 51 espèces dans la Méditerranée. Ces variations peuvent être liées à plusieurs facteurs environnementaux. En effet, les facteurs affectant le nombre de poissons attirés par les engins appâtés comprennent la vitesse du courant, les seuils sensoriels des appâts, la vitesse de nage et la prédation (Løkkeborg *et al.*, 1995, Collins *et al.*, 2002). Dans le cas des espèces d'eaux peu profondes, des facteurs tels que la vision,

peuvent jouer un rôle important dans la détection des appâts, indépendamment de l'effet du panache d'odeur (Bailey et Priede, 2002).

Les dispositifs appâtés ont enregistré une abondance plus élevée de poissons comparativement au témoin ; ce qui suggère que les appâts ont une influence sur l'attractivité des poissons. Les espèces *Enteromius macrops* et *Brycinus longipinnis* ont obtenu la réponse la plus attrayante aux appâts en termes d'abondance. Les différences d'abondance pourraient être liées aux interactions entre les espèces. En effet, la présence de poissons prédateurs et la compétition alimentaire peuvent influencer l'abondance d'une espèce sur l'autre (Willis *et al.*, 2000). Les espèces telles que *Pellonula leonensis*, *Oreochromis niloticus* ont eu une abondance très faible, ce qui n'est pas lié à leur rareté dans le milieu (N'Dri *et al.*, 2020), mais probablement à leur faible capacité de détecter les odeurs et la présence de leurs prédateurs (Fermon et Bigorne, 2006). Dans la présente étude, un grand nombre d'espèces et d'individus planctoniques et insectivores ont été observés, contrairement aux espèces carnivores et piscivores. Cela peut être dû aux habitudes alimentaires de ces espèces, qui consomment pour la plupart de petites particules de nourritures propagées dans la colonne d'eau contrairement aux carnivores qui consomment des proies plus grandes (Lauzanne, 1988 ; Paugy et Lévêque, 2006). En effet, les trous perforés au niveau des pots à appâts sont susceptibles de diffuser de petites particules alimentaires dans le milieu aquatique.

Nos données ont montré, par ailleurs, que les poissons ont eu un temps moyen de séjour plus long sur le maïs (49 min 49 s) et le riz (35 min 15 s) comparativement aux autres appâts. Cela pourrait s'expliquer par la nature chimique des attractants et des stimulants contenus dans ces aliments, comme indiqué par Hara *et al.* (2011). Le temps moyen d'arrivée le plus élevé a été de 20 min 04 s et permet de suggérer qu'un temps de déploiement de 20 min suffit pour une étude où l'observation des espèces est le but principal. Par contre, pour une étude de la richesse spécifique, de la densité et de la diversité, il faudra tenir compte du temps de séjour des espèces sur les appâts, ce qui permettra d'obtenir les différentes métriques et avoir des données fiables. Un temps d'arrivée (TA) de 25 à 30 min a été indiqué chez *Pagrus auratus* (Forster, 1801) en Nouvelle-Zélande (Willis et Bacchcock, 2000) et un TA de 23 min chez des poissons tropicaux australiens (Cappo *et al.*, 2004).

Les caméras d'action ont permis de recenser 14 espèces de poissons dans le lac de Buyo alors que l'usage des engins de capture (filets et nasses) a indiqué la présence de 32 espèces (N'Dri *et al.*, 2020). Plusieurs raisons peuvent justifier cette différence. En effet, dans le cas des inventaires classiques, l'échantillonnage a eu lieu sur un plus large éventail d'habitats et dans les zones profondes prenant en compte les espèces benthiques et pélagiques, alors que cette étude s'est limitée aux zones peu profondes près des berges. De plus, la collecte des données a eu lieu en toutes saisons alors que la présente étude, par vidéosurveillance, s'est limitée à la période des basses eaux. Par ailleurs, l'exclusion compétitive

de certaines espèces par d'autres participants à l'appât a probablement influencé l'arrivée d'autres espèces de poissons comme déjà indiquée par d'autres auteurs (Willis et Babcock, 2000 ; Bailey et Priede, 2002). En effet, la présence du piscivore *Lates niloticus* aurait contribué à la réduction de l'attractivité des espèces proies. En raison des arguments ci-dessus, l'utilisation de caméras de vidéosurveillance doit tenir compte des paramètres liés à l'habitat, aux saisons hydrologiques et la compétition interspécifique pour l'obtention de données reflétant la diversité globale des milieux aquatiques. Cette méthode peut donc être considérée comme une meilleure alternative aux méthodes traditionnelles d'échantillonnage.

Conclusion

Cette étude a indiqué un nombre relativement élevé d'espèces et d'individus dans une courte période, et a montré que l'efficacité des caméras testées est fortement dépendante de la transparence et de la profondeur de l'eau. En effet, cette technique d'observation peut contribuer à évaluer rapidement

la richesse spécifique et les comportements des communautés ichtyologiques des eaux superficielles. Toutefois, l'utilisation d'un dispositif couplé à 2 caméras vidéo peut permettre d'obtenir des informations précises sur la taille des poissons et analyser la dynamique des populations des espèces.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui logistique de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) qui a fourni les caméras utilisées dans cette étude. Les auteurs remercient également M.

DAGO Guy-Melaine Gbalou, doctorant à l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon-Guédé (Côte d'Ivoire), pour sa contribution à la collecte des données sur le terrain.

Références bibliographiques

- Adebisi AA. 1981.** Analyses of the stomach contents of the piscivorous fishes of the Upper Ogun River in Nigeria. *Hydrobiologia*, 79(2) : 167-177.
- Armstrong JD, Bagley PM, Priede IG. 1992.** Photographic and acoustic tracking observations of the behaviour of the grenadier *Coryphaenoides (Nematonurus) armatus*, the eel *Synphobranchus bathybius*, and other abyssal demersal fish in the North Atlantic Ocean. *Marine Biology*, 112 : 535-544.
- Bailey DM, Priede IG. 2002.** Predicting fish behaviour in response to abyssal food falls. *Marine Biology*, 141 : 831-840.
- Cambray JA. 1983.** The feeding habits of minnows of the genus *Barbus* (Pisces, Cyprinidae) in Africa, with special reference to *Barbus anoplus* Weber. *Journal of the Limnological Society of Southern Africa*, 9(1) : 12-22.
- Cappo M, Harvey E, Shortis M. 2007.** Counting and measuring fish with baited video techniques – an overview. *Cuttingedge Technologies in Fish and Fisheries Science*, 1 : 101-114.

- Cappo M, Speare P, De'ath G. 2004.** Comparison of Baited Remote Underwater Video Stations (BRUVS) and prawn (shrimp) trawls for assessments of fish biodiversity in inter-reefal areas of the Great Barrier Reef Marine Park. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302 : 123-152.
- Collins MA, Yau C, Guilfoyle F, Bagley P, Everson I, Priede IG, Agnew D. 2002.** Assessment of stone crab (Lithodidae) density on the South Georgia slope using baited video cameras. *ICES Journal of Marine Science*, 59 : 370-379.
- Costa C, Loy A, Cataudella S, Davis D, Scardi M. 2006.** Extracting fish size using dual underwater cameras. *Aquacultural Engineering*, 35 : 218-227.
- Dietoa YM, Da Costa KS, Gourène G. 2006.** Ecologie alimentaire de *Brycinus macrolepidotus* (Pisces ; Alestidae) dans le bassin de la Bia (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 18 (2) : 125-134.
- Dietoa YM, Gourène G, Ouattara A. 2007.** Habitudes alimentaires de *Brycinus longipinnis* dans le complexe fluvio-lacustre de la Bia, Côte d'Ivoire. *Belgian Journal of Zoology*, 137 (1) : 3-9.
- Favaro B, Lichota C, Cote IM, Duff SD. 2012.** TrapCam: an inexpensive camera system for studying deep-water animals. *Methods in Ecology and Evolution*, 3 : 39-46.
- Fermon Y., Bigorne R., 2006.** L'éthologie. In : Lévêque C., Paugy D. (Eds). Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD Éditions, Paris, 225-252.
- Froese R, Pauly D. 2021.** FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001.** PAST : Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1) : 1-9.
- Hara TJ. 2011.** Smell, taste and chemical sensing. In: Farrell AP (Ed.). Encyclopedia of fish physiology: from genom to environment, Vol 1. Academic Press/Elsevier, London/ Amsterdam, 183-235.
- Harbott BJ. 1982.** Studies on the feeding activities of *Sarotherodon niloticus* L. in Lake Turkana. In : Hopson AJ (Ed.) Lake Turkana. A report of the findings of the Lake Turkana Project 1972-1975. London, Overseas Development Administration, 1357-1368.
- Hugueny B, Pouilly M. 1999.** Morphological correlates of diet in an assemblage of West African freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*, 54(6) : 1310-1325.
- Kemp WM, Boynton WR, Adolf JE, Boesch DF, Boicourt WC, Brush GS, Cornwell JC, Fisher TR, Glibert PM, Hagy JD. 2005.** Eutrophication of Chesapeake Bay: Historical trends and ecological interactions. *Marine Ecology Progress Series*, 303 : 1-29.
- Kim SH, Yang CS, Ouchi K. 2015.** Spatio-Temporal patterns of Secchi depth in the waters around the Korean Peninsula using MODIS data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 164 : 172-182.
- Kimball ME, Able KW. 2012.** Tidal migrations of intertidal salt marsh creek nekton examined with underwater video. *Northeastern Naturalist*, 19: 475-486.
- Kouadio AN, Konan YA, Yao SS, Gogbé ZM, Gooré Bi G. 2019.** Food and feeding habits of *Hemichromis fasciatus* Peters, 1857 and *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) in Lake Ehuikro (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(7) : 3039-3052.
- Kouamé MK, Ouattara A, Dietoa MY, Gourène G. 2006.** Alimentation du Clupeidae *Pellonula leonensis* dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire). *Cybium*, 30(2) : 145-150.
- Kukushkin AS. 2014.** Long-Term seasonal variability of water transparency in the surface layer of the deep part of the Black Sea. *Russian Meteorology and Hydrology*, 39 : 178-186.
- Langlois T, Chabanet P, Pelletier D, Harvey E. 2006.** Baited underwater video for assessing reef fish populations in marine reserves. *SPC Fisheries Newsletter*, 118 : 53-57.
- Lauzanne L. 1988.** Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce africains. In : Lévêque C, Bruton MN, Sentongo GW (Eds). Biologie et écologie des Poissons d'Eau Douce Africains, Éditions ORSTOM, Paris, 221-242.
- Løkkeborg S, Olla BL, Pearson H, Davis MW. 1995.** Behavioural responses of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, to bait odour. *Journal of Fish Biology*, 46 : 142-155.
- N'Dri OR. 2020.** Identification et caractérisation des frayères à poissons dans le lac de barrage de Buyo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire, 154p.

- N'dri OR, Konan YA, Monney AI, Koné T. 2020.** Inventaire spécifique et caractéristiques de quelques frayères du lac de Buyo dans le Parc National de Taï (Sud-Ouest Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 145 : 14902-14913.
- Naumenko MA. 2008.** Seasonality and trends in the Secchi disk transparency of Lake Ladoga. *Hydrobiologia*, 599 : 59-65.
- OIPR. 2006.** Plan d'aménagement et la gestion du parc National de Taï, 99 p.
- Olufeagba SO, Okomoda VT, Benny. 2016.** Some Aspects of the Biology of *Labeo Coubie* Ruppell, 1832 and *Labeo senegalensis* Valenciennes, 1842 from Lower River Benue. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 10(2) : 49-54.
- Ouro-Sama K, Afiademanyo KM, Solitoke HD, Tanouayi G, Badassan TEE, Ahoudi H, Gnandi K. 2020.** Diet and Food Consumption of the African Catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* Lacépède (1803) (Siluriformes: Claroteidae), from the Hydrosystem Lake Togo-Lagoon of Aného (South of Togo). *Journal of Environmental Protection*, 11 : 954-976.
- Paugy D, Lévêque C. 2006.** Régimes alimentaires et réseaux trophiques. In : Lévêque C, Paugy D. (Eds). Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD Éditions, Paris, 191-216.
- Paugy D, Lévêque C, Teugels GG. 2003a.** Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, édition complète. Tome I. Édition IRD-MNHN-MRAC, Paris, Turvuren, 457 p.
- Paugy D, Lévêque C, Teugels GG. 2003b.** Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, édition complète. Tome II. Édition IRD-MNHN-MRAC, Paris, Turvuren, 815 p.
- Sheaves M., Johnston R., Baker R. 2016.** Use of mangroves by fish : new insights from in forest videos. *Marine Ecology Progress Series*, 549 : 167-182.
- Sheehan EV, Coleman RA, Attrill MJ, Thompson RC. 2010.** A quantitative assessment of the response of mobile estuarine fauna to crab-tiles during tidal immersion using remote underwater video cameras. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 387 : 68-74.
- Shep H, Konan KM, Ouattara M, Ouattara A, Gourène G. 2013.** Comparative analysis of diet of two sympatric species of Tilapia in Ayamé man-made Lake (Côte d'Ivoire). *Livestock Research for Rural Development*, 25 : 1-7.
- Stobart B, García-Charton J, Espejo C, Rochel E, Goñi R, Reñones O, Herrero A, Crech'hriou R, Polti S, Marcos C, Planes S, Perez-Ruzafa A. 2007.** A baited underwater video technique to assess shallow water Mediterranean fish assemblages : methodological evaluation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 345 : 158-174.
- Stoner AW, Laurel BJ, Hurst TP. 2008.** Using a baited camera to assess relative abundance of juvenile Pacific cod: Field and laboratory trials. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 354 : 202-211.
- Watson DL, Harvey E, Anderson MJ, Kendrick GA. 2005.** A comparison of temperate reef fish assemblages recorded by three underwater stereo-video techniques. *Marine Biology*, 148 : 415-425.
- Willis TJ, Millar RB, Babcock RC. 2000.** Detection of spatial variability in relative density of fishes: comparison of visual census, angling, and baited underwater video. *Marine Ecology Progress Series*, 198 : 249-260.
- Wilson KL, Allen MS, Ahrens RNM, Netherland MD. 2014.** Use of underwater video to assess freshwater fish populations in dense submersed aquatic vegetation. *Marine and Freshwater Research*, 66 (1) : 10-22.

Statut de conservation et impact des activités humaines sur quelques espèces de grands mammifères dans la Forêt Classée de Bossématié (Sud-Est, Côte d'Ivoire)

Conservation status and anthropogenic impacts on some large mammal species in the Bossematié classified forest (South-eastern, Côte d'Ivoire)

Soulemane O • Kassé KB • Yao KA • Atta ACJ • Kouakou JP • Kouakou JL • Kambiré SB • Kadjo B

Received: 14 October 2020 / Accepted: 04 June 2021 / Published online: 1 March 2022
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé Cette étude d'inventaire des grands Mammifères de la Forêt Classée de la Bossématié a été menée de mars à avril 2017 pour contribuer à l'état des connaissances de ces Mammifères et des menaces de l'anthropisation actuelle de l'habitat sur ces espèces. Cet inventaire a été réalisé sur des layons de longueur variable. Les prospections ont permis de noter une diversité de la faune Mammalienne. Ce sont au total, 32 espèces comprenant cinq espèces quasi-menacées, deux espèces vulnérables et une espèce en danger d'extinction. Au nombre de ces Mammifères, figurent de nombreuses espèces endémiques des forêts tropicales dont sept espèces de Rongeurs; neuf Cétartiodactyles; six Carnivores et six Primates. Dans cette forêt, les Pholidotes, les Hyracoïdes et les Proboscidiens sont représentés chacun par une espèce. Les éléphants ont eu les plus forts taux de rencontre (25,72 %) et les indices de contacts kilométrique les plus élevés (3,32). Les espèces les plus sensibles aux effets de l'anthropisation à la Forêt Classée de Bossématié sont pour la plupart des Primates dont *Procolobus verus* (0,017), *Pan troglodytes verus* (0,11) les moins observées au cours de l'étude. Par ailleurs, les différents habitats présentent des indices de diversité faunique faibles variant de 1,74 en forêts secondaires à 0,29 dans les cultures. Au vu de ces résultats, l'étude recommande la réhabilitation de cette forêt par le renforcement de la surveillance, le reboisement systématique des parcelles cultivées, la création de séries de conservation avec des retenues d'eau permanente et la mise sous tutelle des forêts pour leur gestion durable.

Mots clés : Mammifères, Conservation, Impact de l'anthropisation, Forêt Classée de Bossématié

Abstract This inventory study of the large Mammals of the Bossématié Classified Forest was conducted from March to April 2017 to contribute to the state of knowledge of these Mammals and the threats of the current anthropisation of the habitat on these species. This inventory was carried out on layouts of variable length. The surveys revealed a diversity of mammalian fauna. There are 32 species, including five near-threatened species, two vulnerable species and one endangered species. Among these Mammals, there are many species endemic to tropical forests, including seven species of rodents; nine cetartiodactyls; six carnivores and six primates. In this forest, the Pholidotes, Hyracoïdes and Proboscideans are each represented by one species. Elephants had the highest encounter rate (25.72%) and the highest kilometre contact index (3.32). The species most sensitive to the effects of anthropisation in the Bossématié Forest are mostly Primates, including *Procolobus verus* (0.017) and *Pan troglodytes verus* (0.11), which were the least observed species during the study. Furthermore, the different habitats show low faunal diversity indices varying from 1.74 in secondary forests to 0.29 in crops. In view of these results, the study recommends the rehabilitation of this forest by strengthening surveillance, systematically reforesting cultivated plots, creating conservation series with permanent water reservoirs and placing the forests under supervision for their sustainable management.

Key words : Mammals, Conservation, Impact of anthropisation, Bossématié classified forest

Soulemane O • Kassé KB • Atta ACJ •
Kouakou JP • Kambiré SB • Kadjo B
Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation
de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix
HOUPHOUËT-BOIGNY, Côte d'Ivoire.

Kouakou JL
Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et
Valorisation des Ressources Biologiques UFR
Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY,
Côte d'Ivoire.

Yao KA (✉)
Université Alassane Ouattara de Bouaké,
Département des Sciences et Techniques,
Côte d'Ivoire.
benahy.alphonse@gmail.com

Introduction

La gestion durable de la diversité biologique est préoccupante de nos jours. En effet, la dégradation de la biodiversité depuis quelques décennies a particulièrement attiré l'attention des sociétés de conservation et des décideurs dans le monde entier (Chévasus-au-Louis, 2005). Plusieurs causes dont les facteurs démographiques, économiques et technologiques sont à la base de cette dégradation (Pandey *et al.*, 2013).

En Côte d'Ivoire, les forêts ont subi au cours de ces dernières décennies une dégradation accélérée (Dibi *et al.*, 2008)). En effet, le couvert forestier ivoirien est passé de 16 millions d'hectares au début du vingtième siècle à moins de trois millions d'hectares de nos jours (FAO/REDD+, 2017). La dégradation et l'exploitation excessive des forêts entraînent la fragmentation et la perte de l'habitat faunistique aussi bien dans les forêts protégées que dans le domaine rural (Yao, 2020). Par ailleurs, pour mieux gérer les forêts classées, l'Etat ivoirien a initié des partenariats avec des structures privées. C'est le cas de la convention avec la Coopération allemande GIZ pour la réhabilitation et l'aménagement de la forêt classée de la Bossématié depuis dès les années 1990. Malheureusement, la situation de crise socio-politico-militaire qu'a traversée la Côte d'Ivoire de 1999 à 2010, à travers ses effets

collatéraux, a estompé ce programme au niveau national et particulièrement à la Forêt Classée de la Bossématié (FCB). En effet, dans cette forêt, les programmes de suivi de la faune et de son habitat qui étaient en cours jusqu'au déclenchement de la crise ont été suspendus en 2002. En conséquence, les aménagements effectués se sont dégradés et cette forêt a été envahie par les plantations agricoles et les braconniers (Soulemane, 2017). Durant cette même période, dans la majorité des forêts classées du pays de même qu'à la FCB, les activités anthropiques ont conduit à la fragmentation, à la dégradation et la création d'habitats dans ce massif (Bakayoko *et al.*, 2004 ; Yao, 2011 ; Akpatou *et al.*, 2018). Les conséquences de ces pratiques sont entre autres la disparition locale ou la raréfaction de nombreuses espèces végétales et animales (Kouamé *et al.*, 2010 ; Bitty *et al.*, 2015 ; Kassi *et al.*, 2017).

Ces forêts dépourvues de leur faune se meurent à cause de la disparition des agents disséminateurs, des pollinisateurs des détritivores pourvoyeurs de fumier pour l'enrichissement et la revitalisation des sols (Soulemane, 2003 ; Chazdon, 2007).

La présente étude vise à dresser la liste des principales espèces de grands Mammifères dans la FCB et estimer leur abondance relative et leur distribution.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

La Forêt Classée de Bossématié (FCB) a une superficie de 21553 hectares (Wöll, 1992). Elle est située dans la région de l'Indénié-Djuablin qui a pour chef-lieu de région Abengourou (Est de la Côte d'Ivoire). Elle se trouve entre les latitudes nord 703000 et 722000 et les longitudes ouest 436000 et 456000 (Figure1). Le climat est de type équatorial avec quatre saisons plus ou moins bien marquées dont deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches (Wöll, 1992). La végétation est une forêt dense semi-décidue secondarisée. Elle est irriguée saisonnièrement par la rivière Bossématié dans sa partie Ouest et reçoit quelques affluents de la rivière Manzan qui la côtoie à l'Est.

La végétation de la FCB est dense et semi-décidue dans sa partie septentrionale où les formations caractéristiques sont dominées par les espèces végétales comme l'iroko (*Chlorophora excelsa*), le fromager (*Ceiba pentandra*), l'ilomba (*Pycnanthus angolensis*), le makoré (*Tieghemella heckelii*) (Aké-Assi, 1998). Cependant, la partie méridionale de cette forêt dense, humide et sempervirente est bien marquée par les espèces végétales dominées par le niangon (*Tarrietia utilis*), l'acajou Bassam (*Khaya ivorensis*), l'avodiré (*Turraeanthus africanus*), et le framiré (*Terminalia ivorensis*) (Aké-Assi, 1998).

Les formations géologiques sont dominées par des roches métamorphiques, schistes et grès. Les sols sont de type ferrallitique moyennement dénaturés au niveau de la région (Eldin, 1971).

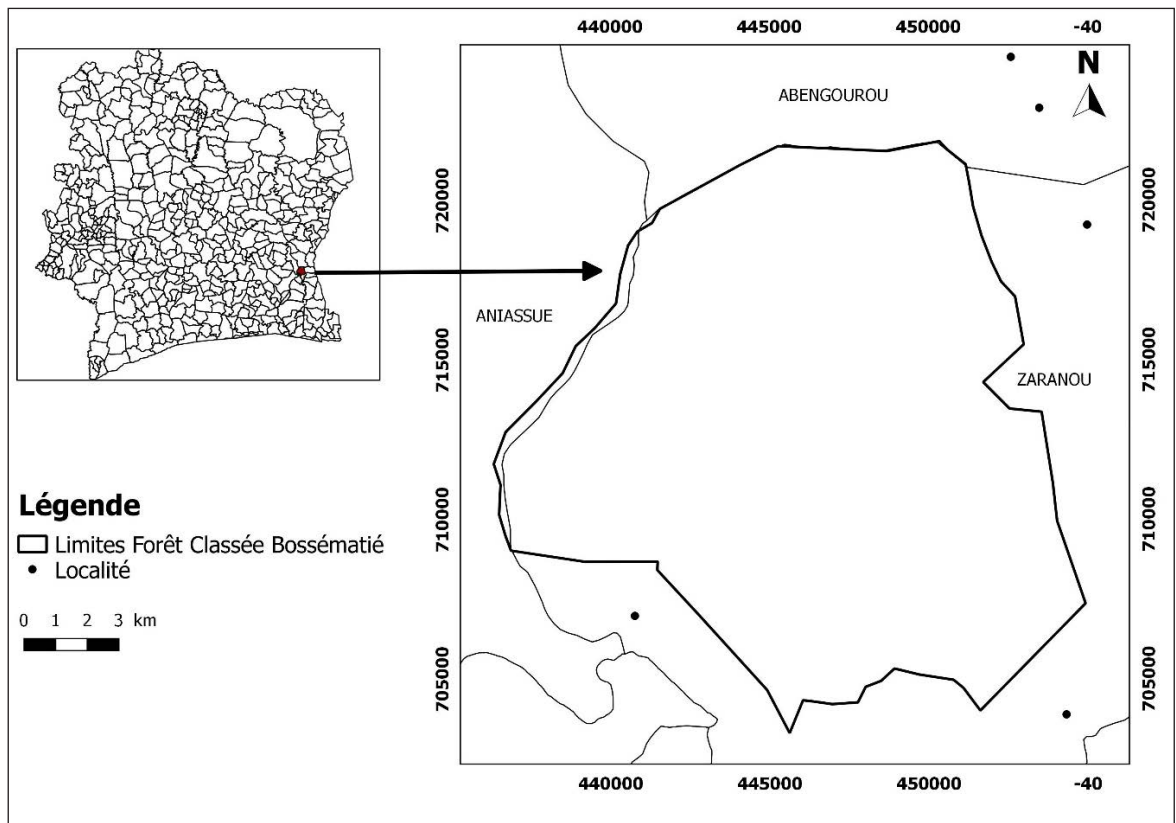


Figure 1 : Carte de la localisation de la Forêt Classée de la Bossématié

Habitats échantillonnés

Au niveau du site, les habitats majeurs considérés dans cette étude sont regroupés en cinq types de formations caractéristiques au niveau desquelles sont relevées les différentes activités fauniques et humaines. Ils se distinguent par leurs caractéristiques phytosociologiques et physiologiques à l'observation (Delassus, 2015). Ce sont d'une part les forêts secondaires à canopée fermée (fscf) à plus de 50% et les forêts secondaires à canopée ouverte (fSCO) à moins de 50%. D'autre part, il y a les forêts marécageuses (fma) au sol hydromorphe périodiquement inondés, les cultures (cult) représentant les plantations agricoles entretenues et les jachères (jach) représentant les anciennes plantations abandonnées.

Méthode d'inventaire

Les prospections de terrain ont été faites par quatre équipes d'inventaire constituées chacune d'un prospecteur faune qui renseigne la fiche d'enquête et tient le GPS pour la géolocalisation des observations faites dans le milieu d'étude, d'un prospecteur botaniste qui décrit les formations végétales ou les végétaux exploités par les animaux. L'inventaire des Mammifères a été

réalisé dans toute la Forêt Classée de Bossématié. La technique de collecte de données adoptée est celle de l'échantillonnage par transects linéaires à largeur variable (Soulemane, 2003).

Le dispositif d'échantillonnage dans le cadre de cette étude, comporte un total de 41 transects positionnés sur l'ensemble de la forêt (Figure 2). La principale route traversant la forêt du nord au sud est utilisée comme ligne de base des layons pour éviter les très longues distances de marche en forêt. Les transects contigus sont équidistants d'un kilomètre les uns des autres et traversent la forêt de l'est à l'ouest. Ils sont disposés systématiquement du nord au sud de la forêt.

Ces transects sont parcourus à partir d'un point de départ précis sur la ligne de base. Ce point de départ est repéré par navigation à l'aide du GPS et de la boussole. Sur les transects, les prospecteurs marchent lentement en ligne droite selon une direction bien prédéterminée à environ 1 km/h. Les prospections ont lieu entre 6 h 30 et 17 h avec l'observation des pauses par moments.

Les prospecteurs scrutent le sol de chaque côté du layon. Lorsqu'ils aperçoivent un animal ou un indice de présence d'animaux (crottes, traces, restes...) ou d'activités humaines (indice de chasse,

champs, défrichement, diverses exploitations...), ils renseignent les fiches de collecte des données, tenues par les chefs d'équipes. Ces informations concernent notamment les types d'observations directes (animal vu) ou indirectes (crottes,

empreintes, traces d'animaux), l'habitat, l'hydrographie et autres facteurs écologiques biotiques ou abiotiques susceptibles d'influencer la distribution de la faune dans le milieu. La distance parcourue sur chaque layon est notée.

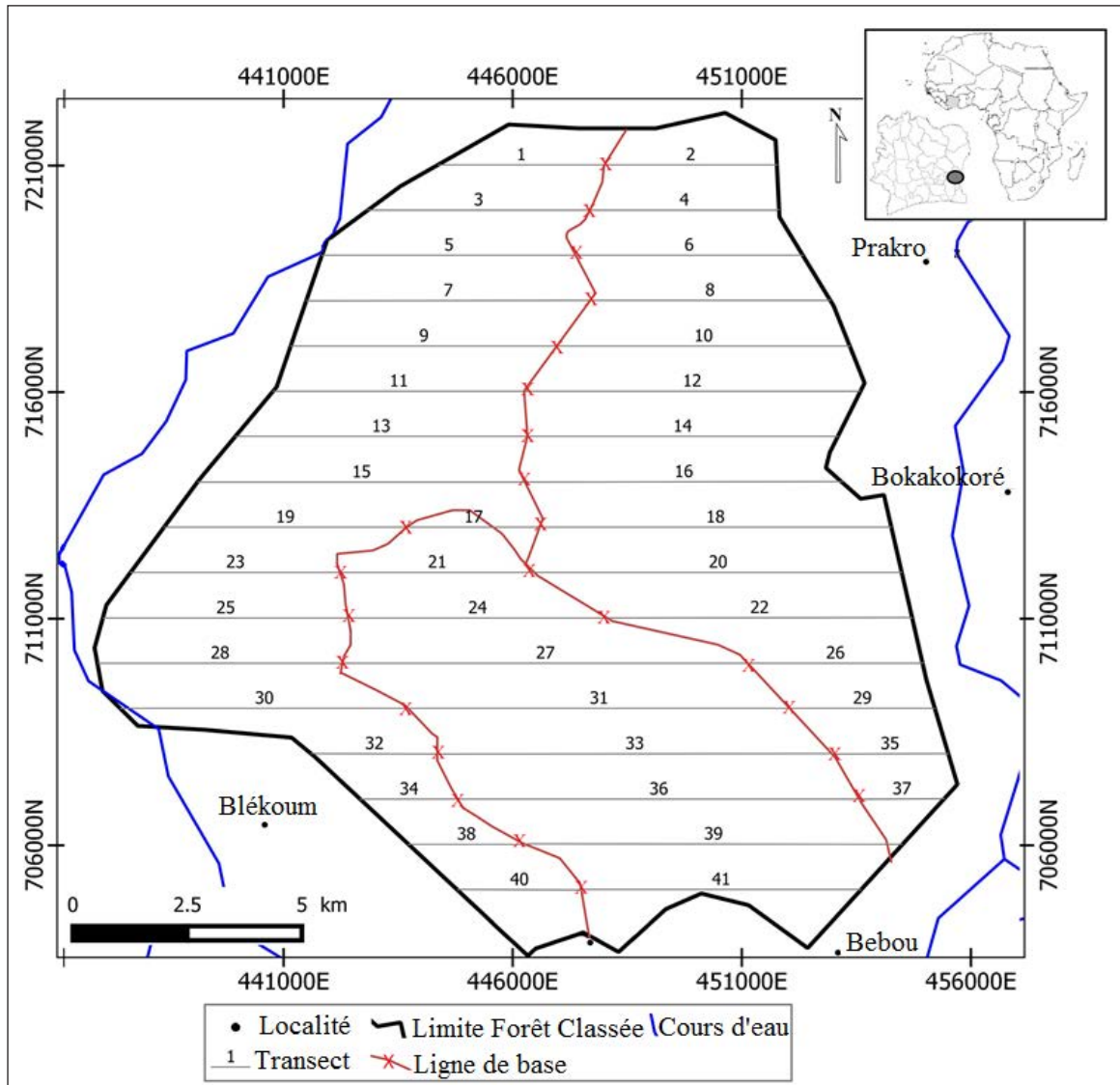


Figure 2 : Disposition des transects d'échantillonnage dans la Forêt Classée de la Bossématié

Analyse des données

L'analyse des données a consisté en la présentation de la distribution des observations, en un calcul d'Indice kilométrique de Contact (IKC) des signes de présence des animaux et des activités humaines. L'Indice Kilométrique de Contact (IKC) des différentes espèces de Mammifères est déterminé suivant le nombre d'indices ou d'observations par kilomètre parcouru sur l'ensemble des transects selon la formule : $IKC = \text{Nombre d'indices et d'observations} / \text{Distance}$

totale parcourue en km (Soulemane, 2003). Il est calculé, la fréquence relative des indices de présence des espèces d'animaux selon la formule : $\text{Nombre d'indices de présence d'une espèce} / \text{Nombre total d'indices de présence de toutes les espèces}$. Pour la présente étude, il est considéré que les espèces sont rares lorsqu'elles présentent des valeurs d'IKC inférieures à 0,01 ; peu fréquentes pour des valeurs d'IKC comprises entre 0,01 et 0,1 ; fréquentes entre 0,1 et 1 et communes pour les valeurs supérieures à 1.

L'évaluation de la diversité des Mammifères s'est faite à l'aide du calcul de l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H'), couramment utilisé pour comparer les communautés de Mammifères dans les différents types d'habitats prospectés (Kadjo *et al.*, 2014 ; Akpatou *et al.*, 2018). Il est exprimé par la formule $H' = - \sum (p_i) (\log_2 p_i)$ avec $p_i = n_i / N$ soit la proportion de la $i^{\text{ème}}$ espèce de la communauté ; p_i : proportion relative de l'espèce «i» dans la communauté ; n_i : nombre d'individus de l'espèce i ; N : nombre total d'individus constituant l'échantillon. L'indice d'équitabilité des différents habitats désignant le rapport entre la diversité observée (H') et la diversité théorique maximale du peuplement (H_{max}) est utilisé pour apprécier l'organisation des espèces dans les habitats. Il est exprimé comme suit : $E = H'/H_{\text{max}} = H'/\text{Log}_2 S$ avec $H_{\text{max}} = \text{Log}_2 S$ où S est la richesse spécifique.

Le Test de Friedman pour la comparaison multiple de variance des fréquences observées des Mammifères dans les différents types d'habitats a été réalisé à l'aide du logiciel XLSTAT Pro 2016. Il est suivi du Test de Nemenyi de classification des types d'habitats qui permet d'apprécier la distribution de ces animaux selon leurs préférences des habitats (Amahowe *et al.*, 2012 ; Akpatou *et al.*,

2018). Tous les tests sont considérés significatifs à $p < 0,05$. Le statut de conservation de chaque espèce a été déterminé selon la liste rouge des espèces de l'UICN (UICN, version 2021).

L'analyse de la distribution spatiale est élaborée à l'aide du logiciel QGIS2.2. Les coordonnées géographiques des transects ont été liées aux observations faites sur la faune. Ensuite à l'aide du logiciel, des cartes de répartition spatiale ont été produites à partir de la méthode des mailles et d'interpolation. La méthode des mailles consiste à recouvrir l'espace d'étude d'une grille régulière de carreaux de taille identique (1km x 1km) (Yao *et al.*, 2018). L'interpolation spatiale des taux de rencontre (points de rencontre) est possible à partir de Qgis par pondération inverse à la distance connue sous le terme anglo-saxon "Inverse Distance Weighted" (IDW). En effet, les mailles mettent à disposition la distribution des fréquences des semis de points en estimant la plage moyenne de la distribution des IKC des observations sur les parcours. Il résulte de cette méthode, des tâches sur les cartes représentant les points de concentration ou probabilité de rencontre de la faune identifiée à partir d'une extrapolation sur l'ensemble du site d'étude.

Résultats

Diversité des Mammifères de la FCB

La présente étude a permis de recenser 32 espèces de Mammifères dans les différents habitats de la Forêt Classée de Bossématié (Tableau 1). L'ensemble des espèces se répartit entre 16 Familles regroupée, 25 genres et sept ordres qui n'ont pas les mêmes importances spécifiques. En effet, les Cétartiodactyles (10 espèces soit 31,25%

des effectifs) et les Rongeurs (8 espèces soit 25% des effectifs) sont les plus importants. Ils sont suivis des Carnivores et des Primates avec chacun six et cinq espèces, soit 18,75% et 15,63%. Enfin, les Proboscidiens, les Hyracoïdes et les Pholidotes, avec respectivement une espèce chacun (3,12%), sont les moins diversifiés (Figure 3). Les parcours des transects en forêt ont permis de recenser 2920 indices de présence des Mammifères.

Tableau 1 : Liste des Mammifères, statut de conservation et leurs indices kilométriques de contact

Ordre	Nom scientifique	Nom commun	Habitats d'observation	IKC	Statut UICN 2021
CARNIVORES	<i>Atilax paludinosus</i> (G.[Baron] Cuvier, 1829)	Mangouste des marais	Fscf- fscf- fma- jach-cult	0,23	LC
CARNIVORES	<i>Crossarchus obscurus</i> (F.G. Cuvier, 1825)	Mangouste brune	Fscf- fscf- fma- jach-cult	1,98	LC
CARNIVORES	<i>Mellivora capensis</i> (Schreber, 1776)	Ratel	Fscf- fma-	0,03	LC
CARNIVORES	<i>Civettictis civetta</i> (Schreber, 1776)	Civettes d'Afrique	Fscf- fscf- fma-cult	0,26	LC
CARNIVORES	<i>Genetta genetta</i> (Linnaeus, 1758)	Genette commune	Fscf- fscf- fma-cult	0,09	LC
CARNIVORES	<i>Genetta tigrina</i> (Schreber, 1776)	Genette tigrine	Fscf- fscf- fma- jach-cult	0,12	LC
CETARTIODACTYLES	<i>Cephalophus dorsalis</i> Gray, 1846	Céphalophe bai	Fscf- fscf- fma-	0,09	NT
CETARTIODACTYLES	<i>Cephalophus niger</i> Gray, 1846	Céphalophe noir	Fscf- fscf- fma	0,10	LC
CETARTIODACTYLES	<i>Cephalophus ogilbyi</i> (Waterhouse, 1838)	Céphalophe d'Ogilby	Fscf- fscf	0,18	LC
CETARTIODACTYLES	<i>Cephalophus silvicultor</i> (Afzelius, 1815)	Céphalophe géant	Fscf- fscf- fma-	0,01	NT
CETARTIODACTYLES	<i>Philantomba maxwellii</i> (C.H. Smith, 1827)	Céphalophe de Maxwell	Fscf- fscf- fma-cult	0,84	LC
CETARTIODACTYLES	<i>Tragelaphus eurycerus</i> (Ogilby, 1837)	Bongo	Fscf- fscf- fma-	0,27	NT
CETARTIODACTYLES	<i>Tragelaphus scriptus</i> (Pallas, 1766)	Guib Harnaché	Fscf- fscf- fma- jach-cult	2,05	LC
CETARTIODACTYLES	<i>Hylochoerus meinertzhageni</i> Thomas, 1904	Hylochère	fscf- fma- jach-cult	0,05	LC
CETARTIODACTYLES	<i>Potamochoerus porcus</i> (Linnaeus, 1758)	Potamochère roux	Fsc- fcd- fma- jach-cult	0,06	LC
CETARTIODACTYLES	<i>Syncerus caffer</i> (Sparrman, 1779)	Buffle de forêt	fscf- fma- jach-cult	0,05	NT
HYRACOIDES	<i>Dendrohyrax dorsalis</i> (Fraser, 1855)	Daman d'arbre	Fscf- fscf- fma	0,09	LC
PHOLIDOTES	<i>Phataginus tetradactyla</i> (Linnaeus, 1766)	Pangolin à longue queue	Fscf- fscf	0,03	VU
PRIMATES	<i>Cercopithecus lowei</i> Thomas, 1923	Cercopithèque de Lowe	fma	0,01	VU
PRIMATES	<i>Cercopithecus petaurista</i> (Schreber, 1774)	Cercopithèque blanc-nez	Fscf- fscf- fma-	0,05	NT
PRIMATES	<i>Procolobus verus</i> (Van Beneden, 1838)	Colobe de van Beneden	fma	0,02	VU
PRIMATES	<i>Pan troglodytes verus</i> (Blumenbach, 1799)	Chimpanzé d'Afrique de l'Ouest	Fscf- fma- jach-	0,11	EN
PRIMATES	<i>Perodicticus potto</i> (P.L.S. Müller, 1766)	Poto de Bosman	fma	0,01	NT
PROBOSCIDIENS	<i>Loxodonta africana cyclotis</i> (Matschie, 1900)	Éléphant d'Afrique	Fscf- fscf- fma- jach-cult	3,32	CR
RONGEURS	<i>Anomalurus beecrofti</i> Fraser, 1853	Anamolure De Beecroft,	Fscf- fscf- fma-	0,03	LC
RONGEURS	<i>Anomalurus derbianus</i> (Gray, 1842)	Anamolure de Derby	Fscf- fscf- fma-	0,03	LC
RONGEURS	<i>Atherurus africanus</i> Gray, 1842	Athérure	Fscf- fscf- fma- jach	1,52	LC
RONGEURS	<i>Cricetomys emini</i> Wroughton, 1910	Rat géant d'Emin	Fscf- fscf- fma- jach-cult	0,21	LC
RONGEURS	<i>Epixerus ebii</i> (Temminck, 1853)	Écureuil d'Ebi	Fscf- fscf- fma- -cult	0,11	LC
RONGEURS	<i>Protoxerus stangeri</i> (Waterhouse, 1842)	Grand Ecureuil De Stanger	Fscf- fscf- fma-cult	0,15	LC
RONGEURS	<i>Xerus erythropus</i> Desmarest, 1817	Ecureuil fouisseur terrestre	jach-cult	0,11	LC
RONGEURS	<i>Thryonomys swinderianus</i> (Temminck, 1827)	Aulacode	jach-cult	0,72	LC

Fscf : forêt secondaire à canopée fermée- fscf : forêt secondaire à canopée ouverte- fma : forêt marécageuse- jach : jachère-cult : culture ; ikc : indices kilométriques de contact ; LC : préoccupation mineur ; NT : Quasi-menacée ; VU : vulnérable ; CR : danger critique d'extinction ; EN : en danger d'extinction

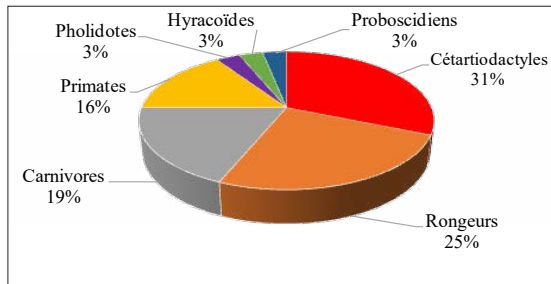


Figure 3 : Répartition de la diversité des Mammifères recensés selon l'Ordre zoologique dans la Forêt Classée de la Bossématié

Abondance relative des Mammifères de la FCB

Les espèces relativement abondantes dans la FCB sont plus fréquemment rencontrées. Entre autres, on note l'éléphant de forêt d'Afrique *Loxodonta africana cyclotis* (Fr = 25,72 % et IKC = 3,32), le guib harnaché *Tragelaphus scriptus* (Fr = 15,85 % et IKC = 2,04) et la mangouste brune *Crossarchus obscurus* (Fr=15,34 % et IKC = 1,98) (Figure 3). Ces espèces sont suivies par huit autres qui sont communément rencontrées. Ce sont le céphalophe de Maxwell *Philantomba maxwellii* (Fr = 06,54 % et IKC = 0,84), l'aulacode *Thryonomys swinderianus* (Fr = 05,54 % et IKC = 0,72), le bongo *Tragelaphus eurycerus* (Fr = 02,12% et IKC = 0,27) et le céphalophe d'Ogilby *Cephalophus ogilbyii* (Fr = 01,36% et IKC = 0,17).

Dans la FCB, certaines espèces de l'ordre des Cétartiodactyles et les Primates en particulier sont rarement rencontrées dans les différents habitats prospectés. C'est l'exemple chez les Primates notamment le chimpanzé d'Afrique de l'Ouest *Pan troglodytes verus* (Fr = 0,82 % et IKC = 0,11), le cercopithèque de Lowe *Cercopithecus lowei* (Fr = 0,10% et IKC = 0,013), le cercopithèque blanc-nez *Cercopithecus petaurista* (Fr = 0,41% et IKC = 0,05) et le colobe de Van Beneden *Procolobus verus* (Fr = 0,13% et IKC = 0,017). Au niveau des Cétartiodactyles, les espèces qui sont de plus en plus rares dans le milieu sont entre autres le céphalophe à dos jaune *Cephalophus silvicultor* (Fr = 0,10% et IKC = 0,013), le buffle *Syncerus caffer* (Fr = 0,41% et IKC = 0,053), l'hylochère *Hylochoerus meinertzhageni* (Fr = 0,37 % et IKC = 0,048) (Tableau 1).

Ampleur des activités humaines dans la FCB

De nombreuses activités humaines ont été observées dans cette forêt. Elles présentent de forts taux de rencontre pour lesquels le défrichement estimé à 90% de la dégradation du site (Figure 4). Ces activités rencontrées dans les différents habitats sont regroupées en trois catégories : le braconnage (135 soit 27,44%), les activités agricoles (320 soit 65,04%) et les exploitations de bois (37 soit 07,52%). Les activités agricoles sont dominées par les champs (46,25%) et les nouveaux défrichements (34,06%).

Les jachères représentent 19,69% des activités agricoles rencontrées dans la FCB. Les indices de chasse les plus fréquemment observés sont les pièges (42,96%) et les douilles de cartouche vide (40%) très fréquents dans les forêts secondaires. Ils sont suivis de l'observation des braconniers (12,59%) et des campements de braconniers (04,45%). Quant aux exploitants forestiers, les indices les plus observés sont les restes de bois abattus (56,75%) et les arbres marqués (24,32%). Les bruits de tronçonneuses entendus durant les prospections représentent 18,92% des enregistrements. Ces observations sont remarquables sur les traces des animaux dans les différents habitats.

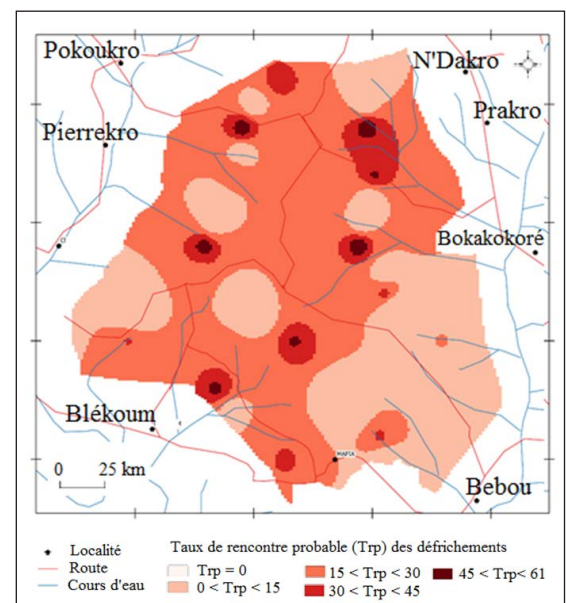


Figure 4 : Carte de distribution de défrichements observés dans la forêt classée de la Bossématié

Habitats préférentiels des Mammifères des milieux anthropisés

De toutes les espèces de Mammifères inventoriées à l'intérieur des cinq types d'habitats majeurs caractérisant la Forêt Classée de Bossématié, 29 espèces sont inféodées dans les forêts marécageuses. Aussi, 26 espèces de Mammifères sont recensées dans les forêts secondaires à canopée ouverte et autant dans les forêts à canopée fermée. Par ailleurs, 16 espèces ont été relevées dans les cultures et 13 espèces dans les jachères. Les distributions spatiales des principales espèces de Mammifères de l'ordre des Proboscidiens, les Primates, des Cétartiodactyles et Rongeurs sont représentées sur la figure 4. Par ailleurs, la comparaison des différents indices de diversité (Tableau 2) indique que les forêts secondaires à canopée fermée ($H' = 1,79$ et $E = 0,38$) et les forêts marécageuses ($H' = 1,08$ et $E = 0,22$) qui sont les plus diversifiées sont préférées que les cultures ($H' = 0,48$ et $E = 0,12$) et les jachères ($H' = 0,36$ et $E = 0,10$) moins fréquentées par l'ensemble des espèces recensées.

La comparaison multiple des observations dans les différents habitats à partir du test de Friedman au seuil de signification $\alpha = 0,05$, indique une hétérogénéité des fréquences de rencontre des différentes espèces observées par habitats ($p = 0,0001 < \alpha (0,05)$, ddl = 4). Ainsi, en tenant compte des espèces de Mammifères recensées par parcelles, les habitats de forêts secondaires à canopée fermée (fscf) et les jachères sont significativement différents ($p < 0,0001$). Le même constat est fait avec les forêts secondaires à canopée fermée (fscf) et les cultures avec un p-value de 0,001 ; puis les forêts marécageuses (fma) et les jachères qui sont aussi significativement différentes ($p = 0,003$). Il en est de même pour les fscf et les jachères ($p < 0,0001$), les fscf et les cultures ($p = 0,002$). Cependant, les différences ne sont pas significatives entre certains couples d'habitats tels les forêts secondaires à canopée fermée et forêts marécageuses, entre les jachères et les cultures (Tableau 3).

Le Test de Friedmann a permis de classer les différents d'habitats en quatre grands groupes selon les moyennes des fréquences des observations à l'intérieur de chaque type (Tableau 4). Les forêts marécageuses (fma), les cultures et les jachères se retrouvent respectivement seuls dans les groupes AB, BC et C. Toutefois, les habitats de forêts secondaires à canopée fermée (fscf) et les forêts secondaires à canopée ouverte (fscf) constituent un même groupe A.

Tableau 2 : Indice de diversité des différents types d'habitats

	fscf	fscf	fma	jachères	cultures
Richesse spécifique (S)	26	26	29	13	16
Indice de diversité (H')	1,79	1,76	1,08	0,36	0,48
Equitabilité (E)	0,38	0,37	0,22	0,10	0,12

fscf : forêts secondaires à canopée fermée ; fscf : forêts secondaires à canopée ouverte; fma : forêts marécageuses

Tableau 3 : Comparaisons multiples des différents habitats selon le Test de Friedmann

	fscf	fscf	fma	jachères
fscf	1	0,999	0,635	< 0,0001
fscf	0,999	1	0,784	< 0,0001
fma	0,635	0,784	1	0,003
jachères	< 0,0001	< 0,0001	0,003	1
cultures	0,001	0,002	0,076	0,826

fscf : forêts secondaires à canopée fermée ; fscf : forêts secondaires à canopée ouverte; fma : forêts marécageuses. Valeurs de P-value en gras indiquent une différence significative entre les couples d'habitats concernés au seuil $\alpha = 0,5$.

Tableau 4 : Classification des différents types d'habitats selon leur fréquentation par la faune étudiée selon le Test de Nemenyi

Echantillon	Moyenne des rangs	Groupes
fscf	3,87	A
fscf	3,77	A
fma	3,30	AB
cultures	2,25	BC
jachères	1,82	C

Les habitats affectés de la même lettre sont classés dans le même groupe au seuil $\alpha = 0,05$

fscf : forêt secondaire à canopée fermée; fscf : forêt secondaire à canopée ouverte; fma: forêt marécageuse

Effets de la dégradation des habitats sur la distribution des Mammifères à statut critique de protection

Sur la liste des espèces de Mammifères recensées dans les différents habitats de la FCB, figurent six espèces quasi-menacées (NT) ; trois espèces vulnérables (VU) et deux espèces en danger d'extinction (EN et CR) conformément à la liste rouge des espèces menacées de l'UICN (version 2021). Les indices de présence de la majorité des espèces de Cétartiodactyles couvrent la quasi-totalité des habitats de la Forêt Classée de Bossématié (Figure 5). Toutefois, *Cephalophus dorsalis* (NT) et *Cephalophus silvicultor* (NT) n'ont été observées que dans les forêts marécageuses, les forêts secondaires à canopée fermée et les forêts secondaires à canopée ouverte. Quant au *Tragelaphus eurycerus* (NT), elle a été observée seulement dans les forêts secondaires à canopée fermée et forêts secondaires à canopée ouverte. La quasi-totalité des espèces de Cétartiodactyles de la FCB sont totalement absentes des jachères et des cultures de même que la plupart des Primates au statut de conservation critique dans cette forêt. En effet, dans cette forêt, *Cercopithecus lowei* (VU) et *Procolobus verus* (VU) n'ont été observées que dans les forêts marécageuses. Cependant, *Pan troglodytes* (EN) est encore rencontré au niveau des jachères. Par ailleurs, l'éléphant de forêt d'Afrique *Loxodonta africana cyclotis* bien qu'en danger critique d'extinction (CR), est l'une des espèces les plus présentes dans les différents types d'habitats de la FCB alors que *Phataginus tetradactyla* du même statut (VU) n'a été observée que dans la forêt secondaire à canopée fermée. Les habitats largement dégradés et anthropisés sont majoritairement évités par la plupart des espèces les plus menacées.

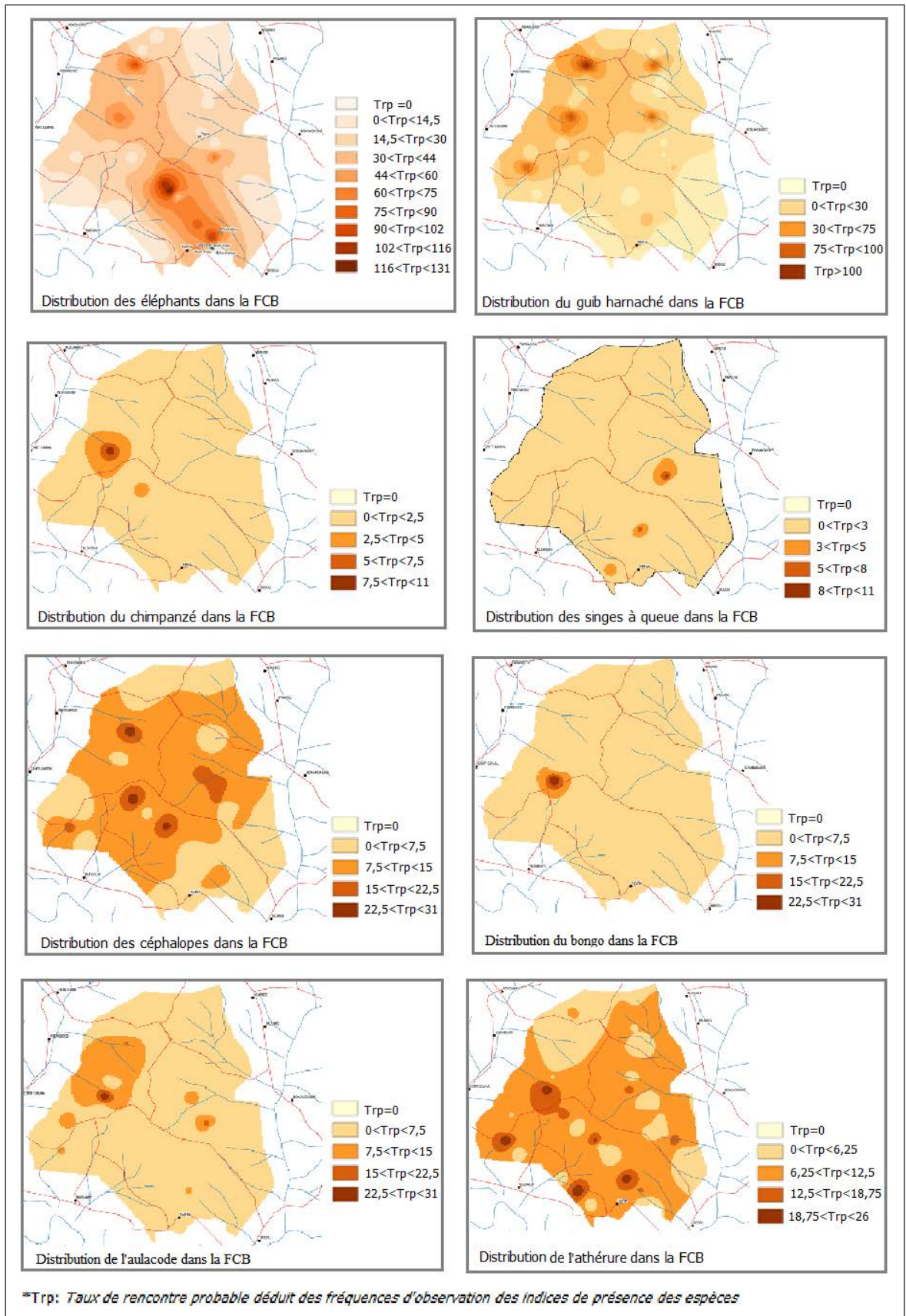


Figure 5 : Impact de la dégradation des habitats sur la distribution de quelques Mammifères dans la Forêt Classée de la Bossématié

Discussion

L'inventaire des Mammifères sur des transects a permis d'avoir une diversité de la faune Mammalienne de la FCB comparable à celle des forêts au sud de la Côte d'Ivoire. Les résultats de cette étude montrent que la grande diversité des Mammifères observés dans cette forêt est similaire à celles des forêts classées de Dassioko (Yao *et al.*, 2016), de Mabi et de Yaya (Akpatou *et al.*, 2018). Cette similarité de la faune mammalienne entre ces blocs de forêt relève du fait que ces forêts sont toutes des fragments de la grande forêt dense humide située au sud de la Côte d'Ivoire. Par ailleurs, la diversité mammalienne de la FCB est due en partie à l'hétérogénéité des habitats adaptés pour la diversification de la faune en général. La liste de 32 espèces encore observées dans cette forêt s'expliquerait par le fait que la FCB anciennement sous projet avec la coopération allemande (GIZ) a longtemps été une forêt aménagée et entretenue pour sa diversité biologique très importante dans la dissémination et la régénération des grains comme ailleurs dans les forêts tropicales (Theuerkauf *et al.*, 2000b ; Kouamé *et al.*, 2010). Cette diversité biologique animale pullule encore dans cette forêt. Par ailleurs, sur cette liste la totalité des espèces de la FCB n'y figure pas ; puisqu'elle est marquée par l'absence de certaines telles *Neotragus pygmaeus* (Linnaeus, 1758) et *Ptilocolobus badius* (Kerr, 1792) annoncées dans des études antérieures (Wöll, 1992). Concernant les espèces non observées dans cette forêt, il faut remarquer que le spectre de Mammifères pris en compte dans le cadre de l'étude est si large que certaines espèces typiquement nocturnes ou à écologie particulièrement cryptique comme *Neotragus pygmaeus*, ont plus de chance d'échapper au dispositif d'échantillonnage. Pour pallier à ces contraintes comportementales spécifiques, l'utilisation de plusieurs méthodes d'échantillonnage lors des inventaires plurispécifiques est préconisé car cela permet d'avoir des informations assez satisfaisantes (Trolliet *et al.*, 2014). Ainsi, l'utilisation de cameras pièges ou les piégeages conventionnels de plus en plus recommandés dans les inventaires de la faune mammalienne aurait certainement permis de confirmer la présence de beaucoup plus d'espèces lors de cette étude.

Toutefois, même les espèces les plus récurrentes dans cette forêt ont présenté des indices de contacts faibles, comparés à d'autres études

similaires. En effet, on note que les fréquences de rencontre ou indice kilométrique de contact (IKC) des différentes espèces varient entre 0,01 et 3,32 dans cette forêt. Ces valeurs sont inférieures aux IKC relevés par Akpatou *et al.* (2018) à la FC Yaya (0,01 à 7,98) et à la FC Mabi (0,01 à 3,36). Ce faible contact avec les différentes espèces de Mammifères de la FCB est dû à l'anthropisation excessive de cette forêt qui entraîne la perturbation et la transformation des habitats de la faune, affectant ainsi la distribution. Selon Perkins (2008), les fortes transformations de l'habitat naturel peuvent conduire à la perte locale des espèces charismatiques originelles et à l'apparition d'espèces invasives. Aussi, plusieurs activités sont à l'origine de l'anthropisation. Ce sont au niveau de la FCB, d'une part, les activités agricoles qui induisent la transformation des habitats en des forêts cultivées, inadaptées à la fréquentation et l'épanouissement de la faune sauvage ; d'autre part, le braconnage induisant directement la perte des espèces les plus vulnérables (Yao *et al.*, 2016). Ces activités anthropiques influencent négativement les abondances et la disponibilité de la faune mammalienne, et en particulier les grands Mammifères qui dans ces conditions vont migrer pour se réfugier vers d'autres milieux moins perturbés (Blom *et al.*, 2004). La récurrence des activités de chasse et de perturbation des habitats de la FCB justifie donc les faibles indices de contact de la majorité des plus grands Mammifères recensés lors de cette étude.

La faible présence des espèces indicatrices des forêts bien conservée et paisibles (l'éléphant, le chimpanzé, les singes à queue et l'athérure) et la relative forte présence des espèces indicatrices de forêt dégradée (canopée ouverte) ou de milieux ouverts (le guib harnaché, le céphalophe de Maxwell et l'aulacode) témoignent d'une forêt en disparition. En effet, les espèces à statut de conservation et de protection les plus critiques (espèces en danger, quasi-menacées et vulnérables) (UICN, 2021) des différents ordres de Mammifères de cette étude sont caractérisés par leur faible distribution dans les habitats les plus anthropisés de la FCB. Ceci fait de la plupart d'entre-elles, des espèces rares de la FCB. En effet, la forêt se dégradant et disparaissant au profit des jachères et des cultures, entraîne la disparition des espèces les plus exigeantes connues pour leur incapacité d'adaptation et de survie dans les reliques forestières aux habitats fortement dégradés par les activités humaines (Bitty *et al.*,

2015). Les activités humaines excessives dans ces habitats, éloignent la majorité de la grande faune contrainte à la migration à cause des pratiques de chasse qui y sont permanentes et la présence de l'Homme à tout moment dans ces milieux (Soulemane., 2003 ; Koffi *et al.*, 2008). Toutefois, la présence des espèces classées vulnérables et d'autres classées quasi-menacées ou en danger critique de la liste rouge de l'UICN et leurs observations sur les sites de cette étude, renforcent l'importance cruciale de la FCB pour la conservation de la biodiversité nationale et mondiale. Parmi ces espèces, le chimpanzé d'Afrique de l'Ouest *Pan troglodytes verus* classé « En danger » par l'UICN et l'éléphant de forêt d'Afrique *Loxodonta africana cyclotis* l'emblème national, « En danger critique d'extinction » au niveau international (UICN, 2021), le Colobe de van Beneden *Procolobus verus* et le Pangolin à longue queue *Phataginus tetradactyla* sont les espèces les plus menacées d'extinction dans un tel environnement.

La faune de la FCB est certes encore diversifiée comme décrit par certains auteurs (Wöll, 1992 ; Theuerkauf *et al.*, 2000a). Cependant, cette faune est aujourd'hui très peu représentée en terme d'abondance. On y rencontre les Proboscidiens,

les Cétartiodactyles, les Chiroptères et les Rongeurs à de très basses fréquences. La faune de cette forêt est essentiellement menacée par les défrichements agricoles entraînant la perte de l'habitat et le braconnage exacerbé par l'explosion démographique comme déjà signalé par Theuerkauf et Ellenberg (2000). Le défrichement du sous-bois des forêts et le planting des plants de cacao entraînent la destruction de l'habitat et une présence humaine défavorable à l'épanouissement de la faune.

La diversité biologique mammalienne exceptionnelle de la Forêt Classée de Bossématié est impressionnante. Elle doit attirer l'attention particulière des conservateurs et amener à développer une synergie autour des ressources naturelles de ce patrimoine. Les autorités ivoiriennes sont invitées à réhabiliter ce patrimoine en lambeau car il constitue un véritable refuge pour la faune et en particulier les espèces à statut de protection déjà critique, qui y sont observées. Un cadre juridique bien établi pourrait permettre une gestion sur un long terme de la faune locale en général et des espèces menacées ou quasi-menacées en particulier.

Conclusion

La Forêt Classée de Bossématié renferme une diversité de Mammifères caractéristiques des forêts denses humides tropicales. Cette étude a permis de recenser sept Ordres de Mammifères parmi lesquels les Rongeurs, les Cétartiodactyles et les Carnivores sont les plus diversifiés en termes de nombre d'espèces. Cependant, l'ampleur des activités agricoles et le braconnage impactent négativement l'état de conservation de ce patrimoine de l'Etat de Côte d'Ivoire et la préservation de cette diversité biologique pour une utilisation durable. En effet, la destruction massive des habitats présente des effets négatifs sur l'abondance relative et la distribution des Mammifères en particuliers sur les grands Mammifères à statut particulièrement critique

de menacé. Parmi les animaux à statut de protection international, figurent onze espèces dont l'emblématique chimpanzé d'Afrique de l'Ouest et l'éléphant, de forêt d'Afrique qui jouent un rôle clé dans la dispersion des graines pour la régénération forestière. Toutefois, l'anthropisation excessive de la FCB contribue davantage à l'essor des Mammifères des milieux ouverts (aulacode, guib harnaché...) au détriment de ceux endémiques des forêts denses tels que le bongo, le céphalophe bai et les colobes. De ce fait, il est important d'envisager la réhabilitation de cette forêt par le renforcement de la surveillance, le reboisement systématique des parcelles défrichées et la mise sous tutelle de ces forêts protégées pour leur gestion durable.

Remerciements

Nous remercions la SODEFOR, la SITBAI et INPROBOIS pour avoir initié et financé cette étude qui vise la conservation de la biodiversité et la gestion durable des ressources naturelles de la Forêt Classée de la Bossomatié. Toute notre gratitude au Colonel KOUAME Amani Denis et Monsieur YÉO Tchohogo pour avoir facilité la mission de reconnaissance du site et toutes les équipes qui ont permis la réalisation des travaux de terrain. Nous disons merci au Directeur du

Centre de Gestion de la SODEFOR d'Abengourou, Monsieur KOFFI N'Guessan Apollinaire et à son Chef du Service des opérations techniques et commerciales, le Lieutenant- Colonel SORO Doma, ainsi qu'à la communauté villageoise, pour avoir appuyé les différentes missions de terrain. Nous tenons également à remercier les réviseurs anonymes de cet article pour leur contribution en vue d'amélioration le contenu de ce manuscrit.

Références bibliographiques

- Aké-Assi, L. 1998.** Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la diversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le Flamboyant*, 48 : 85-87.
- Akpatou KB, Yao KA, Bohoussou KH. 2018.** Diversité et Abondance Relative des Mammifères des Forêts Classées de Mabi et de Yaya au Sud-Est de la Côte d'Ivoire : Un État des Lieux. *European Journal of Scientific Research*, 150 (2) : 213-228.
- Amahowe OI, Ouédraogo M, Lougbegnon OT. 2012.** Analyse spatio-temporelle de la faune et des pressions anthropiques dans le ranch de Gibier de Nazinga au Burkina Faso. *International Journal of Biological Chemical Sciences*, 6(2): 613-627.
- Bakayoko, A, Martin P, Gautier L, Chatelain C, Traoréd, Spichiger R. 2004.** Etude comparative des massifs forestiers entourant la zone de Taï à Zagné (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). *Candollea*, 59(2):191-229.
- Bitty AE, Gonedele Bi S, Koffi Bené KJC, Kouassi KP, McGraw WS. 2015.** Cocoa farming and primate extirpation inside Côte d'Ivoire's protected areas. *Tropical Conservation Science*, 8 (1): 95-113.
- Blom A, Zalinge RV, Mbea E, HeitKönig IMA, Prins HHT. 2004.** Human impact on wildlife populations within a protected Central African forest. *African Journal of Ecology*, 42 : 23-31.
- Chazdon RL, Letcher SG, Van Breugel M, Martinez-Ramos M, Bongers F, Finegan, B. 2007.** Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B:Biological Sciences*, 362 : 273-289.
- Chévassus-au-Louis B. 2007.** La biodiversité : un nouveau regard sur la diversité du vivant. *Institut national de la recherche agronomique (INRA), Cahiers Agricultures*, 16 (3) : 9 p.
- Delassus L. 2015** - Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Brest : Conservatoire botanique national de Brest. Document technique, 25 p.
- Dibi NH, N'guessan KE, Wadja EM, Affian K. 2008.** Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Revue télédétection*, 1(8) : 17-34.
- Eldin M.1971.** Le climat. In : «Le milieu naturel de Côte d'Ivoire». *Mémoires ORSTOM*, 50 : 73-108.
- FAO/REDD+. 2017.** Données forestières de base de la redd+ en Côte d'Ivoire : cartographie de la dynamique forestière de 1986 à 2015. FAO ; 32p.
- Kadjo B, Azani D, Tsague, Gomse A. 2014.** Etat des lieux des populations d'Hippopotames et autres grands mammifères du Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 26 (2) : 89 - 101.
- Kassi, JN, Tuo Y, Zo-Bi IC. 2017.** Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 114: 11299-11308
- Koffi D A, Koné I, Tano Y. 2008.** Influence du braconnage sur le comportement de fuite du bubale (*Alcelaphus buselaphus major* Pallas, 1766) dans la zone de Warigué en Côte d'Ivoire : implication pour l'organisation d'une chasse sportive. *Sciences & Nature*, 5 (2) : 145 - 153

- Kouamé D, Adou Yao YC, Nandjui A, N'Guessan KE. 2010.** Le rôle de l'éléphant dans la germination des graines de *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae), *Balanites wilsoniana* (Balanitaceae), *Parinari excelsa* (Chrysobalanaceae) et *Sacoglottis gabonensis* (Humiriaceae) en forêt tropicale : cas du Parc National d'Azagny en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5): 1442-1454.
- Pandey SS, Cockfield G, Maraseni TN. 2013.** Major drivers of deforestation and forest degradation in developing countries and REDD+. *International Journal of Forest Usufructs Management*, 14 (1) : 99-107.
- Perkins GM. 2008.** L'homme et la nature ou la géographie physique modifiée par l'action humaine. *Ecologie & politique*, 2,(36) :155-171.
- Soulemane O. 2003.** Déterminisme des migrations des éléphants de la Forêt Classée du Haut-Sassandra, Côte d'Ivoire. *Pachyderm*, 35 : 60-70.
- Soulemane O. 2017.** Inventaires des éléphants de la forêt classée de la Bossématié (Côte d'Ivoire) pour un aménagement de production. Rapport d'étude, 45 p.
- Theuerkauf, J, Ellenberg H. 2000.** Movements and defecation of forest elephants in the moist semi-deciduous Bossematié Forest Reserve, Ivory Coast. *African Journal of Ecology*, 38: 258–261.
- Theuerkauf, J, Ellenberg, H, and Guiro, Y. 2000a.** Group structure of forest elephants in the Bossematié Forest Reserve, Ivory Coast. *African Journal of Ecology*, 38: 262–264.
- Theuerkauf J, Waitkuwait WE, Guiro Y, Ellenberg H, Porembski S. 2000b.** Diet of forest elephants and their role in seed dispersal in the Bossematié Forest Reserve, Ivory Coast. *Mammalia*, 64:447–459.
- Theuerkauf J, Ellenberg H, Ekkehard WW, Mühlenberg M. 2001.** Forest elephant distribution and habitat use in the Bossematié Forest Reserve, Ivory Coast. *Pachyderm* No 30: 37-43
- Trolliet F, Huynen M-C, Vermeulen C, Hambuckers A. 2014.** Use of camera traps for wildlife studies. A review. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 18(3) : 446-454.
- UICN, 2021.** Specialist Group In: IUCN 2021. IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Downloaded; Consulté le 12/08/ 2021
- Wöll H-J.1992.** Le projet Réhabilitation de la Forêt Classée de Bossematié, Côte d'Ivoire, région d'Abengourou. *Tropenbos Series*, (1) : 163–179.
- Yao CA. 2011.** Logiques Des Infiltrations Paysannes Dans Les Forêts Classées en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 66(1): 143–152.
- Yao KA, Kassé KB, Gonedelé Bi S, Yaokokoré-Béibro KH. 2016.** Diversité des Mammifères de la forêt classée de Dassioko Sud, Fresco (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire): un état des lieux. *Afrique Sciences*, 12(4):55-66.
- Yaokokoré-Béibro KH, Ellenberg H.2000.** A Contribution to the study of the avifauna of Bossématié forest (Abengourou / Côte d'Ivoire). The future of Bossematié forest:Current status *Ostrich*, 71 (1-2): 292-294.

Essai de reconstitution paléobotanique et paléoécologique de l'interface Cénomanién/Turonien dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire

Paleobotanical and paleoecological reconstruction of the Cenomanian/Turonian interface in Côte d'Ivoire sedimentary basin

Kouassi KA • Yao KC • Doukouré M • Bié GR • Digbehi ZB

Received: 20 October 2020 / Accepted: 17 May 2021 / Published online: 1 March 2022
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé En vue de reconstituer la paléobotanique et la paléoécologie du passage Cénomanién/ Turonien dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, nous avons travaillé sur des déblais de deux puits de pétrole forés dans la partie Est du bassin en offshore, fournis par le Centre d'Analyse et de Recherche de la PETROCI. Ce sont au total, 105 échantillons de ces déblais qui, après leur analyse lithologique, ont fait l'objet de traitement palynologique classique pour extraire les espèces végétales contenues dans ces sédiments. Ces travaux ont révélé une lithologie dominée par les argiles sombres feuilletées, où l'on observe une diversité de palynomorphes constitués essentiellement de spores et de grains de pollen. La flore observée est représentative d'une paléovégétation constituée d'Angiospermes, de Conifères avec un sous-bois fait de Ptéridophytes dont des Fougères. Ce sont toutes des plantes côtières développées dans des milieux humides de type mangrove ; ces plantes ont évolué sous un climat tropical humide.

Mots clés : Palynologie, Paléovégétation, Paléoécologie, Lithologie, Cénomanién, Turonien.

Abstract In order to reconstruct the palaeobotany and palaeoecology of the Cenomanian/Turonian transition in Côte d'Ivoire sedimentary basin, we worked on cuttings from two oil wells drilled in the eastern part of the basin offshore, supplied by the PETROCI Research and Analysis Center. A total of 105 samples of this cuttings were analysed lithologically and then subjected to conventional palynological treatment to extract the plant species contained in these sediments. This work revealed a lithology dominated by dark laminated clays, where a diversity of palynomorphs consisting essentially of spores and pollen grains can be seen. The observed flora is representative of a palaeo-vegetation made up of Angiosperms, Conifers with an undergrowth of Pteridophytes including Ferns. These are all coastal plants developed in wetlands of the mangrove type ; those plants have evolved in a humid tropical climate.

Key words : Palynology, Paleovegetation, Paleoecology, Lithology, Cenomanian, Turonian

Introduction

Le passage Cénomanien/Turonien (C/T) a fait l'objet de plusieurs études à travers le monde. C'est l'exemple des travaux de Arthur et Natland, 1979; Caron, 1983; 1985; Schlanger *et al.*, 1987; Grosheny *et al.*, 2005 et Soua, 2005, respectivement réalisés au Nord et au Sud de l'Atlantique, dans le bassin angolais, dans le bassin Bahloul (en Tunisie), en Angleterre, au Sud-Est de la France et dans la marge du Sud de la Téthys. Ils ont tous mis en évidence un événement anoxique planétaire, dénommé « Événements Anoxiques Océanique 2 » (ou EAO 2).

La microfaune de cet intervalle a aussi intéressé de nombreux auteurs. En effet, la plupart des travaux y ont révélé une microfaune réduite, représentée essentiellement par les foraminifères planctoniques des genres *Hedbergella*, *Whiteinella* et *Heterohelix* (Caron, 1978 ; Caron *et al.*, 1999 ; Desmares *et al.*, 2003).

Plus localement, dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, les études réalisées ont aussi identifié l'anoxicité de cette portion des temps géologiques, ce qui n'a pas favorisé le développement des espèces benthiques au profit de la microfaune planctonique (Klasz *et al.*, 1995 ; Digbehi *et al.*,

1997 ; Bamba *et al.*, 2011 et Kouassi, 2014). Ces auteurs ont par la même occasion identifié entre le Cénomanien et le Turonien une accumulation de dépôts argileux riches en matière organique (d'origine animale et surtout végétale) dénommée black shales. Kouassi (2014) a caractérisé ces dépôts particuliers sur le plan géochimique. Il est ressorti de ces travaux que ces accumulations sont d'excellentes roches mères de pétrole, mais immatures pour l'essentiel ; cependant elles disposent de bons potentiels pétroliers.

Le passage C/T semble être bien connu, vu le nombre et la qualité des travaux qui y sont effectués. Cependant, en Côte d'Ivoire, malgré les nombreuses études la question fondamentale de la végétation qui a existé et qui a certainement été à l'origine de la quantité de kérogène observée dans les black shales et leurs milieux de vie n'ont pas encore fait l'objet d'étude. C'est donc pour tenter de reconstituer la végétation et son environnement écologique qui aurait existé entre le Cénomanien et le Turonien que cette étude a été initiée. Elle s'est appuyée sur cent cinq (105) échantillons de deux puits de pétrole implantés en offshore dans le bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire.

Matériel et Méthodes

Nous avons travaillé sur des échantillons sous forme de déblais fournis par le Centre d'Analyse et de Recherche de la PETROCI. Ce centre dispose en effet d'un grand entrepôt où sont rangés tous les échantillons issus de puits pétroliers, disponibles sous forme de carottes ou de déblais et disposés dans des caissons par puits et par cote d'échantillonnage.

Les cent cinq (105) échantillons qui ont servi de base à la réalisation de cette étude sont issus de 2 puits pétroliers (Pa et Po) situés en offshore, dans la marge d'Abidjan (Figure 1). Les coordonnées géographiques de ces puits sont mentionnées dans le tableau 1. La répartition des échantillons dans les puits est telle que cinquante-six (56) sont issus du puits Pa et quarante-neuf (49) de Po.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des puits d'étude

Nom des puits	Longitudes	Latitudes
Pa	5° 06' 28,960"N	4° 15' 10,261" W
Po	5° 05' 58,840"N	3° 43' 06,517" W

Après leur description lithologique, 20 g de ces déblais sont prélevés au niveau de chaque cote d'échantillonnage et traités selon la méthode d'extraction palynologique standard (attaque aux acides forts, lavage sur une toile nylon de 10 à 20 µm jusqu'à obtention de la limpidité de l'eau du résidu). Le matériel lavé, conservé en phase aqueuse dans des piluliers, est mis entre lames et lamelles (lames palynologiques). L'observation, la description et la détermination des palynomorphes désormais entre lames et lamelles se sont faites grâce à un microscope photonique couplé à une caméra de marque Motic BA300 (G X 1000). Le repérage des palynomorphes s'est fait à l'aide de la lame graticule England Finder. L'identification des palynomorphes s'est appuyé sur des ouvrages tels que ceux de Châteauneuf et Reyre (1974) et Traverse (2007).

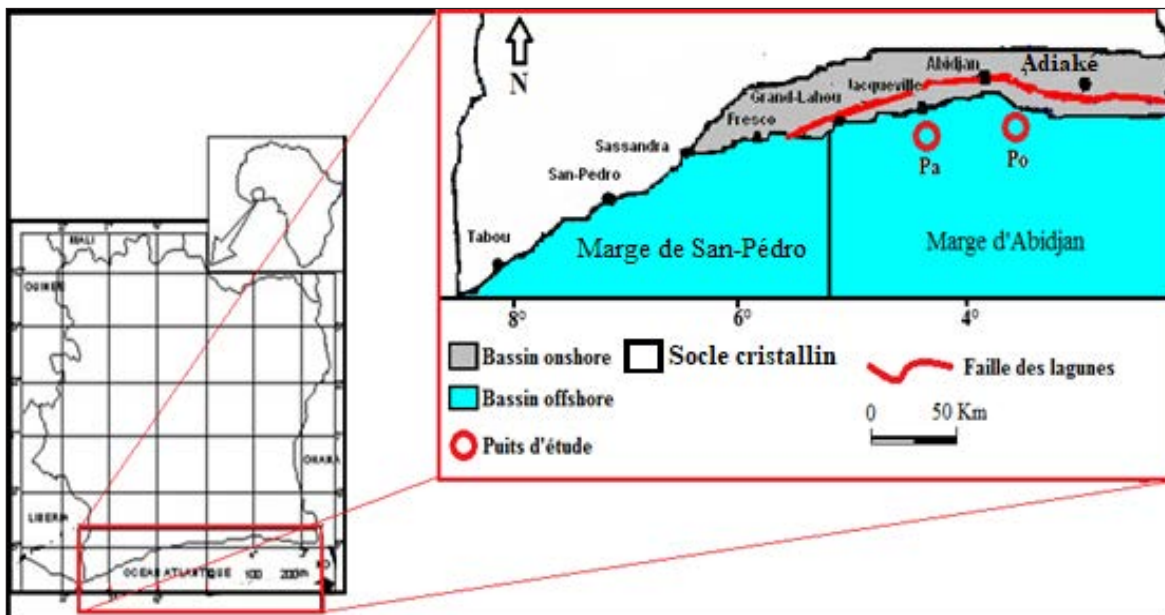


Figure 1 : Localisation des deux puits d'étude dans le bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire

Résultats

Description lithologique et minéralogique

Après la description lithologique des 56 échantillons du puits Pa et des 49 de Po, nous avons réalisé le profil de corrélation de la figure 2 qui présente la synthèse lithologique de l'intervalle d'étude des deux puits (Pa et Po). Ce profil lithologique de synthèse montre qu'un faciès argileux gris domine la sédimentation des niveaux étudiés. Cette argile présente un aspect feuilleté dans les environs de la limite C/T. Ces couches argileuses alternent avec des niveaux de faibles épaisseurs de grès gris clair. En plus de ces faciès dominants, au bas du Cénomaniens du puits Pa, se trouve une fine couche individualisée de calcaire gris clair.

Sur le plan minéralogique, on constate une nette dominance de glauconites dans le puits Pa par rapport à la pyrite. Par contre, dans le puits Po, la minéralogie accessoire est essentiellement constituée de pyrites. Quant aux débris carbonés, ils existent en quantité relativement importante dans chacun des deux puits.

Étude palynostratigraphique des puits Pa et Po

La détermination des étages (Cénomaniens et Turonien) est exclusivement basée sur les spores et les grains de pollen présents dans les sédiments étudiés.

Palynostratigraphie du puits Pa

Dans ce puits, les pollens de *Classopollis martinotii* et de *Steevesipollenites grambsti* caractéristiques de l'Albien ont permis de situer le mur du Cénomaniens à 2082 m. Cet âge est confirmé par *Steevesipollenites cupuliformis* apparu à 1841 m. Les spores de *Classopollis classoïdes* dont la dernière apparition dans le sens du forage se situe à 1786 m permettent d'y fixer le toit du Cénomaniens. Quant au Turonien, un seul palynomorphe caractéristique, *Tricolpites* sp y a été identifié à 1768 m, correspondant au Turonien supérieur (Figure 3).

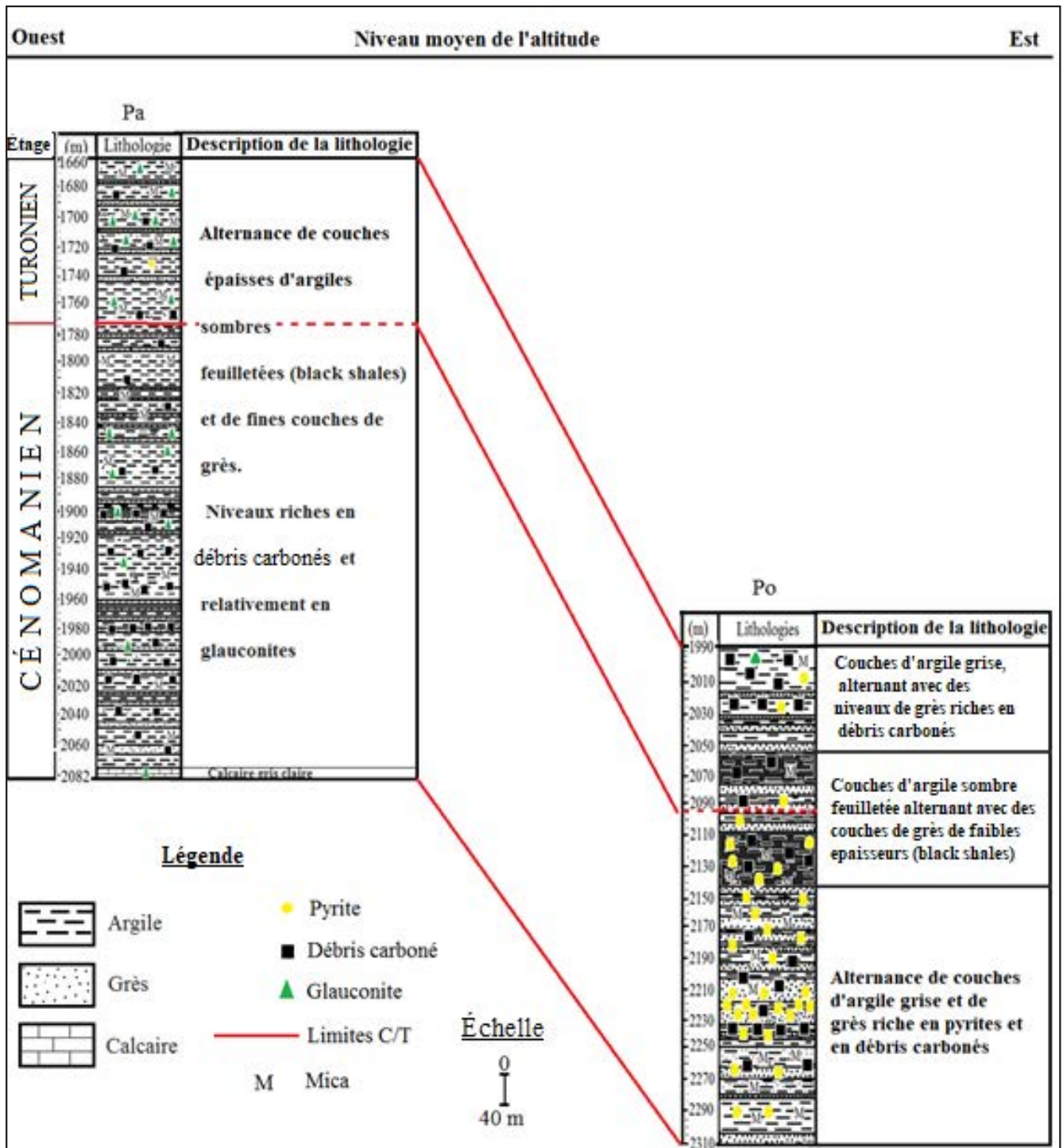


Figure 2 : Synthèse lithologique de l'intervalle d'étude des deux puits Pa et Po

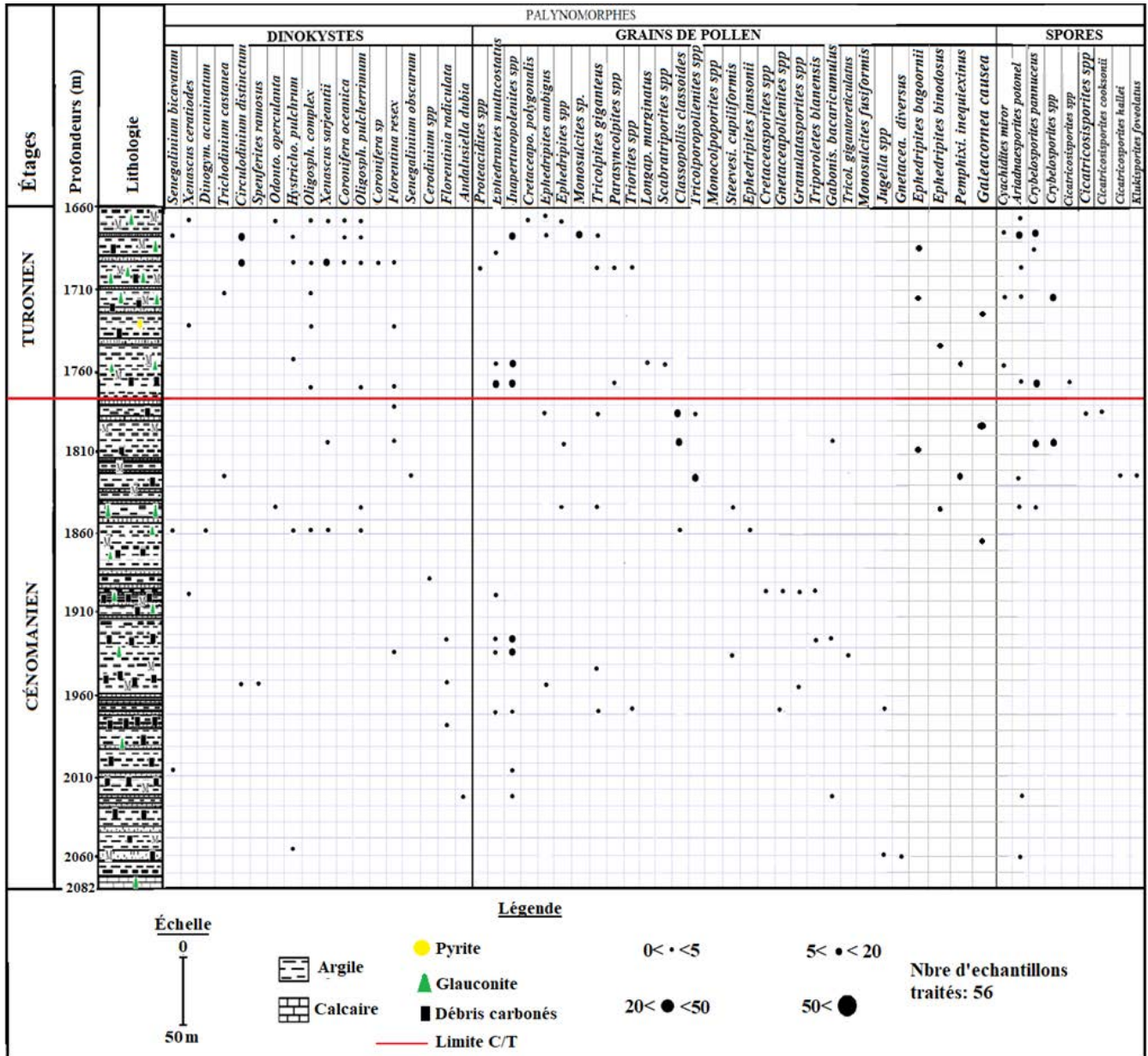


Figure 3 : Répartition stratigraphique et fréquence relative de la microflore du Cénomanien et du Turonien du puits Pa

Palynostatigraphie du puits Po

Les données palynologiques peuvent permettre de placer le mur du Cénomanien à 2310 m avec la dernière apparition dans le sens du forage des spores de l’Albien comme *Elaterosporites protensus*. L’apparition d’autres palynomorphes comme *Lygodiumsporites austroclavatidites* à 2118 m, ainsi qu’*Afropollis jardinus* et *Lygodiumsporites* sp. à 2134 m suggère un âge ne dépassant pas le Cénomanien. Le toit du Cénomanien est indiqué par la dernière apparition dans le sens du forage du pollen *Steevesipollenites binodosus* à 2094 m. Cette espèce a permis de caractériser le Cénomanien inférieur dans le bassin sédimentaire ivoirien et du Sénégal

(Jardiné et Magloire, 1965). L’absence de *Triorites africaensis* et *Pemphixipollenites inequixinus* pourrait confirmer l’absence du Cénomanien supérieur, d’où la présence d’une discontinuité entre le Cénomanien et le Turonien dans ce puits.

Au niveau des palynoflores la dernière apparition dans le sens du forage de *Florentinia resex* à 2003 m marque le toit du Turonien. Cet étage est confirmé par l’apparition de *Cretacaeisporites muelleri* à 2067 m. Le mur du Turonien est fixé par les données palynologiques à 2090 m avec la dernière apparition des formes spécifiques du Cénomanien tel que *Steevesipollenites binodosus* (Figure 4).

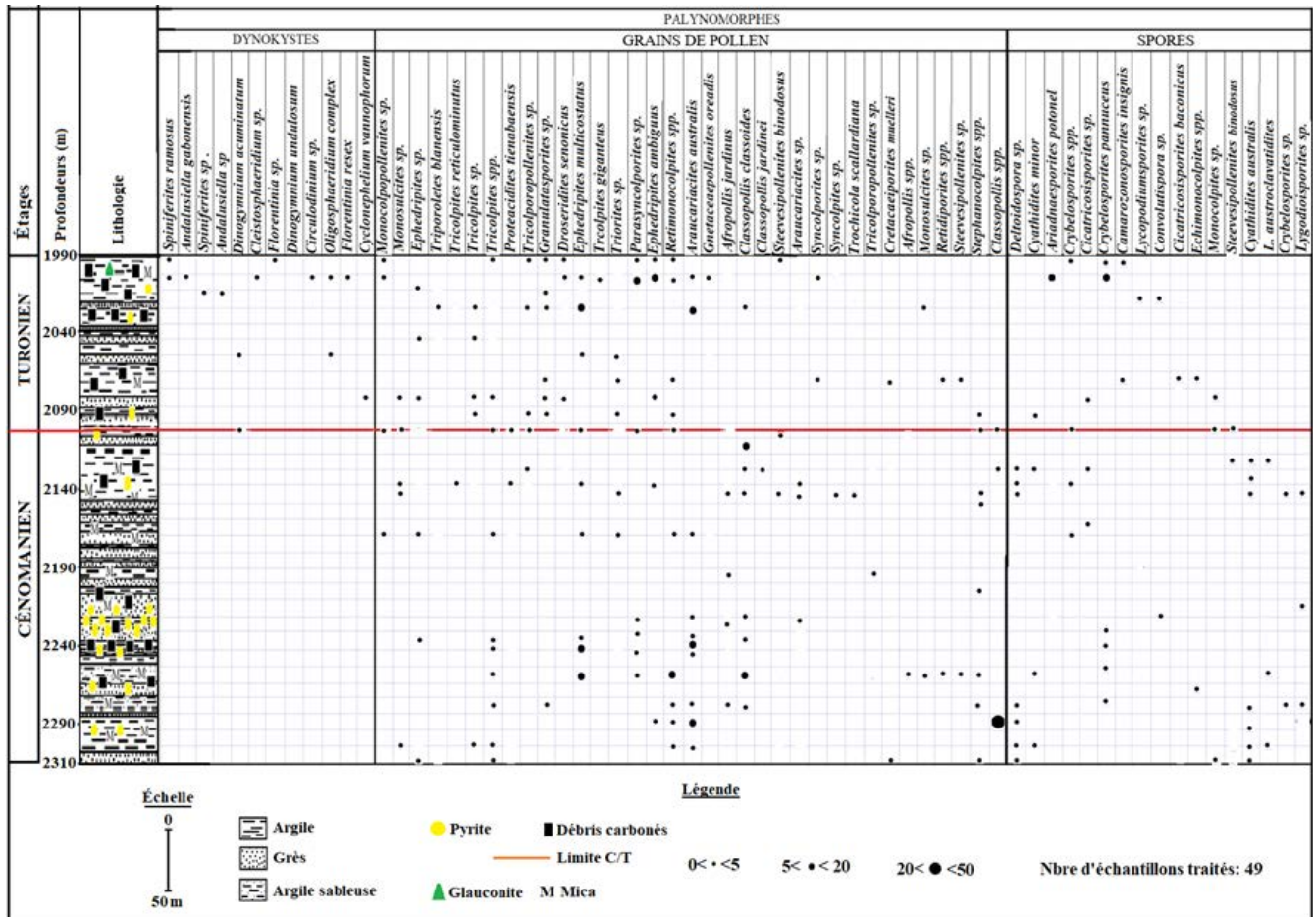


Figure 4 : Répartition stratigraphique et fréquence relative de la microflore du Cénomaniens et du Turonien du puits Po

Étude statistique des palynomorphes terrestres des puits Pa et Po

Puits Pa

Dans ce puit, le Cénomaniens est trois fois plus épais que le Turonien. Sur l'ensemble des palynomorphes des deux étages d'étude, on observe une large répartition des grains de pollen au niveau des deux étages. En effet, sur cinquante-trois (53) espèces de palynomorphes, nous avons identifié respectivement 26, 18 et 9 espèces de grains de pollen, de dinokystes et de spores. Les grains de pollen les plus représentatifs sont les genres *Ephedripites*, *Classopolis*, *Inaperturopollenites*, *Monosideites*, *Tricolporopollenites* et *Tricolpites*. Ces formes sont néanmoins inégalement réparties tout le long du puits. En effet, tandis que le genre *Ephedripites* est équitablement réparti entre les deux étages, *Classopolis* et *Tricolporopollenites* sont présents uniquement au Cénomaniens avec respectivement 22 et 19 individus. *Inaperturopollenites* est un peu moins représenté au Turonien qu'au Cénomaniens avec respectivement trente-huit (38) et cinquante-un (51) individus, et le genre *Tricolpites* est présent seulement au Turonien avec seulement cinq (05) individus.

Les spores présentes dans ce puits sont moins diversifiées. Sur les neuf (09) espèces regroupées en 5 genres identifiées, deux (02) sont observées à la fois au Cénomaniens et au Turonien. Ce sont, par ordre d'abondance, les genres *Crybelosporites* (71 individus), *Ariadnaesporites* (27 individus). Dans les déblais de ce puits, on a aussi observé des espèces de spores au Cénomaniens, mais qui ont disparu au Turonien. Ce sont *Cicatricosisporites cooksonii* et *Klukisporites foveolatus*. L'espèce *Cyathidites miror*, quant à elle, apparaît au Turonien, mais est absente au Cénomaniens.

Les dinokystes observés dans nos échantillons sont regroupés pour l'essentiel au Turonien. En effet, sur 164 individus, on a identifié 109 au Turonien et 55 au Cénomaniens. Ces dinokystes observés au Cénomaniens sont essentiellement représentés par les genres *Oligosphaeridium* (11 individus), *Hystrichodinium* (7 individus), *Spiniferites* (4 individus), *Senegalinium* (4 individus).

Les proportions de la palynoflore terrestre du Cénomaniens et du Turonien sont représentées par les diagrammes circulaires de la figure 5.

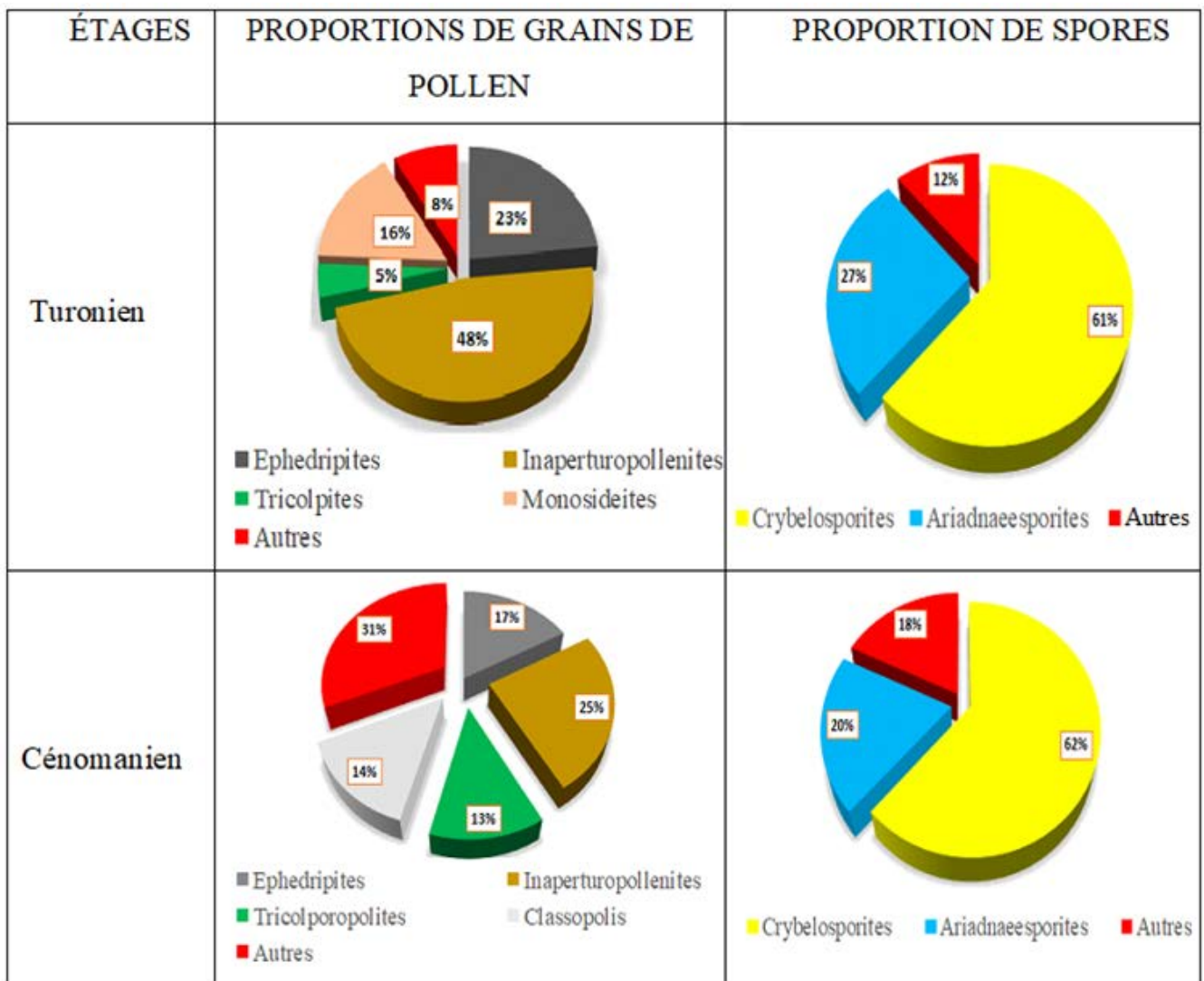


Figure 5 : Proportions des principaux grains de pollen et de spores dans le puits Pa

Puits Po

Dans ce puits également, le Cénomannien est beaucoup plus épais que le Turonien. Ici, aucun dynokysten'a été observé au Cénomannien et ils sont faiblement représentés au Turonien. Cependant, les grains de pollen et les spores sont quant à eux abondants au niveau des deux étages d'étude. En effet, sur 519 individus de palynomorphes observés dans le puits, on a identifié 397 grains de pollen, 100 spores et 22 dynokystes. Les grains de pollen sont plus présents au Cénomannien qu'au Turonien. En effet, sur les 397 formes, 236 ont été retrouvées au Cénomannien et 161 au Turonien. Les plus répandus au Cénomannien comme au Turonien sont les genres *Ephedripites*, *Tricolpites*, *Parasyncolporites*, *Araucaricites*, *Granulatasporites*. Le genre *Classopolis* quant à lui est beaucoup plus représenté au Cénomannien (avec 94 formes) mais pratiquement absent au

Turonien (juste 4 individus identifiés). Sur les 128 individus de spores déterminés dans ce puits Po, nous avons constaté qu'ils sont représentés presque équitablement entre le Cénomannien, et le Turonien (respectivement 79 et 57). Les genres représentatifs sont *Crybelosporites* (10 au Cénomannien et 19 au Turonien), *Ariadnaesporites* (seulement au Turonien avec 21 individus), *Cyathidites*, avec 16 individus représentés seulement au Cénomannien et *Deltoidosporites*, représenté seulement au Cénomannien avec 17 individus.

De tous les palynomorphes observés dans ce puits, les dynokystes sont les moins représentés et n'ont été identifiés qu'au Turonien (seulement 22 individus) dans 220 g de déblais analysés.

La figure 6, illustre bien les proportions des formes terrestres du Cénomannien et du Turonien du puits Po.

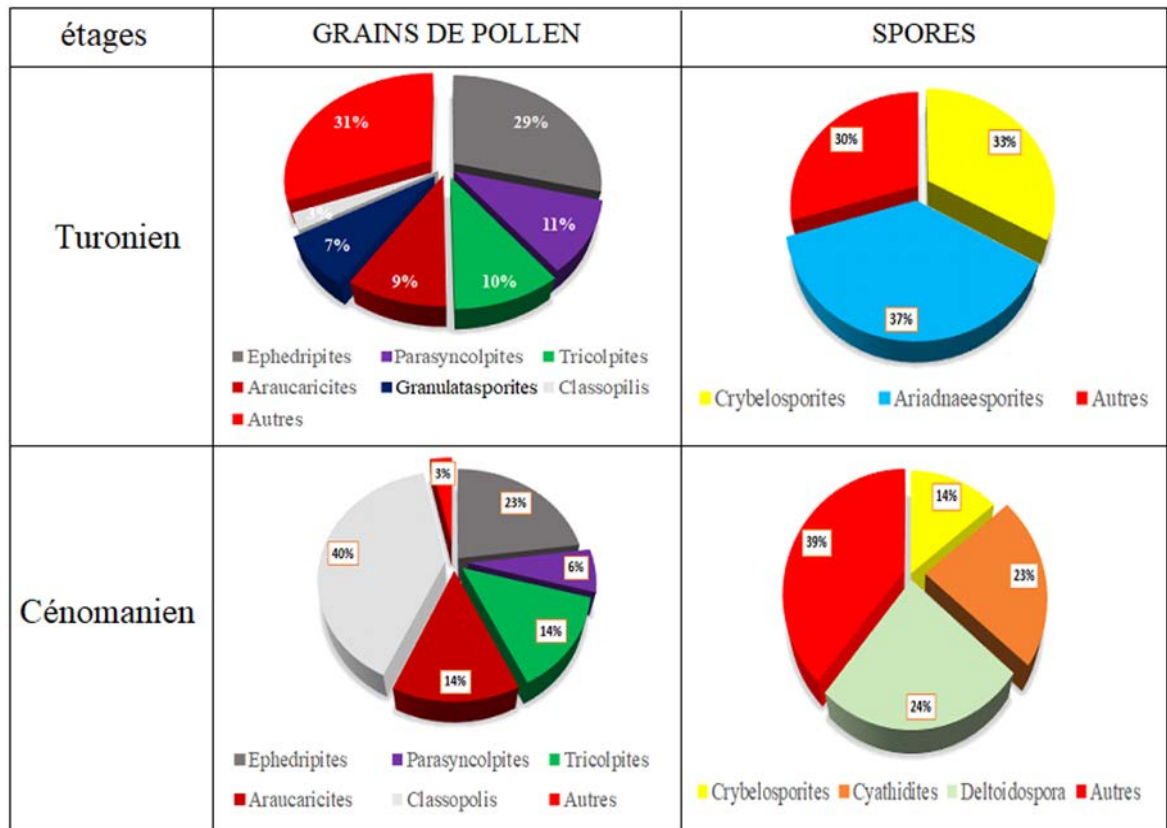


Figure 6 : Proportions des principaux grains de pollen et de spores dans le puits Po

Interprétation paléobotanique et paléocéologique

La palynoflore observée à l'interface Cénomaniens/Turonien dans cette étude est dominée par les grains de pollen de Gymnospermes, particulièrement des Conifères. *Classopollis*, *Araucariacites*, *Inaperturopollenites* et *Ephedripites* sont les genres les plus abondants. Ils appartiennent respectivement à quatre grandes familles ; les *Cheirolepidiaceae*, *Araucariaceae*, les *Cupressaceae* et *Ephedraceae*. La présence de grains de pollen d'Angiospermes n'est tout de même pas négligeable. On y distingue les genres *Tricolpites*, *Tricolporopollenites* et *Parasyncolporites*. Les spores représentent sans aucun doute le groupe palynologique le moins diversifié. Ce sont pour la plupart les spores de Ptéridophytes. Les mieux représentés sont ceux des familles des *Masileaceae* (*Crybelosporites*), des *Salviniaceae* (*Ariadnaesporites*)

et des *Cyathiaceae* (*Cyathidites* et *Deltoidosporites*).

La végétation rencontrée, d'une part, est constituée de Conifères de la famille des *Cheirolepidiaceae* et des *Cupressaceae*, avec un sous-bois composé d'une flore de Ptéridophytes dont les Fougères aquatiques pour la plupart, comme les *Masileaceae* et les *Cyathiaceae*, sont donc des plantes à habitats humides. D'autre part, on y rencontre une forêt côtière constituée essentiellement d'angiospermes. Ce paysage montre que nous sommes dans un environnement côtier humide estuarien ou de plateforme interne à moyenne où le sous-bois résistant est essentiellement constitué de ptéridophyte.

Quelques-uns de ces palynomorphes identifiés dans les deux puits d'étude sont présentés à la figure 7.

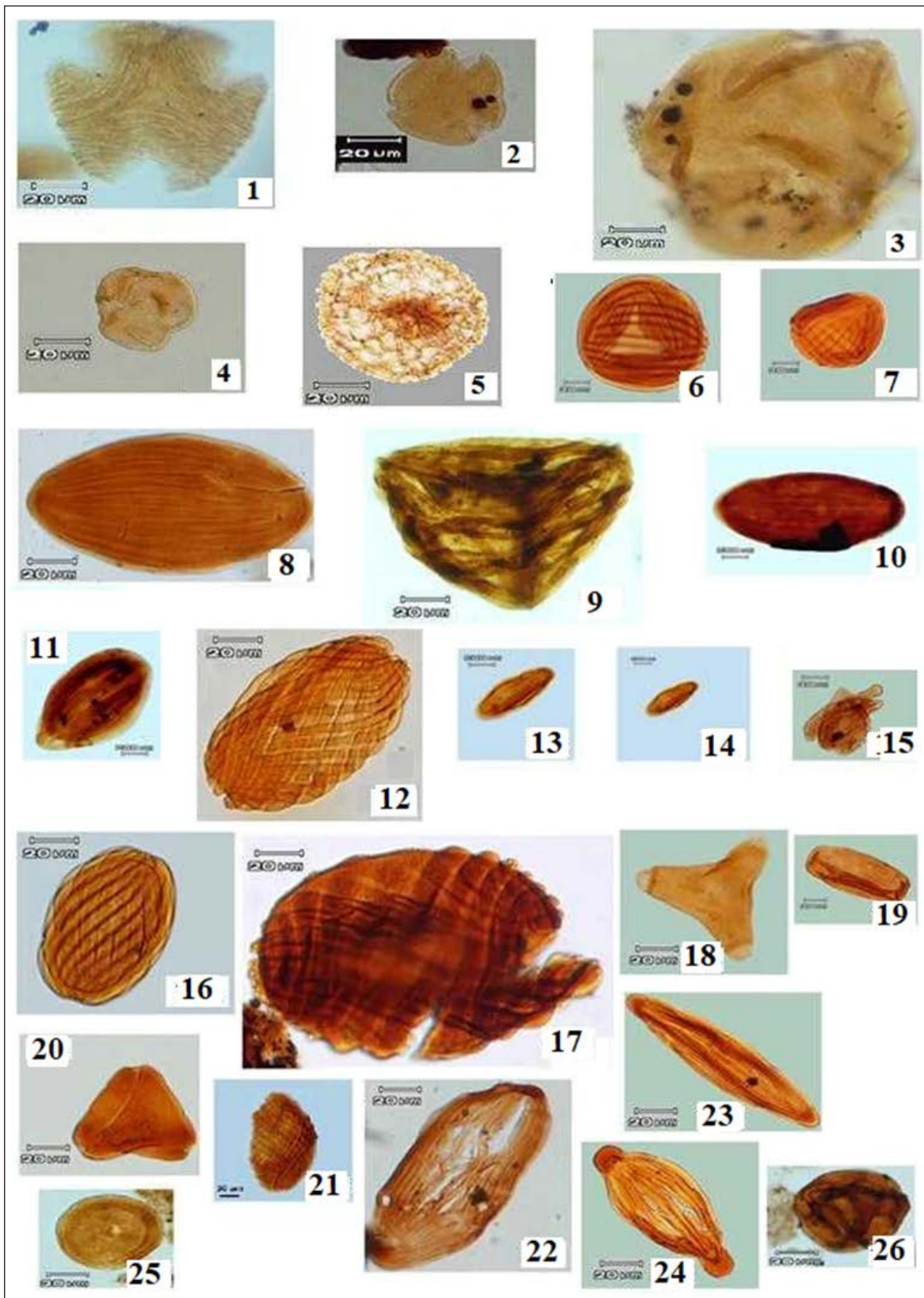


Figure 7 : Quelques spores et grains de pollen observés dans les puits étudiés

Légende : 1- *Tricolpites* sp. 107; puits Pa, cote 1782 m ; 2- *Tricolpites* sp.; puits Po; cote 2020 m ; 3- *Tricolpites gigantoreticulatus* ; puits Pa; cote 1935 m ; 4- *Tricolporopollenites* sp.; puits Po; cote 2020 m ; 5- *Afropolis jadinus* ; puits Po; cote 2140 m ; 6- *Cicatricosisporites baconicus* ? puits Po; cote 2072 m ; 7- *Cicatricosisporites cooksonii* ? puits Pa; cote 1785 m ; 8- *Ephedripites multicostatus*; puits Pa; cote 1769 m ; 9- *Cicatricosisporites berouensis* ; puits Po; cote 2165 m ; 10- *Ephedripites binodosus*; puits Pa; cote 1843 m ; 11- *Ephedripites Ambiguus* ; puits Pa; cote 1783 m ; 12- *Ephedripites baghoornii*; puits Pa; cote 1808 m ; 13- *Ephedripites* sp; puits Po; cote 2162 m ; 14- *Ephedripites* sp; puits Po; cote 2048 m ; 15- *Galacornea causea* ; puits Pa; cote 1787 m ; 16- *Ephedripites jansonii* ; puits Po; cote 1860 m ; 17- *Gnetaceapollenites clathratus* ? puits Po; cote 2005 m ; 18- *Pemphixipollenites inequixinus*; puits Pa; cote 1830 m ; 19- *Steevissipollenites multilineatus*; puits Po; cote 2102 m ; 20- *Triorites africaensis* ; puits Pa; cote 1696 m ; 21- *Gnetaceapollenites torosus* ; puits Po; cote 2006 m ; 22- *Steevissipollenites* sp; puits Po; cote 2148 m ; 23- *Steevissipollenites cupiliformis* ; puits Pa; cote 1847 m ; 24- *Steevissipollenites binodosus* ; puits Po; cote 1992 m ; 25- *Classopollis classoides* ; puits Po; cote 2023 m ; 26- *Classopollis brasiliensis* ? puits Po; 2090.

Discussion

L'étude lithologique a permis d'identifier quatre faciès : une prédominance d'argile gris sombre feuilletée, des bancs de grès, des marnes et de rares niveaux de calcaire présents surtout au Cénomanién inférieur ou moyen. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans un puits offshore dans le bassin sédimentaire ivoirien par Bamba *et al.* (2011) entre l'Albien et le Turonien. Ces auteurs ont décrit des argiles feuilletées gris-sombre à gris-brunâtre plus abondantes, des couches de grès à ciment calcaire et des niveaux calcaires gris-clair, bruns, plus ou moins compacts. Cette prédominance d'argiles feuilletées sombres accumulées au Crétacé moyen et au-delà traduit un milieu relativement confiné comme celui décrit par Strand (1998). Ces résultats s'accordent avec ceux de Saint-Marc et N'da (1997) qui ont décrit dans le sondage D1-1X du bassin ivoirien une lithologie essentiellement détritique constituée d'argiles noires pyriteuses et de grès. Ils ont noté une diminution progressive de la fraction détritique grossière de l'Albien au Paléocène et la présence de niveaux calcaires à la base du Cénomanién. Ces niveaux calcaires seraient des repères stratigraphiques à l'échelle du Golfe de Guinée. On note en effet la présence de niveaux calcaires au passage Albien/Cénomanién dans le forage ODP-959 et au Crétacé supérieur dans le forage ODP-960, situés dans la marge Ghana-Côte d'Ivoire (Masclé et Blarez, 1986).

Sur le plan palynologique, les espèces des genres *Steevesipollenites*, *Ephedripites*, *Cicatrissporites*, *Striatopollenites*, *Classopolis*, *Afropoli* et *Triorites* ont permis de distinguer dans un puits offshore (Dno-1x) de l'Ouest de la marge d'Abidjan par Digbehé *et al.* (2011), le Turonien du Cénomanién respectivement par *Tricolpites* sp et *Steevesipollenites*

sp. Dans ce travail, le Turonien a pu être daté comme au Sénégal (Jardiné et Magloire, 1965) par l'association à *Tricolpites* sp. Les espèces diagnostiques sont rares, néanmoins, on a pu dater le Turonien avec les espèces *Classopolis* et *Tricolpites*, associées occasionnellement à *Florentina resex* et *Cretaceasporites mulleri* (puits Po). Aux plans paléobotanique et paléoenvironnemental, nos résultats sont proches de ceux de Béhi (2017) qui a lui aussi, grâce à ses travaux, identifié une végétation dominée par les Fougères et Angiospermes au Miocène inférieur dans la partie onshore, à l'Est du bassin sédimentaire ivoirien. Ce sont des végétaux marécageux côtiers vivant sous un climat tropical. Cependant, l'auteur a aussi identifié des espèces végétales d'eau douce telles que les espèces de Fougères *Verrucatosporites usmensis* et *Leiotriletes* sp.

Par ailleurs, nos travaux sont en partie comparables à ceux de Doukouré *et al.* (2019), Doukouré (2020) où la relative abondance des groupes de *Classopolis*, *Araucariacites*, *Ephedripites* suggèrerait un environnement de dépôt du secteur d'étude, influencé par des paléoclimats à prédominance tropicale à semi-aride (due à une végétation dominée par les *Cheirolepidiaceae* et *Ephedraceae*) sous des conditions relativement humides dues à l'abondance des spores de Ptéridophytes. Bien qu'il serait de source fluvio-deltaïque à littoral, cet environnement de dépôt subirait l'influence marine. Cela se constate par la présence non négligeable dinokystes.

Cette végétation serait donc à l'origine de la formation du kérogène contenu dans les black shales que Kouassi *et al.* (2017) ont caractérisé sur le plan géochimique.

Conclusion

La reconstitution paléobotanique et paléoécologique du passage Cénomanién/ Turonien dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire a été possible grâce à deux puits pétroliers forés dans la partie est du bassin en offshore. En effet, dans une lithologie dominée par les argiles sombres feuilletées, s'observe des palynomorphes constitués de spores et de grains de pollen. Les spores sont en majorité dominées par les genres *Crybelosporites*, *Ariadnaesporites*, *Deltoidospora* et *Cyathidites*. Les grains de pollen plus diversifiés, sont quant à eux représentés majoritairement par

les genres *Ephedripites*, *Parasyncolpites*, *Tricolpites*, *Classopolis* et *Inaperturopollenites*. Cette flore est représentative d'une paléovégétation constituée d'Angiospermes, de Conifères avec un sous-bois fait de Ptéridophytes et de Fougères. Ce sont tous des plantes côtières à habits humides de type mangrove. Cette végétation serait à l'origine de la formation du kérogène contenu dans les black shales au passage Cénomanién / Turonien du bassin de Côte d'Ivoire dans la marge d'Abidjan.-

Remerciements

Les auteurs, à travers ces mots tiennent à témoigner leur infinie reconnaissance à la Direction Générale de la PETROCI qui a bien

voulu mettre ses locaux et son matériel à notre disposition pour la réalisation de ce travail.

Références Bibliographiques

- Arthur MA, Natland JH. 1979.** Carbonaceous sediments in the North and South Atlantic: the role of salinity in stable stratification of early Cretaceous basins. *In: Talwani M., Hay W. & Ryan W.B.F. (Eds). Deep drilling results in the Atlantic Ocean: continental margins and paleoenvironments. American Geophysical Union, 3: 375- 401.*
- Bamba MK, Digbéhi ZB, Sombo BC, Goua TE, N'da LV. 2011.** Foraminifères planctoniques, biostratigraphie et paléoenvironnement des dépôts albo-turonien de la Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Revue de Paléobiologie, Genève, 30 (1) : 1-11.*
- Béhi ZA. 2017.** Litho-biostratigraphie des dépôts néogènes connexes à la faille des lagunes (bassin onshore, Est de la faille des lagunes): reconstitution de la paléoécologie et paléoenvironnementale. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan/Cocody), 210 p.
- Caron M. 1978.** Cretaceous planktonic foraminifers from DSDP Leg 40, South-Eastern Atlantic Ocean. *Initial Report of Deep-Sea Drilling Project, 40: 651-678.*
- Caron M. 1983.** La spécialisation chez les foraminifères planctoniques: une réponse adaptée aux contraintes de l'environnement. *Zitteliana, 10: 671-676.*
- Caron M. 1985.** Cretaceous planktonic foraminifers. *In: Bolli H M., J. B Saunders and K. Perch-Nielsen (Eds). Plankton Stratigraphy, Cambridge Earth Science series, Cambridge University Press 40: 17-86.*
- Caron M, Robaszynski F, Amedro F, Baudin F, Deconinck F, Hochuli P, Perch-Nielsen K, Tribouvillard N. 1999.** Estimation de la durée de l'événement anoxique global au passage Cénomaniens/Turonien. Approche cyclostratigraphique dans la formation Bahloul en Tunisie central. *Bulletin de la Société Géologique de France, 170 : 145-160.*
- Châteauneuf JJ, Reyre Y. 1974.** Eléments de palynologie. Applications géologiques. Cours de 3ème cycle en Science de la Terre, 345 p.
- Desmares D, Grosheny D, Beaudoin B. 2003.** Hétérochronies du développement sensu Gould chez les foraminifères planctoniques cénomaniens: exemple de néoténie dans le bassin du Western Interior américain. *C. R. Pale., 2: 587-595*
- Digbehi ZB, N'da LV, Yao KR, Atteba YA. 1997.** Principaux foraminifères et palynomorphes créacés du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, Golfe de Guinée septentrional : propositions pour une échelle biostratigraphique locale. *Revue Afrique Géoscience, 4 (3 et 4) : 461-473.*
- Digbehi ZB., Ouffouët KB, Sombo BC, Yao NJP. 2011.** Biostratigraphic analysis and Palaeoenvironmental reconstruction of Cenomanian-Turonian boundary in Côte d'Ivoire onshore sedimentary basin, West Africa. *Africa research review International Multidisciplinary Journal, Ethiopia, 5 (6) : 361-380.*
- Doukouré M, Digbehi ZB., Fofana B, Bamba K, Dobo KBKH. , Konan YR , Kangah KD, Tahi I, Coulibaly Y. 2019.** Utilisation de l'analyse palynologique pour la reconstitution paléoenvironnementale et paléoclimatique des dépôts de l'Albien des puits Offshore du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, marge d'Abidjan. *International Journal of Innovation and Scientific Research. 43 (1) : 10 - 24*
- Doukouré M. 2020.** Dépôts d'âge Albien de la marge d'Abidjan, Côte d'Ivoire : palynostratigraphie, palynofacies, Paléoclimat, géochimie et paléoenvironnement/Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan/ Côte d'Ivoire), 245 p.
- Grosheny D, Bodouin B, Laurence M, Desmares D. 2005.** High-resolution biostratigraphy and chemostratigraphy of Cenomanian/Turonian boundary event in the vocontian basin, southeast France. *Cretaceous Research, 27: 629-640.*

- Jardiné S, Magloire L. 1965.** Palynologie et stratigraphie du Crétacé des bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire. Colloque International de Micropaléontologie (Dakar, 1963). Mém. Bur. Réch. Géol., Min. 32 : 187-245.
- Kouassi KA. 2014.** Épisode anoxique à la limite Cénomaniens/Turonien dans le bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire : intérêt pétrolier des black shales. Thèse de Doctorat, Univ Félix Houphouët -Boigny (Abidjan/Cocody) : 275 p.
- Kouassi KA, Yao KC, Bie GR, Ahientio H. 2017.** Essai de caractérisation sédimentologique et géochimique des black shales à l'interface Cénomaniens/Turonien (C/T) dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *International Journal of Chemical et Biological Sciences*, 11(2): 874-885.
- Klasz I. (DE), Klasz S. (DE), Saint-Marc P. 1995.** Heterohelicids from the Turonian of Senegal (West Africa) with particular emphasis on *Heterohelix americana* (Ehrenberg). *Micropaleontology*, 41(4) : 359-368.
- Masle J, Blarez E. 1986.** Evidence for transform margin evolution from the Ivory Coast - Ghana continental margin. *Nature*, 32: 378-381.
- Saint-Marc P, N'da LV. 1997.** Biostratigraphie et environnements des dépôts crétacés au large d'Abidjan (Golf de Guinée). *Cretaceous Research*, 18: 545-565.
- Schlanger SO, Arthur MA, Jenkyns HC, Scholle P. 1987.** The Cenomanian- Turonian Oceanic Anoxic event. The stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine $\delta^{13}C$ excursion. In : Marine petroleum source rocks. Brooks J. and Fleet, A. J. (Eds). *Geological Society of London, Special Publication*, 26: 371-399.
- Soua M. 2005.** Biostratigraphie de haute résolution des foraminifères planctoniques du passage Cénomaniens-Turonien et impact de l'événement anoxique EAO-2 sur ce groupe dans 224 la marge sud de la Théthys, exemple: région de Jerissa et Bargou. Mémoire de l'Université de Tunis El Manar: 41 p.
- Strand K. 1998.** Sedimentary facies and sediment composition changes in response to tectonics of de Côte d'Ivoire - Ghana transform margin 1. In: Masle J., G. P. Lohman and M. Moullade (Eds). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 159; 113-123.
- Traverse A. 2007.** Paleopalynology, 2nd Edition, Springer, Berlin, 816 p.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

REB-PASRES, la Revue Environnement et Biodiversité, est publiée par le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique en Côte d'Ivoire (PASRES), deux fois par an. Elle publie en langue française et anglaise, des articles originaux dans les domaines suivants : Biologie, Écologie et Conservation des ressources naturelles, Gestion durable des ressources naturelles, Qualité des ressources naturelles et des écosystèmes, Interaction(s) environnement et pression anthropique. Les articles ne doivent pas avoir été publiés antérieurement ni soumis dans une autre revue.

PRÉSENTATION DES MANUSCRITS

La page de titre

Elle doit comprendre :

- un titre en français et en anglais, en gras et en majuscule à l'exception des mots en latin ;
- les noms des auteurs (nom de famille suivi de l'initiale du (des) prénom(s), l'adresse postale complète des services ou des laboratoires d'affiliation avec une indication de l'appartenance de chacun des auteurs ;
- le nom et le numéro de téléphone, le fax et l'adresse e-mail de l'auteur à qui seront adressés les demandes de modifications avant l'acceptation du manuscrit, les épreuves et les tirés à part.

Les résumés et mots-clés

Chaque article comprend un résumé de 250 mots au maximum, en français et en anglais, ainsi que des mots-clés (4 à 6) également en français et en anglais. Ces résumés doivent être présentés en un seul paragraphe et structurés comme suit : but de l'étude, méthodes, résultats et conclusion. Les mots-clés doivent commencer par une lettre majuscule et séparés par une virgule. La longueur du manuscrit n'excédera pas 25 pages y compris les références bibliographiques, les tableaux et les figures.

Le texte

Les auteurs doivent veiller à ce que les textes soumis soient clairs et facilement compréhensibles, précis et concis. Ils doivent s'assurer que le français ou l'anglais est simple et correct. Les abréviations doivent être expliquées lors de leur première apparition dans le texte et, ensuite, être utilisées de manière cohérente et invariable. Pour ne pas nuire à la clarté du texte, elles doivent être en nombre restreint. Aucune abréviation ne sera utilisée ni dans le titre, ni dans le résumé. Les unités de mesure abrégées doivent être conformes aux nomenclatures internationales (par exemple, l'abréviation de minute est « min » et non pas « mn »).

Les articles sont rédigés en français ou en anglais en Word, Times New Roman, taille 12, double interligne, avec des marges de 2,5 cm de chaque côté.

Le texte comprendra les sections suivantes :

INTRODUCTION

L'introduction doit présenter succinctement le contexte, l'importance du sujet, le point sur les travaux antérieurs avec des références actualisées et les objectifs visés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les méthodes antérieurement décrites doivent être citées et non réécrites. Si les méthodes sont nouvelles, elles seront détaillées de sorte à permettre leur reproduction.

RÉSULTATS

Les résultats originaux et importants doivent être indiqués. Ils peuvent être illustrés par des figures et/ou des tableaux, mais leur nombre doit être restreint et venir en complément du texte et non en répétition. Ces illustrations doivent être numérotées en chiffres arabes et accompagnées d'un titre et d'une légende. Les titres et les légendes des figures seront placés en bas et ceux des tableaux, en haut. La numérotation des tableaux et des figures doit être en gras. Exemple : **Figure 1** : Localisation des points d'échantillonnage.

DISCUSSION

Le but de la discussion est de présenter une interprétation brève et fondée des résultats et devrait faire ressortir ce qui est nouveau par rapport aux connaissances antérieures. Une simple récapitulation des résultats n'est pas acceptable à ce niveau.

CONCLUSION

Une conclusion doit être tirée à la fin de toutes ces sections. Elle doit présenter les résultats significatifs et les limites de l'étude.

REMERCIEMENTS

Des remerciements peuvent être présentés à la fin du texte et avant les références bibliographiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les auteurs doivent accorder une attention particulière à l'exactitude et à l'exhaustivité de leurs références. Ces dernières doivent être citées dans le texte par le(s) nom(s) de(s) l'auteur(s) et l'année de publication, par exemple : (Touré, 2014) ou (Aké-Assi et Guinko, 1991).

Pour la citation de références avec trois auteurs ou plus, seul le nom du premier auteur suivi par « *et al.* », doit être utilisé, par exemple : (Simarmata *et al.*, 1990). S'il y a plus d'une publication produite au cours de la même année pour le(s) même(s) auteur(s), il faudrait ajouter les lettres « a » ; « b », etc. Pour l'année : par exemple, (Dembele 2008a ; 2008b). Les références doivent être listées par ordre alphabétique à la fin du texte, sans numérotation. Le(s) nom(s) de(s) l'auteur(s) et l'année de publication doivent être en gras. Exemple : **Aké-Assi L, Guinko S. 1991.** Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l'Ouest. Roche, Bâle, Suisse, 151p

Le nombre de références ne doit pas dépasser 30 et ne seront constituées que des références consultées pour la rédaction de la publication. Celles-ci doivent être accessibles aux lecteurs. Toutes les références citées dans le texte doivent figurer dans la liste des références bibliographiques et vice-versa. Les articles acceptés mais non encore publiés peuvent être référencés en indiquant les auteurs, le titre, la revue, le volume avec la mention (à paraître) ou (*in press*) en lieu et place de l'année de publication.

Article de journaux

Simarmata M, Kaufmann JE, Penner D. 2003. Potential basis of glyphosate resistance in California rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Science*, 51: 678-682.

Mukherjee P, Gao Y. 2016. Efficiency of organic ligands in adsorptive dissolution and photoreductive dissolution of hematite. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(5) : 1195-1206.

Ouvrage

Aké-Assi L, Guinko S. 1991. Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l'Ouest. Roche, Bâle, Suisse, 151p.

Chapitre d'ouvrage

Blasa M, Gennari L, Angelino D, Ninfali P. 2010. Fruit and vegetable antioxidants in health. *In*: Watson RR, Preedy VR (Eds.). *Bioactive foods in promoting health. Fruits and vegetables*, 1st edn. Elsevier : 37-58.

Michel JL (Eds.). 2002. L'organisation pratique. *In* : Le mémoire de fin d'études dans les écoles de commerce. Ellipses, Paris, 77-88.

Thèse

Touré A. 2014. Gestion agronomique et dynamique des mauvaises herbes dans les systèmes de riz de bas fond en Afrique de l'Ouest. Thèse de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 250p.

Référence consultable sous format électronique

Blythe S. 1999. An introduction to medicines from plants. [http:// www.rainforesteducation.com/medicines/PlantMedicines/rfmedicines.htm](http://www.rainforesteducation.com/medicines/PlantMedicines/rfmedicines.htm), consulté le 24/03/2015.

OMS. 2014. Premier rapport de l'OMS sur la résistance aux antibiotiques: une menace grave d'ampleur mondiale. <http://www.who.int/mediacentre>, consulté le 16/11/2014.

FIGURES

Toutes les figures (graphiques, dessins, photographies, cartes...) sont numérotées en chiffres arabes et appelées dans le texte par ordre numérique (numéro entre parenthèses : Figure 1). Les figures en couleur ou en noir et blanc, sont fournies dans un fichier séparé.

TABLEAUX

Chaque tableau doit être présenté sur une page séparée, numéroté en chiffres arabes et indexé dans le texte par appel de son numéro entre parenthèses (Tableau 1). Il est accompagné d'un titre (placé au-dessus) et, éventuellement, de notes explicatives (au-dessus). Il est saisi en interligne simple. Les tableaux sont fournis dans un fichier séparé.

SOUSSION DES ARTICLES

L'article proposé doit être envoyé par voie électronique à l'adresse de la revue : rebpasres.prov@gmail.com

Lors de la soumission des articles, les auteurs doivent s'assurer que le texte est conforme aux instructions aux auteurs. La revue se réserve le droit de rejeter tout article qui ne les respecte pas.

Une fois reçu, le comité de rédaction vérifie que l'article soumis pour publication entre dans la ligne éditoriale de la revue. Le manuscrit est ensuite évalué par deux référés. Les auteurs reçoivent les décisions de ces évaluations qui peuvent être l'acceptation, le refus ou l'acceptation avec des demandes de modifications. Le Comité de rédaction à son tour vérifie que les modifications apportées au manuscrit correspondent bien à ce qui a été demandé par les évaluateurs scientifiques. Une fois validé, le manuscrit est accepté par l'éditeur et le processus d'édition peut commencer.

CORRECTION D'ÉPREUVES, DEMANDES DE REPRODUCTION

En cas de reproduction partielle ou totale, dans le manuscrit, d'un document ou d'une illustration déjà publiée, l'autorisation écrite de l'éditeur et des auteurs doit être impérativement fournie. L'auteur correspondant recevra les épreuves électroniques de son article sous format PDF. Les modifications portant sur le fond ne sont pas acceptées sur les épreuves. Les corrections se limiteront à la typographie. Les auteurs feront le nécessaire pour retourner à l'éditeur les épreuves corrigées, dans les 48 heures suivant leur réception, et ce, à toute période de l'année. En cas de retard, l'éditeur se réserve le droit de procéder à la publication du manuscrit sans les corrections de l'auteur. Dès parution, toute demande de reproduction devra être adressée à l'éditeur.

L'auteur correspondant recevra l'article paru sous format PDF.

La publication dans la REB-PASRES est entièrement gratuite.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

REB-PASRES, a journal of Environment and Biodiversity, is published by the « Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) », two times a year. REB-PASRES publishes French and English-language original articles in the following fields : Biology, Ecology and Conservation of natural resources, Sustainable management of natural resources, Quality of natural resources and ecosystems, Environment and Anthropogenic pressure interaction. Articles must not have been published or submitted to another journal.

PRESENTATION OF MANUSCRIPTS

The format of the manuscript should be as follows:

Title page

- a title in English and in French, in bold and capital letters except words in Latin.
- the names of authors (first name initial and surname), the full postal addresses of the affiliations of each author.
- name, phone number, fax number and e-mail address of corresponding author.

Abstracts and keywords

Each article must include an abstract of 250 words at the most, in French and English, as well as French and English keywords (4 to 6). These abstracts must be in one paragraph and structured in the following manner: study goal, methods, results and conclusion. Keywords must begin with a capital letter and separated by a comma. The full-length paper should not exceed 25 pages, including references, tables and figures.

Text

Authors must ensure that the texts submitted are clear, easy to understand, precise and concise. The French or English language used must be simple and correct. Abbreviations must be explained when first used in the text, then used in a coherent and invariable manner. Abbreviations cannot be used in the title or abstract. In order to ensure clarity of the text, they must be used in a limited number. Abbreviated units of measurement must follow international nomenclature (for example, the abbreviation of minute is “min” not “mn”).

Articles are written in English or French in Word, Times New Roman, size 12, double spaced, with margins of 2.5 cm on each side. The body of the article is structured as followed:

INTRODUCTION

The introduction must present the background on the subject, its relevance, relationship with previous studies and state the goals of the study.

MATERIAL AND METHODS

Previously described methods should be cited but not rewritten. If new methods are used, they must be described in details in order to allow reproduction.

RESULTS

Original and important findings must be presented. They may be illustrated, not repeated with limited numbers of tables or figures. Tables and figures must be numbered in Arabic numerals and bear a title and a legend. Titles and legends must be placed below figures and above tables. Tables and figures number must be in bold:

Example: **Figure 1:** Location of the sampling sites.

DISCUSSION

The purpose of the discussion is to present a brief and sound interpretation of the results. The discussion must highlight what is new in the paper as compared to existing knowledge. A mere recapitulation of the results is not acceptable. A conclusion must be given at the end of this section.

CONCLUSION

A conclusion must be given at the end of these sections. It must point out the major points of results and the limitations of the study.

ACKNOWLEDGEMENTS

These may be presented at the end of the text and before the references.

REFERENCES

Authors must pay a particular attention to the quality and comprehensiveness of the references. These references must be quoted in the text using the name(s) of author(s) and the year of publication, e.g. (Touré, 2014) or (Aké Assi et Guinko, 1991). For references with more than two authors, only the name of the first author followed by *et al.*, must be used, e.g. (Simarmata *et al.*, 1990). If an author is quoted twice for the same year, add letters “ a “, “ b “, etc. for this year : e.g (Dembele 2008a, 2008b). The references must be listed in alphabetical order at the end of the text without number. Author’s names and publishing year must be in bolt.

Example :

Aké-Assi L, Guinko S. 1991. Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l’Ouest. Roche, Bâle, Suisse, 151p

The number of references must not exceed 30 in original articles. The article must only include references to texts that have been consulted when writing the article. The quoted references should be accessible to the readership. Any reference quoted within the text must be included in the list of references and vice versa. Articles accepted but not yet published can be referenced by indicating the journal, the year of publication, and the volume with the words (in press).

Journals

Simarmata M, Kaufmann JE, Penner D. 2003. Potential basis of glyphosate resistance in California rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Science*, 51: 678-682.

Mukherjee P, Gao Y. 2016. Efficiency of organic ligands in adsorptive dissolution and photoreductive dissolution of hematite. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(5): 1195-1206.

Book

Aké-Assi L, Guinko S. 1991. Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l’Ouest. Roche, Bâle, Suisse, 151p.

Book chapter

Blasa M, Gennari L, Angelino D, Ninfali P. 2010. Fruit and vegetable antioxidants in health. *In*: Watson RR, Preedy VR (Eds.). *Bioactive foods in promoting health. Fruits and vegetables*, 1st edn. Elsevier, 37-58.

Michel JL (Eds.). 2002. L’organisation pratique. *In* : Le mémoire de fin d’études dans les écoles de commerce. Ellipses, Paris, 77-88.

Thesis

Touré A. 2014. Gestion agronomique et dynamique des mauvaises herbes dans les systèmes de riz de bas fond en Afrique de l’Ouest. Thèse de l’Université d’Abomey-Calavi, Bénin, 250p.

Reference that can be consulted in electronic format

Blythe S. 1999. An introduction to medicines from plants. [http:// www.rainforesteducation.com/medicines/PlantMedicines/rfmedicines.htm](http://www.rainforesteducation.com/medicines/PlantMedicines/rfmedicines.htm), Accessed 24/03/2015.

OMS. 2014. Premier rapport de l’OMS sur la résistance aux antibiotiques: une menace grave d’ampleur mondiale. <http://www.who.int/mediacentre>, Accessed 16/11/2014.

ILLUSTRATIONS

All illustrations (graphs, drawings or photographs) must be numbered in Arabic numerals and mentioned in numerical order in the text (number in brackets). Each illustration must be supplied in a separate file.

TABLES

Each table must be presented on a separate page, numbered in Arabic numeral and indexed in the text using its number in parenthesis. It must be accompanied by a title (placed above it) and, potentially, explanatory notes (below). It must have simple line spacing.

SUBMISSION OF PAPERS

Papers should be submitted in electronic form through e-mail as attachment, to:

rebpasres.prov@gmail.com

Before a manuscript is submitted, authors must ensure that the text follows carefully the instructions for authors. The journal could reject any article that does not respect its guideline.

After receipt of the manuscript, the editorial board of the journal sees if the article fit into the editorial line. The manuscript is then evaluated by two scientists of known competence in the relevant field. Notification of acceptance, of rejection or of the need for revision will be given to authors. The final manuscript will be approved by the editorial board before sending to the publisher for copy editing.

CORRECTING PROOFS, REPRODUCTION REQUESTS

In the event of full or partial reproduction, in the manuscript, of a document or illustration that has already been published, a written authorization from the publisher and authors must be supplied. The corresponding author will receive the electronic proofs of his or her article in PDF format. Content changes will not be accepted on proofs. Corrections must only be made to the typography. The authors must send back the corrected proofs to the publisher within 48 hours following receipt, at any time throughout the year. If they are not sent back in time, the publisher has the right to print the article without the author's corrections. As soon as the journal is published, reproduction requests must be sent to the publisher.

The corresponding author will receive his or her published article in PDF format.

The publication in the REB-PASRES is completely free of charge.