

REB PASRES

Revue de l'Environnement et de la Biodiversité - PASRES

N°
06



JANVIER-JUIN 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, 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, 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

Tél : (225) 23 47 28 29

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

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

Ahoba A · Gueulou N · N'Guessan KA

Évaluation de la proportion d'aubier et de bois parfait pour la valorisation des rebuts de billons de *Tectona grandis* L. f. (Lamiaceae).....1

Baldé A · Kouamé NF · Diallo A · Kouassi KÉ

Distribution des Melastomataceae et leurs utilisations dans la pharmacopée traditionnelle en République de Guinée.....9

Cissé M · Kamelan TM · Siaka B · Kouamelan EP

Paramètres de population des principales espèces de poissons du lac de barrage d'Ayamé 1 sept ans après le retour des pêcheurs allogènes.....23

Nangalire NO · Iragi CL · Cirhuza CS · Mushagalusa MM · Ntamwira NS

Caractérisation structurale des îlots forestiers de la partie anthropisée de Cirere, à l'Est de la République Démocratique du Congo.....37

Koné N · N'Da AS · Berté S · Kouamelan EP

Pêche, paramètres de croissance et d'exploitation de *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916, dans le lac de Barrage de Kossou (Fleuve Bandama, Côte d'Ivoire).....52

Soro TA · Komoé K · Etilé RN · Gooré BI G

Influence des variables environnementales sur la variation temporelle de la chlorophylle *a* et état de pollution des lacs de Barrage Lokpoho et Morrisson (Haut-Bandama, Côte d'Ivoire).....63

Kouakou KG · Kambiré B · Alla DA

Évaluation des impacts de l'orpaillage sur les composantes de l'écosystème naturel dans le Yaourè (Côte d'Ivoire).....73

Évaluation de la proportion d'aubier et de bois parfait pour la valorisation des rebuts de billons de *Tectona grandis* L. f. (Lamiaceae).

Sapwood and perfect wood evaluation for the valorization of the scrap logs of *Tectona grandis* L. f. (Lamiaceae).

Ahoba A • Gueulou N • N'guessan KA

Received: 04 December 2020 / Accepted: 10 May 2021 / Published online: 30 June 2021

© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé Les rebuts de billons de *Tectona grandis* (teck) dans les parcelles après exploitation sont taxés de faibles diamètres et de pourcentage élevé de l'aubier. Le présent travail visait à déterminer ces valeurs sur des rebuts de teck au regard de celles des billons de premier choix. Soixante rebuts de billons de teck de 24 ans, sélectionnés en zone de forêt dense semi-décidue, ont été cubés en tenant compte du bois parfait et de l'aubier avant d'être sciés en unité industrielle du bois. Les résultats ont montré que les diamètres moyens des rebuts de billons étudiés étaient de l'ordre de 26 cm. Le bois parfait mesurait en épaisseur 22 cm et occupait 69% du volume de la grume. L'aubier, vu comme un défaut à éliminer, mesurait en moyenne 2 cm sur le rayon, soit 4 cm sur le diamètre et occupait 31% du volume de la grume. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles des billons de premier choix et devraient permettre d'envisager des transactions commerciales avec les énormes quantités de rebuts de teck abandonnées dans les parcelles des producteurs pour raison de proportion élevée d'aubier.

Mots clés : *Tectona grandis* L. f., Rebuts, Diamètre, Bois parfait, Aubier, Rendement sciage.

Abstract Discarded *Tectona grandis* L.f. (teak) logs in the fields after logging are considered as having a smaller diameter and a higher percentage of sapwood. This work aims to determine these values on teak rejects compared to those of prime teak logs. Sixty 24 years old rejected teak logs selected in semi-deciduous dense forest areas were cubed taking into account the heartwood and sapwood before being sawn in industrial wood processing units. The results showed that the average diameters of the teak log rejects were of the order of 26 cm. The heartwood measured 22 cm in thickness and occupied 69% of the log volume. The sapwood, seen as a defect to be eliminated, measured 2 cm on the radius, or 4 cm on the diameter and occupied 31% of the volume of the log. These values were of the same order of magnitude as those of prime logs and should allow for commercial transactions with the huge quantities of teak scraps abandoned in the producers' plots due to the high proportion of sapwood.

Key words : *Tectona grandis* L. f., Discarded teak logs, Diameter, Heartwood, Sapwood, Sawing yield.

Introduction

Le teck (*Tectona grandis* L.f.) est l'une des essences les plus recherchées, en raison de certaines particularités physiques, mécaniques et technologiques. Il présente une très bonne durabilité vis à vis des champignons lignivores et surtout une excellente stabilité en service. Il constitue le matériau privilégié des constructions navales et de l'ameublement de luxe d'intérieur et d'extérieur (Vernay, 2000). En Côte d'Ivoire, l'intérêt pour le teck s'est manifesté après sept incendies, survenus en 1983, qui avaient détruit de nombreuses plantations et essences, mais épargné les teckeraies du fait de leurs fortes résistances au feu, (SODEFOR 1998). Le teck couvre 81 886 ha en Côte d'Ivoire et correspond à 31% des superficies forestières reconstituées se chiffrant à 264 139 ha (SODEFOR, 2012). En Côte d'Ivoire, très peu d'études se sont intéressées à cette essence. Les quelques rares travaux que nous pouvons citer ont porté sur l'âge d'exploitabilité technique et la lutte contre les insectes ravageurs de l'essence (N'guessan *et al.*, 2015 ; Vouï Bi *et al.*, 2016) ; le rendement sciage des tecks de premier choix (Durand, 1981) ; l'établissement de règles de classement des sciages et l'évaluation de rendement matière des tecks de premier choix (Espinet, 1980). Les récents travaux de Ahoba *et al.* (2020) ont également montré qu'en procédant à une élimination quasi complète de l'aubier pour améliorer la qualité des débités, le rendement brut sciage chute de 38,12% à 34,31% avec des pertes

qui peuvent être considérées comme acceptables. Le teck représente 50% du volume de bois vendu chaque année et constitue la plus grande source d'espoir parmi les six importantes espèces forestières utilisées en reboisement par ordre d'importance décroissante en terme de superficie, que sont *Tectona grandis* L.f., *Terminalia superba* Engl. & Diels, *Terminalia ivorensis* A. Chev., *Cedrela odorata* L., *Triplochiton scleroxylon* K. Schrum., *Gmelina arborea* Roxb. (SODEFOR, 2012). La SODEFOR envisage même une intensification de la sylviculture du Teck à partir de techniques clonales (Martin *et al.*, 1999). Mais, l'exploitation commerciale des arbres matures de cette essence est souvent à l'origine d'énormes gaspillages, par l'abandon d'importantes quantités de bois sur le terrain (Ahoba *et al.*, 2020). Ces quantités restent sans acheteur car font l'objet de nombreuses récriminations parmi lesquelles la proportion élevée de l'aubier. Conformément aux récriminations des opérateurs de la filière bois, l'aubier des rebuts de teck présente-t-il une proportion élevée dans la valorisation en bois d'œuvre du teck ?

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la valorisation des billons de teck abandonnés dans les plantations industrielles. De manière spécifique, il s'agit d'évaluer la proportion d'aubier et de bois parfait des rebuts de teck au regard des billons de teck de premier choix.

Matériel et Méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué d'un échantillon de 60 billons extraits d'un lot de 700 rebuts de billons de Teck (*Tectona grandis* L.f.) âgés de 24 ans (Figure 1). Ces billons devant servir de test de démarrage du sciage à grande échelle, sont issus des plantations de Téné, en zone de forêt dense semi-décidue de Côte d'Ivoire. Les rebuts, conformément aux récriminations des opérateurs de la filière bois, sont supposés avoir de fortes proportions d'aubier (Figure 2) à l'origine de leur mévente sur le marché. L'aubier est un manchon périphérique plus ou moins épais qui épouse la forme de la grume et qui est recouvert à l'extérieur par le rhytidome correspondant à l'écorce

externe. Ce manchon peut, en fonction de l'âge du sujet, avoir des proportions plus ou moins élevées. L'aubier peut ainsi atteindre des proportions plus importantes au détriment du bois parfait. Cette configuration rare en fin de révolution de l'arbre, peut résulter de dysfonctionnement lié à une multiplication anatomique plus active des initiales de liber par rapport à la normale. L'aubier ainsi constitué, peut être discernable ou non sur une section transversale de billon. Il est souvent de couleur blanche et se situe entre le duramen ou bois parfait et le cambium. Plus tendre et plus sensible aux attaques d'insectes, il correspond au bois physiologiquement actif de l'arbre en assurant la conduction de la sève brute.



Figure 1 : Tas de rebuts de billons de teck livrés à l'usine

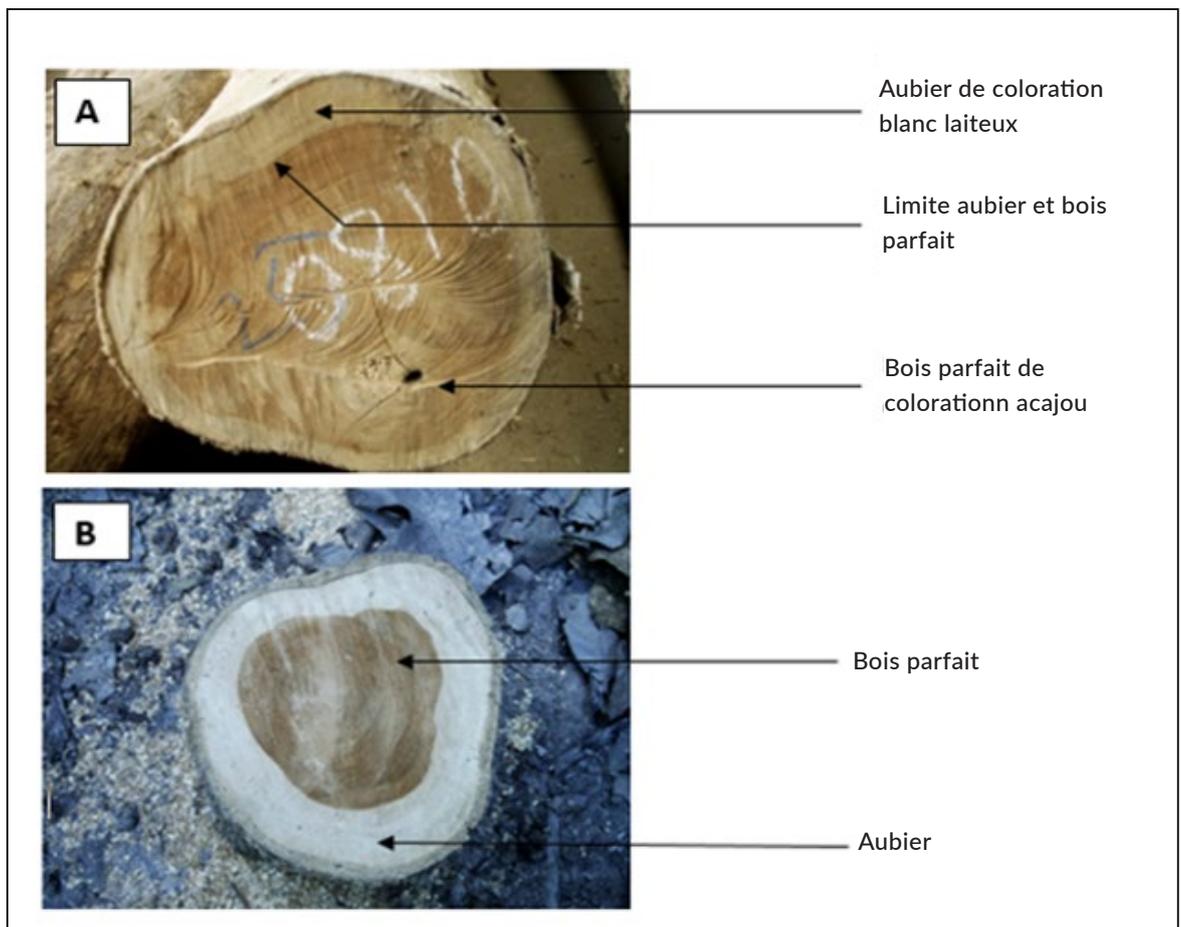


Figure 2 : Section transversale d'un billon de rebut de teck de 24 ans (A) et 15 ans (B) montrant l'aubier et le bois parfait

Méthodes

Soixante (60) rebuts de billons de teck répartis en trois lots et destinés à une opération de test de sciage en unité industrielle du bois conformément aux spécifications du tableau 1, ont été retenus pour une estimation de leur proportion d'aubier et de bois parfait.

La répartition en lots de ces billons est la suivante :

- Lot 1 – sélection de 20 billons visuellement bien conformés et de gros diamètres pour sciage en chaîne d'éléments de portes ;
- Lot 2 – sélection de 19 billons de moins bonne conformation et de diamètres moyens pour sciage en chaîne d'éléments de lames ;
- Lot 3 – sélection de 21 billons de mauvaise conformation et de diamètres tout venants pour sciage en chaîne d'éléments de lamellés-collés (Tableau 1).

Tableau 1 : Spécifications de sciage fournies par l'atelier de menuiserie de l'usine

Produits	Longueurs (m)	Largeurs (mm)	Epaisseurs (mm)
Éléments de lamellés collés	2,2 ; 2,3	50+2 ; 80+2 ; 100+2 ; 150+2	30+2 ; 60+2
Éléments de portes	2,15	200	56+2
Éléments de lames	2,10 ; 1,80	150 pour 120	30 pour 25

Cubage des billons de l'aubier et du bois parfait

Chaque billon numéroté à la réception, a fait l'objet d'un cubage par la mesure de la longueur et du diamètre. Pour le diamètre, deux mesures sous écorce ont été prises en croix au petit bout (D1, D2) et au gros bout (D3, D4). En ce qui concerne le cubage du bois parfait, deux mesures de diamètre ont également été réalisées en croix au petit

bout (BP1, BP2) et au gros bout (BP3, BP4). Cette approche a permis de déterminer le diamètre du billon, le diamètre du bois parfait et de déduire l'épaisseur de l'aubier à chaque extrémité. Les expressions [1], [2] et [3] ont permis d'accéder aux valeurs moyennes recherchées :

$$\text{Diamètre moyen (D}_m\text{) sous écorce du billon} = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + D_4}{4} \quad [1]$$

$$\text{Diamètre moyen du bois parfait (BP)} = \frac{BP_1 + BP_2 + BP_3 + BP_4}{4} \quad [2]$$

$$\text{Épaisseur moyenne d'aubier (E}_a\text{)} = \frac{(D_m - BP)}{2} \quad [3]$$

En assimilant chaque billon à un cylindre, le volume du billon (V_b) a été calculé selon la formule de Huber (Cailliez, 1980 ; Ministère de la Coopération et du Développement, 1989) par l'expression [4] :

$$V_b = \frac{\pi (D_m)^2}{4} L \quad [4]$$

Avec

V_b = Volume du billon

L = Longueur du billon

D_m = Diamètre moyen du billon

π = 3, 14

De la même manière, le volume du bois parfait (V_{BP}) a été déterminé par l'expression [5] :

$$V_{BP} = \frac{\pi (BP)^2}{4} L \quad [5]$$

Avec

V_{BP} = Volume du bois parfait

L = Longueur du billon

BP = Diamètre moyen du bois parfait

π = 3, 14

Le volume d'aubier a été obtenu par différence entre le volume du billon et le volume du bois parfait par l'expression [6] :

$$V_a = V_b - V_{BP} \quad [6]$$

Avec

V_a = Volume de l'aubier

V_b = Volume du billon

V_{BP} = Volume du bois parfait

Résultats

Cubage des billons

Le volume total obtenu est de 7,415 m³ pour l'ensemble des lots de billons (Tableau 2). Le lot 1 de 2,716 m³ renferme les plus gros billons, avec un diamètre de 45,75 cm et comporte un nombre élevé de billons de diamètres 31,5 cm qui correspondent à des diamètres intéressants pour des produits abandonnés comme rebuts dans les parcelles. Ce lot affiche un diamètre moyen de 27,13 cm plus élevé que les diamètres moyens de 25,32 cm et de 25,70 cm, respectivement pour les lots 2 et 3.

Tableau 2 : Cubage par lot des rebuts de billons de teck

Libellé	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Total
Nombre total de billons (u)	20	19	21	60
Longueur moyenne (m)	2,26	2,25	2,25	
Diamètre du gros bout (cm)	29,23	26,65	27,95	
Diamètre du petit bout (cm)	25,04	24	23,45	
Diamètre moyen (cm)	27,13	25,32	25,70	
Coefficient de variation (%)	20,32	17,50	11,76	
Mode du diamètre (cm)	31,5	22,25	21,25	
Diamètre minimum (cm)	20,5	19,75	20,75	
Diamètre maximum (cm)	45,75	36,25	30,75	
Volume de grume (m ³)	2,716	2,214	2,485	7,415

Cubage du bois parfait et de l'aubier

Le diamètre moyen de bois parfait obtenu est de 21,56 cm avec 23,08 cm ; 20,89 cm et 20,73 cm respectivement pour les lots 1, 2 et 3 (Tableau 3). Les proportions de bois parfait résultant par rapport au volume de la grume sont de 72,47% pour le lot

Spécifications de sciage

Les billons ont été sciés en chaîne conformément aux spécifications d'épaisseurs du tableau 1. Les avivés obtenus ont aussi fait l'objet de mensurations individuelles de longueur, de largeur et d'épaisseur pour la détermination du volume sciage qui, rapporté au volume grume, permet d'accéder au rendement sciage par lot.

Analyse des données

Les analyses effectuées en termes de statistiques descriptives simples ont été réalisées à l'aide du logiciel Excel 2010. Les valeurs minimales, les valeurs maximales, les valeurs moyennes, les coefficients de variation et le mode (donnée statistique présentant la fréquence la plus élevée) ont été relevés pour les diamètres des différents lots de billons.

1, 68,80% pour le lot 2 et 65,49% pour le lot 3. La moyenne pour l'ensemble des trois lots de rebuts de teck est de 68,92%. Il ressort de ces résultats que plus la proportion de billons de gros diamètres est élevée, plus la proportion de bois parfait est élevée.

En ce qui concerne l'aubier, l'épaisseur moyenne obtenue est de 2,23 cm avec des valeurs respectives de 2 cm ; 2,20 cm et 2,50 cm pour les lots 1, 2 et 3 (Tableau 3). Les proportions d'aubier par rapport au volume de la grume sont de 27,52 % pour le lot 1 ; 31,19 % pour le lot 2 et 34,50 % pour le lot 3. La moyenne de proportion d'aubier pour l'ensemble des trois lots étudiés est de 31,07%. Il ressort de ces résultats que, plus la proportion de gros diamètres est élevée, plus la proportion d'aubier est faible. La figure 2 permet de se faire une idée de la proportion d'aubier et de bois parfait sur la section transversale d'un billon de teck. En fin de cycle, le bois parfait peut atteindre des proportions plus importantes au détriment de l'aubier comme présenté dans la figure 2.

Sciage spécifique

Le sciage spécifique réalisé conformément aux indications dimensionnelles de l'unité industrielle du bois, a permis d'obtenir avec aubier, un rendement sciage de 40,17% pour le lot 1, 30,53 % pour le lot 2 et 41,28 % pour le lot 3. Le rendement moyen avec aubier pour l'ensemble des lots est de 37,66% (Tableau 4). En enlevant l'aubier par réduction à une proportion de 10% maximum, les rendements obtenus sont de 36,16 % pour le lot 1 ; 27,46 % pour le lot 2 et 37,14 % pour le lot 3 avec une moyenne 33,89% (Tableau 4).

Tableau 3 : Cubage du bois parfait et de l'aubier des rebuts de teck

Libellé	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Total	Moyenne
Nombre de billons (u : unité)	20	19	21	60	20
Volume grume (m ³)	2,716	2,214	2,485	7,415	2,471
Diamètre du bois parfait (cm)	23,08	20,89	20,73	64,70	21,56
Volume du bois parfait (m³)	1,968	1,523	1,628	5,119	1,706
Pourcentage du bois parfait (%)	72,47	68,80	65,49	206,76	68,92
Épaisseur de l'aubier (cm)	2	2,20	2,50	6,70	2,23
Volume de l'aubier (m³)	0,747	0,690	0,857	2,294	0,764
Pourcentage de l'aubier (%)	27,52	31,19	34,50	93,21	31,07

Tableau 4 : Rendement sciage de rebuts de teck avec et sans aubier

Désignation	Volume de grume (m ³)		Volume de sciage (m ³)		Rendement de sciage (%)	
	Avec aubier	Sans aubier	Avec aubier	Sans aubier*	Avec aubier	Sans aubier*
Lot 1-sciage en chaîne d'éléments de portes	2,716	1,874	1,091	0,982	40,17	36,16
Lot 2-sciage en chaîne de lames	2,214	1,528	0,676	0,608	30,53	27,46
Lot 3-sciage en chaîne de lamellé-collés	2,485	1,715	1,026	0,923	41,28	37,14
Total général	7,415	5,117	2,793	2,513	37,66	33,89

* pourcentage d'aubier ramené à 10%

Discussion

Les rebuts de billon de teck de 24 ans issus de plantation en zone de forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire, présentent un diamètre moyen de 26 cm. Le bois parfait occupe sur ce diamètre, 22 cm et correspond en moyenne à 69 % du volume de la grume. La proportion de bois parfait apparaît ainsi élevée dans les rebuts de teck et cela constitue en fait une qualité recherchée pour la valorisation en bois d'œuvre (Espinet, 1980 ; Durand, 1981, 1983, 1984 ; Sitbon, 1981). Cette proportion semble cependant avoir été peu évaluée par des études (Espinet, 1980 ; Sitbon, 1981), car ne constitue pas en tant que telle, un facteur limitant à la valorisation du bois. Dans notre étude, le lot comportant des billons visuellement bien conformés, fait ressortir statistiquement un plus grand nombre de rebuts de gros diamètres, notamment des billons de diamètre 31 cm et plus. Ce lot présente également les épaisseurs (23 cm) et les pourcentages (72%) de bois parfait les plus élevés par rapport aux autres lots. Tout se passe comme si à âge égal, la bonne conformation du billon et la grosseur du diamètre influencent positivement la forte proportion de bois parfait.

L'aubier pour sa part, mesure 2 cm d'épaisseur et occupe globalement 4 cm sur le diamètre des billons de rebuts de teck. Des valeurs dimensionnelles

similaires, ont été relevées sur des tecks de 50 ans (Espinet, 1980) et sur des tecks de 41 ans (Sitbon, 1981), fortement convoités en exploitation pour du bois d'œuvre. Des épaisseurs d'aubier allant de 2 à 6 cm sur des sujets matures de teck de premier choix ont également été soulignées à travers des fiches techniques de cette essence (CIRAD, 2012). En volume, l'aubier des rebuts occupe une proportion de 31 % de la grume, similaire à celle d'essences de forêt comme *Hopea odorata* Roxb. (Ahoba, 2020a) ou d'essences de savane comme *Khaya senegalensis* (Desv.) A. Juss., *Isoberlinia doka* Craib & Stapf, *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. et *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Ahoba et al., 1994, 1995). Le pourcentage d'aubier apparaît ainsi nettement plus faible que celui du bois parfait et permet d'envisager la valorisation en bois d'œuvre des rebuts de teck. En effet, l'aubier est sensible aux attaques des agents pathogènes et est vu comme un défaut à corriger aussi bien sur la grume que sur les débités. L'opération de délignage des débités est d'ailleurs un moyen indiqué pour son enlèvement total ou partiel en vue d'améliorer la qualité de ces débités. Des proportions d'aubier de 21,6% et de 35,5% ont été obtenues sur des tecks de premier choix d'environ 50 ans provenant respectivement de plantations villageoises de Bouaké (zone préforestière) et de Korhogo (zone de savane)

en Côte d'Ivoire (CTFT, 1984). Ces différentes proportions d'aubier amènent à dire que les valeurs obtenues sur les rebuts de teck sont du même ordre de grandeur que celles des tecks de premier choix qui varient en volume de 26 à 35 % (Durand, 1984). Des proportions similaires de l'aubier (30 %) ont également été rapportées sur des tecks de 40 ans dans la région de Bamoro (zone préforestière) au centre de la Côte d'Ivoire (Durand, 1984). À 12-15 ans avec des tecks d'environ 25 cm de diamètre provenant de Séguié (zone de forêt dense sempervirente) au sud de la Côte d'Ivoire, des proportions plus élevées de l'aubier, s'échelonnant de 43 à 54% (Durand, 1984) ont été obtenues. La très forte proportion de l'aubier des piquets de teck d'environ 10 ans ayant 6 à 8 cm de diamètre a également été soulignée par Durand en 1984. Il apparaît ainsi que la proportion de l'aubier pour le teck est liée à l'âge et à la zone écologique d'implantation des parcelles. Pour une même zone écologique, les billons abandonnés comme rebuts peuvent présenter différents défauts mais le pourcentage de l'aubier ne devrait pas différer de celui des tecks de premier choix qui varie en volume de 26 à 35 % (Sitbon, 1981; Durand, 1984). Il est à

noter que la variation intra-arbre de l'épaisseur de l'aubier est souvent très forte et peut atteindre des valeurs élevées. Un même billon peut présenter des épaisseurs de 1 cm et 3,5 cm (Espinete, 1980). Ces variations intra-arbres ont aussi été observées sur des plateaux centraux de pins tropicaux (*Pinus spp*) avec des épaisseurs de 10 cm d'un côté et de 12 cm de l'autre (Ahoba, 2020b). La variation inter-arbre est par contre faible et l'épaisseur moyenne obtenue sur 75 individus de 50 ans est de l'ordre de 1,9 cm avec 16% comme coefficient de variation (Espinete, 1980).

Le rendement du sciage spécifique obtenu avec et sans aubier avec 60 billons, est du même ordre de grandeur que celui obtenu avec un échantillonnage plus large portant sur 700 billons de rebuts de teck (Ahoba, 2012). Les rebuts de teck présentent des pourcentages d'aubier similaires à ceux des tecks de premier choix contrairement aux récriminations des opérateurs de la filière bois. Ainsi, un échantillonnage de 8 à 10% d'un lot donné de rebuts est largement suffisant, en termes de rendement sciage, de pourcentage de bois parfait et d'aubier, pour émettre un avis ou un jugement applicable à l'ensemble du lot.

Conclusion

Les rebuts de billon de teck de 24 ans, abandonnés dans les parcelles après exploitation, présentent un pourcentage de bois parfait élevé (2/3) qui correspond à une qualité recherchée pour la valorisation en bois d'œuvre. Ce pourcentage semble être sous l'influence positive de la bonne conformation et la grosseur en diamètre du billon. L'aubier qui est vu comme un défaut est faible et occupe environ le tiers du volume du billon. Un pourcentage d'aubier de cet ordre de grandeur, est aussi un critère de qualité recherchée pour la valorisation en bois d'œuvre. Les proportions obtenues pour les rebuts de teck sont du même ordre

de grandeur que celles des tecks de premier choix. Ces proportions semblent liées à l'âge des arbres et à la zone écologique d'implantation des parcelles. Pour une même zone écologique, les billons abandonnés peuvent présenter différents défauts ; mais le pourcentage d'aubier et le rendement sciage ne devraient pas différer de ceux des billons de premier choix. Un contrôle rapide de ces grandeurs est possible par un échantillonnage réduit de l'ordre de 10%. Ainsi, les quantités importantes de billons de teck abandonnés dans les parcelles des producteurs, peuvent faire l'objet d'intéressantes transactions commerciales et de transformation industrielle.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit de la Société de Développement des Forêts (SODEFOR) pour la mise à disposition des parcelles de production. Nous remercions également l'entreprise KAMAAD scierie et son Directeur Général KAMARA Adama pour la mise à disposition des équipements modernes

de transformation de bois. Grand merci au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), d'avoir autorisé la réalisation de ces travaux. Enfin, les auteurs tiennent aussi à remercier les référés pour leurs remarques enrichissantes et constructives qui ont permis d'améliorer ce manuscrit.

Références Bibliographiques

- Ahoba A. 2012.** Sciage–rendement sciage-classement des débités de rebuts de teck. Rapport scientifique interne CNRA-Côte d’Ivoire 57 p.
- Ahoba A. 2020a.** Sciage–rendement sciage-classement des débités de *Hopea odorata* Roxb. (SAO). Rapport scientifique interne CNRA-Côte d’Ivoire 42 p.
- Ahoba A. 2020b.** Sciage–rendement sciage-classement des débités de *Pinus spp.* (Pins tropicaux). Rapport scientifique interne CNRA-Côte d’Ivoire 25 p.
- Ahoba A, Edi KA, Coulibaly K. 1994.** Épaisseur d’écorce, proportion d’aubier et de bois parfait de quelques essences de savane. Rapport scientifique interne, Projet BAD volet technologie du bois, IDEFOR/DFO Côte d’Ivoire, 12 p.
- Ahoba A, Edi KA, Diby K. 1995.** Propriétés technologiques et possibilités d’utilisation de sept essences de savane de Côte d’Ivoire. Projet BAD, volet technologie du bois, IDEFOR/DFO Côte d’Ivoire, 27 p.
- Ahoba A, N’Guessan KA, Gueulou N, Issali AE, Coulibaly B. 2020.** Sciage de rebuts de *Tectona grandis* L.f. (Teck). *European Scientific Journal*, 16 (18) : 140-154.
- Cailliez F. 1980.** Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers avec référence particulière aux forêts tropicales. Vol. 1-estimation des volumes- FAO-CTFT/France, 98 p.
- CIRAD. 2012.** Fiche de l’essence Teck-Tropix 7, 4 p.
- C.T.F.T. 1984.** Eléments de réponse aux questions posées par M CATINOT, Consultant FAO. Rapport scientifique interne C.T.F.T.-Côte d’Ivoire 26 p.
- Durand PY. 1981.** Étude du sciage du teck provenant de la plantation villageoise de Kasumbarga (Korhogo). Rapport scientifique interne C.T.F.T., Abidjan, Côte d’Ivoire, 16 p.
- Durand PY. 1983.** Production de lattes à partir de Teck d’éclaircie en vue d’une production de panneaux d’ébénisterie en bois massif reconstitué. Rapport scientifique interne C.T.F.T., Côte d’Ivoire, 17 p.
- Durand PY. 1984.** La technologie du teck en Côte d’Ivoire. Rapport scientifique interne C.T.F.T., Côte d’Ivoire, 56 p.
- Espinet B. 1980.** Étude du sciage du teck-Règles de classement des sciages-Évaluation du rendement matière. Rapport scientifique interne C.T.F.T.-Côte d’Ivoire, 50 p.
- Martin B, Kadio A, Offi K. 1999.** Towards teak culture intensification in Côte d’Ivoire. Paper presented at the Regional Seminar on Site, Technology and Productivity of Teak Plantations. 26-29 January, 1999, Chiang Mai, Thailand, *TEAKNET Publication*, 3:151-160.
- Ministère de la Coopération et du Développement. 1989.** Mémento du forestier « Techniques rurales en Afrique », 3^{ème} édition. République Française-Centre Technique Forestier Tropical, 1266 p.
- N’guessan KA, Vouï-Bi BNB, Traoré S, Tapé-Bi FA. 2015.** Productivité maximale et âge d’exploitabilité technique de *Tectona grandis* (teck) en fonction de la fertilité des stations en Côte d’Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 95:9003 – 9014.
- Sitbon R. 1981.** Étude du sciage de trois (3) lots de teck. Rapport scientifique interne CTFT, Côte d’Ivoire, 8 p.
- SODEFOR. 1998.** Développement du clonage du teck et création de plantations industrielles. Rapport technique, Document de projet OIBT. Société de développement des forêts, Abidjan, 104 p.
- SODEFOR. 2012.** Ensemble des reboisements gérés par la SODEFOR. Document interne de travail/Direction Technique/Sous- Direction Reboisement, 4 p.
- Vernay M. 2000.** Le teck en France, pour quoi faire ? (Teak in France – what for ?). *BFT*, 263 (1) : 31-38.
- Vouï-Bi BNB, N’guessan KA, Kassi KFJM, Tapé-Bi FA, Kamanzi K. 2016.** Insectes ravageurs et champignons parasites associés au dépérissement des peuplements de *Tectona grandis* (teck) régénérés à Téné, zone semi-décidue de Côte d’Ivoire. *International Journal of Biology and Chemistry. Sciences*, 10(1): 87-105.

Distribution des Melastomataceae et leurs utilisations dans la pharmacopée traditionnelle en République de Guinée

Distribution of Melastomataceae and uses in traditional pharmacopoeia in the Republic of Guinea

Baldé A • Kouamé NF • Diallo A • Kouassi KÉ

Received: 21 January 2020 / Accepted: 15 April 2021 / Published online: 30 June 2021

© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé Le présent article vise à recenser les Melastomataceae qui entrent dans la Pharmacopée traditionnelle en République de Guinée, à caractériser leurs milieux naturels et à représenter leur distribution dans ce pays. Pour y parvenir, un inventaire botanique itinérant couplé à une enquête par interview individuelle dans les localités visitées ont permis de recenser les espèces et leurs utilisations par les communautés locales. Neuf espèces de Melastomataceae sont utilisées par les différentes communautés, particulièrement les Toma qui dominent par la diversité de leurs recettes. Parmi ces neuf espèces, trois sont distribuées dans les quatre régions naturelles du pays alors que les six autres se répartissent entre deux à trois régions. Douze affections sont traditionnellement traitées dans les différentes localités guinéennes. Les organes les plus utilisés concernent les tiges et les feuilles. En définitive, les Melastomataceae sont peu connues et leurs utilisations sont assez limitées. La majorité des personnes enquêtées ne dispose d'aucune connaissance sur les espèces de cette famille et leurs intérêts socio-économiques.

Mots clés : Melastomataceae, Utilisations, Pharmacopée, Distribution, République de Guinée.

Abstract This paper aims to identify the Melastomataceae which enter into the traditional pharmacopoeia in the Republic of Guinea, to characterize their natural environments and to represent their distribution in this country. To achieve this, an in way walking botanical inventory coupled with a survey by individual interview in the visited localities let to access the species and their usages by the local communities. Nine species of Melastomataceae are used by the different communities, particularly the Toma which dominate by the diversity of their recipes. Among these nine species, three are distributed in the four natural regions of the country while the six others are distributed between two to three regions. Twelve diseases are traditionally treated in different Guinean localities. The most used organs are the stems and leaves. Ultimately, the Melastomataceae are little known and their uses are quite limited. The majority of people surveyed have no knowledge of the species of this family and their socio-economic interests.

Key words : Melastomataceae, Uses, Pharmacopoeia, Distribution, Republic of Guinea.

Kouamé NF

UFR des Sciences de la Nature, Pôle de Recherche Environnement et Développement Durable, Biodiversité et Écologie végétale, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Diallo A

Centre d'Étude et de Recherche en Environnement, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée.

Kouassi KÉ

Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Baldé A (✉)

Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, Biodiversité et l'Agriculture Durable, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
abdoulayekouly@yahoo.com;

Introduction

Les plantes, en général, et les médicinales, en particulier, ont toujours été utilisées dans la vie de l'Homme, tant pour sa santé que pour sa subsistance (Tra Bi, 1997 ; Ouôba *et al.*, 2005 ; Tra Bi *et al.*, 2008 ; Hamel *et al.*, 2018 ; Rafidison *et al.*, 2019). Les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la majorité des populations rurales et urbaines en Afrique (Hamel *et al.*, 2018). Dans la dynamique d'inventaire des plantes médicinales, dans la ville de Lubumbashi (République Démocratique du Congo) et ses environs, Mbuyi *et al.* (2019) ont recensé 96 espèces de plantes médicinales appartenant à 39 familles pour le traitement du paludisme et 74 autres affections. La médecine traditionnelle a pris une place prépondérante en Guinée du fait que les populations locales l'utilisent comme premier recours thérapeutique en milieu rural (Diallo, 1992). Toutefois, la seule référence connue sur l'utilisation de plusieurs plantes en médecine traditionnelle en Guinée incluant toutes les formes d'utilisations a recensé 317 espèces (Carrière, 2000). Quant à la monographie nationale sur la diversité biologique en Guinée, elle ne dresse qu'une liste de plantes entrant dans les recettes de médecine traditionnelle (Anonyme, 1997 ; Camara, 2020).

Les Melastomataceae, comprenant les Memecylaceae *sensu* APG (2009), constituent des familles caractéristiques de nombreux écosystèmes tropicaux et font partie des plus grandes familles de plantes vasculaires tropicales du monde (Veranso-

Libalah *et al.*, 2017). Cette famille comprend 170 genres et 5000 espèces dont environ 3000 espèces en Amérique latine, 1000 espèces en Asie du Sud-Est, 330 espèces à Madagascar et 320 espèces en Afrique continentale (Veranso-Libalah *et al.*, 2017). Les genres les plus représentés sont *Dissotis* Benth., (*Heterotis* Benth.), *Memecylon* L. et *Warneckea* Gilg avec respectivement 93, 46 et 30 espèces.

En République de Guinée, la vente de plantes à usages médicinaux est courante dans les différents marchés hebdomadaires (Diallo, 1992 ; Anonyme, 1997 ; Carrière, 2000 ; Camara, 2020). Les organes les plus vendus sur ces marchés sont les feuilles, les racines et les écorces, parfois les plantes entières, à l'état frais ou séché.

Les Melastomataceae, très peu connues malgré l'existence d'espèces endémiques à la Guinée, font aussi l'objet de ce commerce (Anonyme, 1997 ; Jacques-Félix et Mouton, 1980).

La présente étude a pour objectif de montrer l'importance de cette famille de plantes pour les populations rurales et sa distribution dans la végétation de la République de Guinée. Plus spécifiquement, il s'agira de documenter leurs usages dans la médecine traditionnelle et les aires de distribution des espèces utilisées. Les questions de recherche sont les suivantes : (1) toutes les espèces utilisées sont-elles largement distribuées ? (2) quel est le potentiel de leurs organes dans le traitement des affections en médecine traditionnelle ?

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

La République de Guinée est située à mi-chemin de l'équateur et du tropique du cancer, entre 7° 05' et 12° 51' de latitude Nord et, entre 7° 30' et 15° 10' de longitude Ouest, en Afrique de l'Ouest (Figure 1). Elle couvre une superficie de 245 857 km² avec 300 km de littoral Atlantique. Elle est limitée à l'Ouest par l'Océan Atlantique, au Sud par la Sierra Leone et le Liberia, à l'Est par la Côte d'Ivoire et le Mali et au Nord par la Guinée Bissau, le Sénégal et le Mali (Figure 1). La République de Guinée est subdivisée en quatre régions naturelles qui sont respectivement, la Basse Guinée, la Moyenne Guinée, la Haute Guinée et la Guinée forestière (Carrière, 2000).

La Basse Guinée ou Guinée Maritime

Elle couvre 15 % de la superficie totale du pays et possède un climat tropical humide bimodal composé d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche (Figure 1). La saison pluvieuse débute en avril ou mai et se prolonge jusqu'en novembre. Les précipitations atteignent leur maximum en août et peuvent dépasser 4 000 mm/an dans la zone de Conakry, la capitale de la République de Guinée. La saison sèche commence vers la fin de novembre pour se terminer en mars ou avril (Barry *et al.*, 2008).

La Moyenne Guinée

Elle occupe 26% de la superficie totale du pays incluant la région la plus montagneuse de la Guinée dont le massif du Fouta-Djalon qui dépasse 1 200 m d'altitude (Figure 1). Cette région est considérée comme le château d'eau d'Afrique de l'Ouest car de nombreux fleuves tels que le Sénégal et la Gambie et des rivières y prennent leurs sources. Le climat y est marqué par une amplitude thermique diurne relativement forte pouvant atteindre 19°C dans la région de Labé. L'hivernage dure de cinq à huit mois entre les régions de Koundara et de Mamou avec des précipitations inférieures à 1 300 mm au nord et légèrement supérieures à 2 000 mm au sud (Barry *et al.*, 2008).

La Haute Guinée

Elle s'étend sur 39 % de la superficie totale du pays avec une altitude moyenne de 500 m et possédant un relief peu marqué ; ce qui y explique l'étalement des cours d'eau (Figure 1). Son climat est du type soudanien, avec une pluviométrie annuelle comprise entre 1 600 mm au sud et 1 200 mm au nord. Les températures extrêmes varient de 14 °C en saison pluvieuse à 37 °C en saison sèche (Barry *et al.*, 2008).

La Guinée forestière

Elle couvre 20 % de la superficie totale du pays ; son relief est tourmenté et abrite le mont Nimba qui est le point culminant de la Guinée, avec 1 752 m. Son climat est caractérisé par une longueur exceptionnelle de la saison des pluies (entre sept et neuf mois) et d'une pluviométrie moyenne de l'ordre de 2 500 mm/an (Barry *et al.*, 2008).

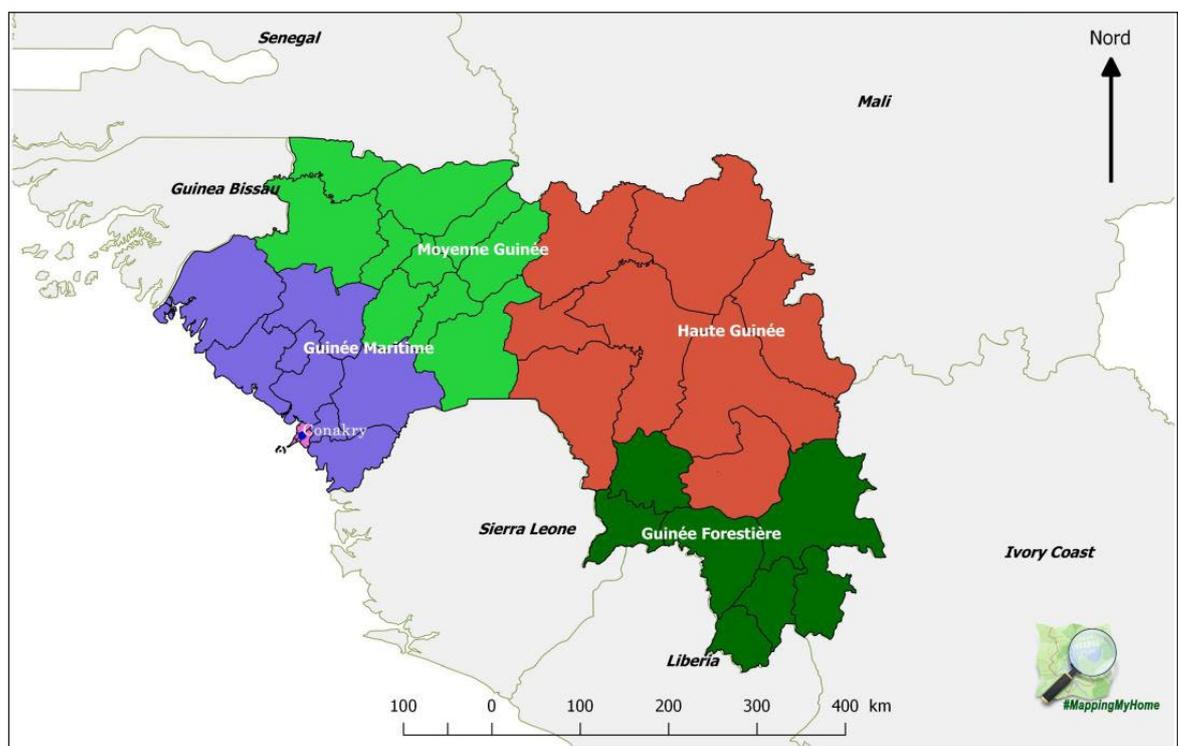


Figure 1 : Carte des régions naturelles de la République de Guinée

Source : <https://mappingmyhome.wordpress.com/2018/04/15/presentation-de-la-republique-de-guinee/>

Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué des espèces des Melastomataceae collectées sur le terrain et à partir de sources documentaires.

Collecte de données de terrain

Les espèces des Melastomataceae ont été collectées sur le terrain dans les quatre grandes régions de la Guinée.

Une enquête ethnomédicale par interview individuelle a également été menée (Figure 2), de juillet 2019 à décembre 2019, auprès de 219 habitants (Tableau 1). Elle avait pour but de connaître les différents usages des espèces de la famille des Melastomataceae dans les quatre régions naturelles de la République de Guinée (Figure 1). Le choix des personnes enquêtées est fonction de l'expérience qu'ils ont dans le domaine

de la pharmacopée traditionnelle et leur volonté à partager leurs connaissances. Ainsi, les habitants reconcentrés sur le terrain ont été interrogés sur les noms locaux des plantes collectées et leurs utilisations. Un montant symbolique (en franc guinéen) en adéquation avec la tradition a été toujours offert aux sages des localités visitées.



Figure 2 : Séance d'enquête ethnobotanique auprès d'un guérisseur

Analyse des données

Identification des spécimens

Les informations disponibles au niveau de l'herbier national de Guinée, à Conakry et celui de Sérédou, à Macenta, ont été compilées avec celles des experts de Royal Botanical Garden de Kew. La flore de Guinée (Lisowski, 1979), la Monographie nationale sur la diversité biologique de la Guinée (Anonyme, 1997), la flore de l'Afrique Tropicale Occidentale (Hutchinson et Dalziel, 1954) et la base de données des plantes africaines (CJB, 2020) ont été également utilisées pour l'état des connaissances de cette famille en Guinée.

L'herbier virtuel de Global Biodiversity International Facility (www.gbif.org) a également été consulté pour l'identification des spécimens récoltés. Les noms des espèces ont été mis à jour avec les travaux de Lebrun et Stork (1991), de Hawthorne et Jongkind (2006) et de APG (2009).

Tableau 1 : Caractéristiques socio-démographiques des personnes enquêtées

Variables	Modalités	Nombre de personnes	Pourcentage (%)
Sexe	Hommes	202	92,23
	Femmes	17	7,77
Âge (années)	0-30	20	9,13
	31-50	110	50,23
	> 50	89	40,64
Niveaux d'étude	Non scolarisés	71	32,42
	Études primaires	105	47,95
	Études secondaires	40	18,26
	Études universitaires	3	1,37

Élaboration de cartes de distribution

Le logiciel QGIS version 2.18.11 a servi d'outil pour le traitement des données spatiales et l'élaboration des cartes de distribution des espèces. Pour cela, les coordonnées GPS de l'ensemble des échantillons pour chaque espèce ont été sélectionnées et enregistrées en format Shapefile en vue de réaliser les cartes de distribution.

Analyse statistique

Le taux des collectes (tc) de chaque espèce par région a été calculé par la formule statistique suivante :

$$tc = \frac{\sum ni \times 100}{Ni}$$

avec **ni** le nombre total d'échantillons collectés d'une espèce thérapeutique dans une région et **Ni** le nombre total de tous les échantillons d'espèces thérapeutiques de toutes les régions (Rafidison *et al.*, 2019)

Le taux d'utilisation (t) de chaque espèce a été calculé selon Yemoa *et al.* (2008), par la formule suivante :

$$t = \frac{\text{Nbre d'utilisateurs d'une plante donnée}}{\text{Nbre total d'utilisateurs}} \times 100$$

Résultats

Données socio-démographiques de l'enquête

L'utilisation des Melastomataceae dans la médecine traditionnelle (Figure 2) a été rapportée par 20 personnes sur la population de 219 personnes enquêtées (Tableau 1); ce qui représente 9,13 % de ladite population. La majorité de la population enquêtée est masculine, âgée de plus de 30 ans, non scolarisée ou de niveau de l'école primaire (Tableau 1).

Utilisations ethnomédicinales des Melastomataceae

L'enquête a permis d'identifier neuf espèces de Melastomataceae utilisées dans la pharmacopée traditionnelle pour traiter 12 affections (Figure 3, Tableau 2). Ces espèces ont montré des taux variés d'utilisations (Figure 4). Ainsi, *Dissotis tubulosa* (Sm.) Triana a présenté le taux d'utilisation le plus élevé (25%), suivi de *Dissotis rotundifolia* (Sm.) Triana et *Guyonia tenella* Naud. (22,2% chacun); les plus faibles taux ont été observés au niveau de *Tristemma albiflorum* Benth. (1,4%) et *Dissotis thollonii* Cogn. ex Buettner var. *elliottii* (2,8%). Les tiges et les feuilles sont les organes les plus utilisés (Tableau 2).

Parmi les communautés enquêtées, à l'exception de l'ethnie Mano, les hommes seraient les plus informés sur les usages des Melastomataceae dans la médecine traditionnelle guinéenne (Figure 5). L'ethnie Toma, originaire de la région de Macenta, a fourni plus d'informations sur les Melastomataceae médicinales de leurs localités (Figure 6) que toutes les autres ethnies. Dans la préfecture de Macenta, *Melastomastrum capitatum* (Vahl) A.Fern. & R.Fern. est utilisé comme anti-inflammatoire par la communauté Toma dans le District de Dandano (Tableau 2). Dans cette même localité ainsi que chez les Mano du village de Paou (N'Zérékoré), *D. tubulosa* est employée, à travers la cellulose de la jeune tige, pour le traitement des plaies et des infections cutanées. Dans le village de Dounet (Mamou), la décoction des racines de *D. thollonii* a été citée en association avec le beurre de Karité (*Vitellaria paradoxa* L.) et la poudre des graines de néré (*Parkia biglobosa* Jacq.), comme remède contre l'hémorroïde. En milieu Mano, la décoction des feuilles de *Tristemma mauritanum*. J.F.Gmel. a été citée pour lutter contre la fièvre chez les enfants; la fine poudre des feuilles en mélange avec du Kaolin traite les infections cutanées (Tableau 2).

Distribution des espèces

Les Melastomataceae à usage thérapeutique sont rencontrées dans toutes les régions. Parmi elles, trois espèces sont ubiquistes tandis que les six autres espèces sont distribuées entre deux et trois régions naturelles et occupent différents milieux écologiques, comme la forêt, la savane, les jachères et les bas-fonds (Tableau 3).

Dissotis brazzae Cong. a la plus petite aire de distribution parmi les quatre espèces du genre *Dissotis* Benth. Elle a été collectée à travers 12 spécimens (Tableau 3) dans trois préfectures de trois régions naturelles dont deux en Guinée Forestière (92 %) et un en Haute Guinée (Figure 7). *D. rotundifolia* a été collecté à travers quatre spécimens dans quatre préfectures de trois régions naturelles dont un en Guinée Forestière (50 %), deux en Haute Guinée et un en Basse Guinée (Figures 7). *D. thollonii* a une aire de répartition moyennement large en Guinée. Elle a été collectée à travers dix spécimens dans neuf préfectures de trois régions naturelles dont deux en Guinée Forestière (57, 14 %), trois en Haute Guinée, quatre en Moyenne Guinée (Figures 7). *D. tubulosa* est la plus largement distribuée parmi les quatre espèces du genre *Dissotis* Benth. En effet, cette espèce a été collectée, à travers 23 spécimens, dans toutes les régions naturelles de la Guinée, précisément dans 11 préfectures dont deux en Guinée Forestière (33 %), un en Haute Guinée, trois en Basse Guinée (37 %) et quatre en Moyenne Guinée (Figure 7).

G. tenella a une aire de distribution moyenne. En effet, elle a été rencontrée, à travers quatre spécimens, dans quatre préfectures de trois régions naturelles dont un en Guinée Forestière (66 %), un en Moyenne Guinée et deux en Basse Guinée (Figure 8).

M. capitatum est aussi très largement distribuée en Guinée. Elle a été collectée, à travers 15 spécimens, dans dix préfectures de quatre régions naturelles dont deux préfectures de la région de Haute Guinée, deux en Moyenne Guinée (Figure 8), trois en Basse Guinée (40 %) et trois en Guinée Forestière (26,6 %).

T. albiflorum a été rencontré, à travers quatre spécimens, dans quatre préfectures de trois régions naturelles dont deux en Basse Guinée (66,6 %), un en Moyenne Guinée et un en Haute Guinée (Figure 9). *T. involucreatum* a été recensée, à travers huit spécimens, dans cinq préfectures

de deux régions naturelles (Figure 9, Tableau 3), dont trois de la région forestière (37,5 %) et cinq de la Moyenne Guinée (62,5 %). *T. mauritanium* est la plus répandue parmi les espèces du genre *Tristemma* Juss. en Guinée. Elle a été collectée, à

travers huit spécimens, dans huit préfectures de quatre régions naturelles dont trois de la Guinée Forestière (37,5 %), un de la Haute Guinée, un de la Moyenne Guinée (Figure 9) et trois de la Basse Guinée (37,5 %).

Tableau 2 : Caractéristiques ethnomédicinales des Melastomataceae en République de Guinée

Noms scientifiques	Maladies traitées	Organes utilisés (Formes d'utilisation)	Modes de préparation	Groupes ethniques	Patients recommandés (Genres)	Modes, voies et durées d'administration
<i>Dissotis brazzae</i> Cong.	Maux de ventre	Feuilles (Décocté)	Chauffer les feuilles dans un récipient pendant 10 minutes. Extraire le liquide par filtrage	Toma manian	Jeunes enfants et personnes âgées (Hommes/femmes)	Boire seul ou en mélange avec du miel 2 fois par jour (½ tasse à café pour les enfants et 1 tasse pour les adultes). Durée : 1-3 jours.
<i>Dissotis rotundifolia</i> (Sm.) Triana et <i>Guyonia tenella</i> Naud.	Toux	Jeunes feuilles (Décocté)	Chauffer les feuilles dans un petit emballage pendant 20-30 secondes. Extraire le liquide par pressage	Kono	Jeunes enfants et personnes âgées (Hommes/femmes)	Boire 2 fois par jour, ½ cuillerée à soupe pour les enfants de 1-7 ans, 1 cuillerée pour ceux plus de 7 ans. Durant 3 jours.
<i>Dissotis thollonii</i> Cogn. ex Buettner var. <i>elliottii</i>	Hémorroïdes et Constipation	Racines (Décocté)	Chauffer les racines dans un peu d'eau pendant 30 minutes. Utiliser le décocté comme eau de cuisson du fonio à mélanger avec le beurre de karité, la poudre des graines de néré, du sel et du piment.	Peulh	Jeunes enfants et personnes âgées (Hommes/femmes)	Manger quotidiennement 2 fois (matin et soir). Durée : 3-7 jours
<i>Dissotis tubulosa</i> (Sm.) Triana	Plaies	Tige (Jus de pression)	Chauffer la tige au feu pendant 10-20 secondes, extraire la cellulose (en patte) par pressage de la tige	Toma	Jeunes enfants et personnes âgées (Hommes/femmes)	Appliquer directement sur la plaie 2 fois par jour (matin et soir). Durée : jusqu'à guérison
	Douleurs vertébrales	Feuilles (Décocté)	Chauffer les feuilles dans un récipient pendant 30 minutes. Extraire le décocté par filtrage et mélanger avec du Kaolin	Mano	Enfants de 1 à 7 ans (Hommes/femmes)	Masser tout le corps 2 fois par jour (matin et soir). Durée : jusqu'à guérison
<i>Guyonia tenella</i> Naud.	Grossesse	Tiges et feuilles (Décocté)	Chauffer les tiges et les feuilles dans un récipient pendant 45 minutes. Filtrer le décocté et le mettre dans un récipient couvert. A renouveler jusqu'à décoloration totale du décocté	Guerzé	Personnes âgées (Femmes)	Boire un verre de thé 2 fois par jour (matin et soir) à partir du 6 ^e mois de la grossesse. Durée : jusqu'à l'accouchement
<i>Melastomastrum capitatum</i> (Vahl) A.Ferm. & R.Fern.	Maux de pieds (enflure)	Feuilles (Application locale)	Chauffer les feuilles au feu pendant 1-2 minutes	Guerzé Toma	Toutes catégories (Hommes/femmes)	Appliquer sur la partie enflée du pied 3 fois par jour (matin, midi, soir). Durée : jusqu'à guérison
<i>Tristemma albiflorum</i> Benth.	Diarrhée et paludisme	Feuilles (Jus de tritura)	Triturer les feuilles dans l'eau fraîche et conserver dans un récipient propre et couvert	Toma	Toutes catégories (Hommes/femmes)	Boire un verre à café rempli 2 fois par jour (matin et soir). Durée : 1-3 jours
<i>Tristemma involucratum</i> Benth.	Vision floue	Feuilles (Sauce)	Préparer une sauce à base des feuilles.	Toma	Personnes âgées (Hommes)	Manger quotidiennement 2 fois (matin et soir). Durée : jusqu'à guérison
<i>Tristemma mauritanium</i> . J.F.Gmel.	Fièvre	Feuilles (Décocté)	Chauffer les feuilles dans un récipient pendant 30 minutes. Extraire le décocté par filtrage	Mano	Jeunes enfants (Femmes)	Boire 1 verre de thé 2 fois par jour (matin et soir). Durée : 2 à 3 jours
	Infection cutanée (Boutons)	Feuilles (Poudre)	Moudre les feuilles séchées à mélanger avec du kaolin	Mano	Jeunes enfants (Hommes/femmes)	Masser tout le corps 2 fois par jour (matin et soir) après chaque bain. Durée 4-8 jours



Dissotis brazzae Cong.



Dissotis rotundifolia (Sm.) Triana



Dissotis thollonii Cogn. ex Buettner var. *elliotii*



Dissotis tubulosa (Sm.) Triana



Guyonia tenella Naud.



Melastomastrum capitatum (Vahl) A.Fern. & R.Fern.



Tristemma albiflorum Benth.



Tristemma involucratum Benth.



Tristemma mauritanium. J. F.Gmel.

Figure 3 : Quelques Melastomataceae utilisées en médecine traditionnelle en République de Guinée

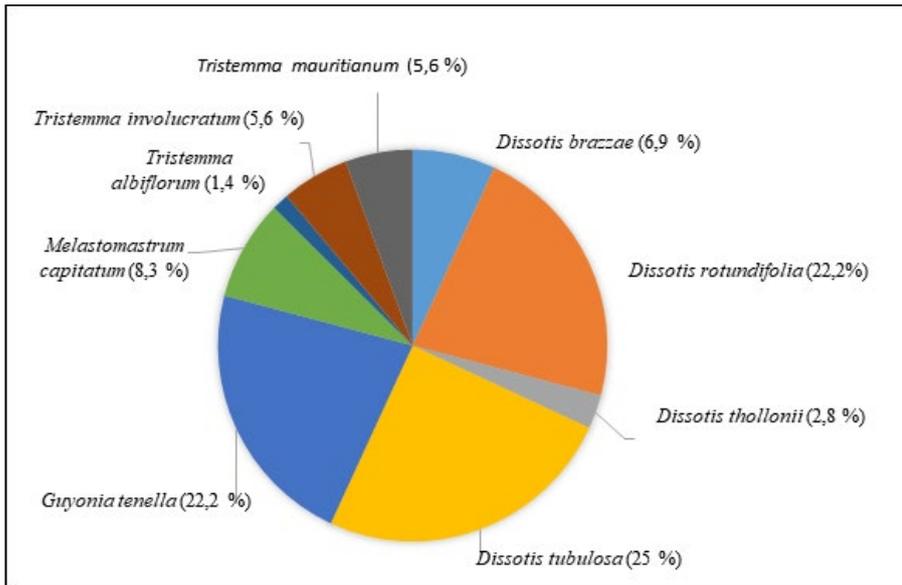


Figure 4 : Spectre du taux d'utilisations des espèces de Melastomataceae par les populations

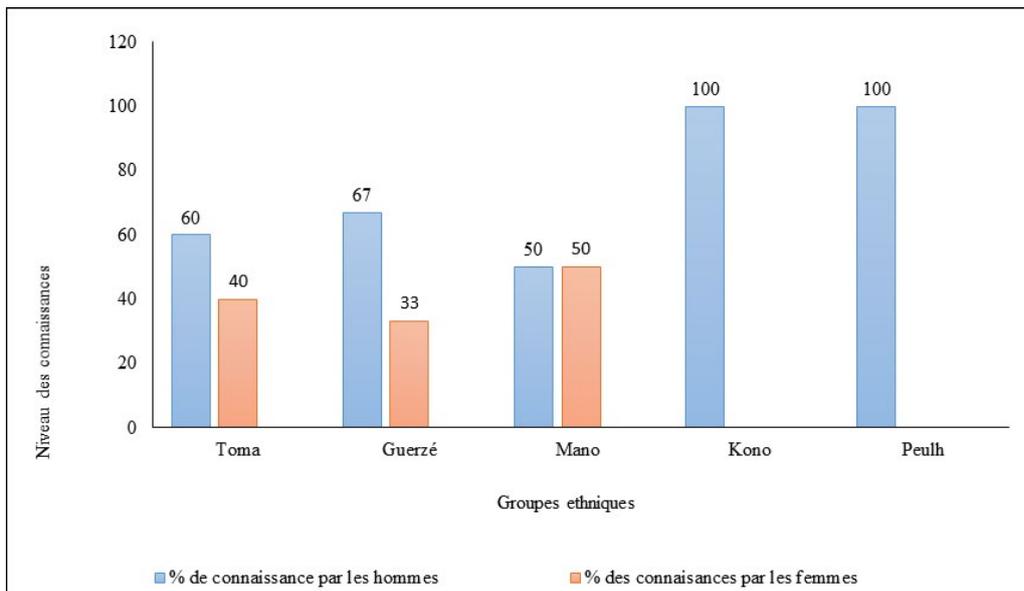


Figure 5 : Histogramme du niveau des connaissances thérapeutiques des Melastomataceae par groupe ethnique et par genre

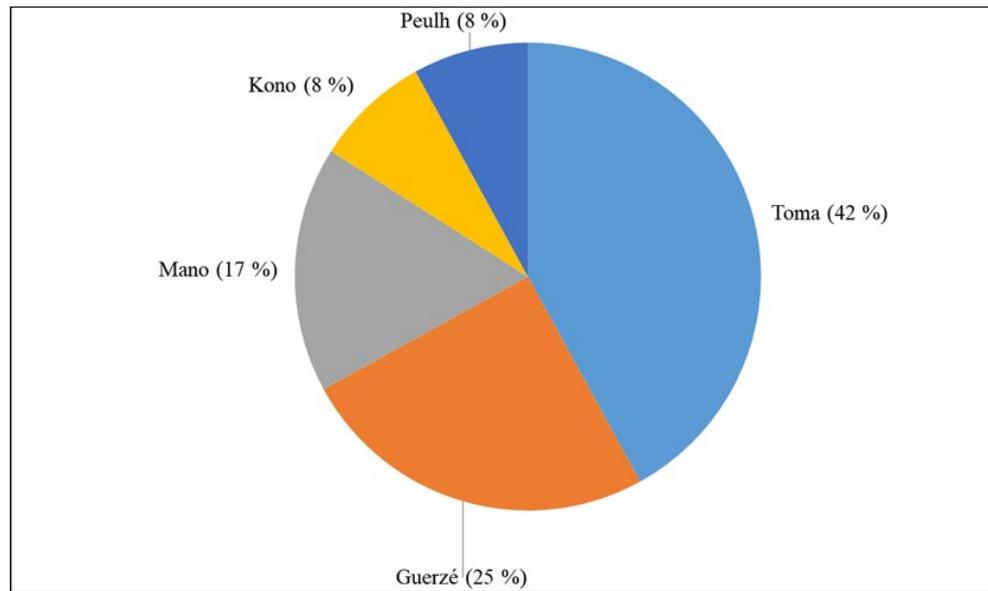


Figure 6 : Spectre du niveau de connaissance thérapeutique générale des espèces par les différentes communautés

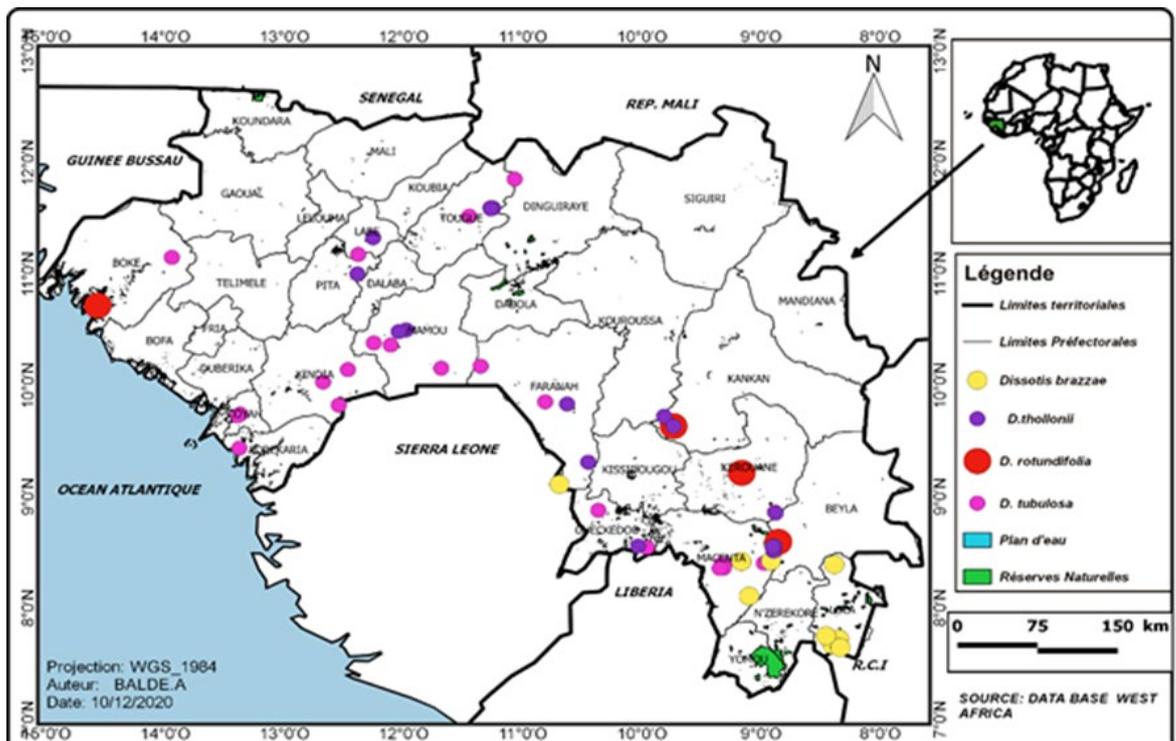


Figure 7 : Carte de distribution de *Dissotis brazzae*, *D. thollonii*, *D. rotundifolia* et *D. tubulosa* sur le territoire guinéen

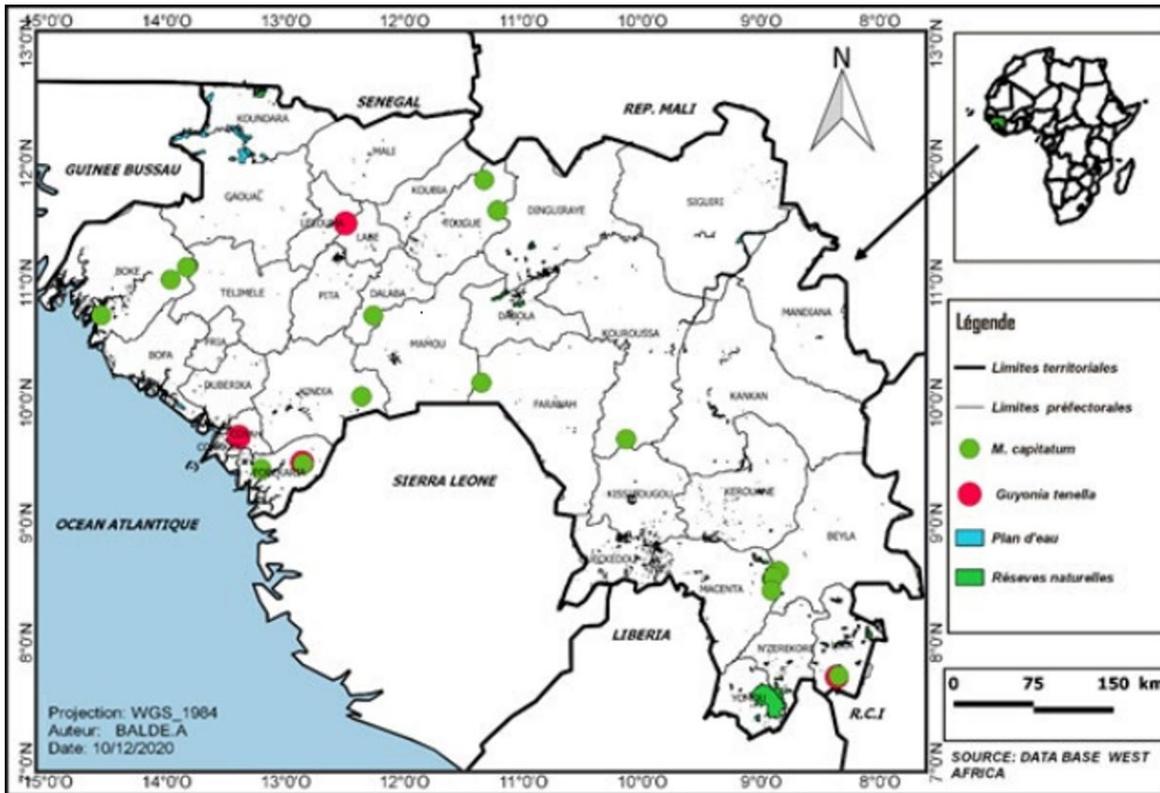


Figure 8 : Carte de distribution de *Guyonia tenella* et de *Melastoma capitatum* sur le territoire guinéen

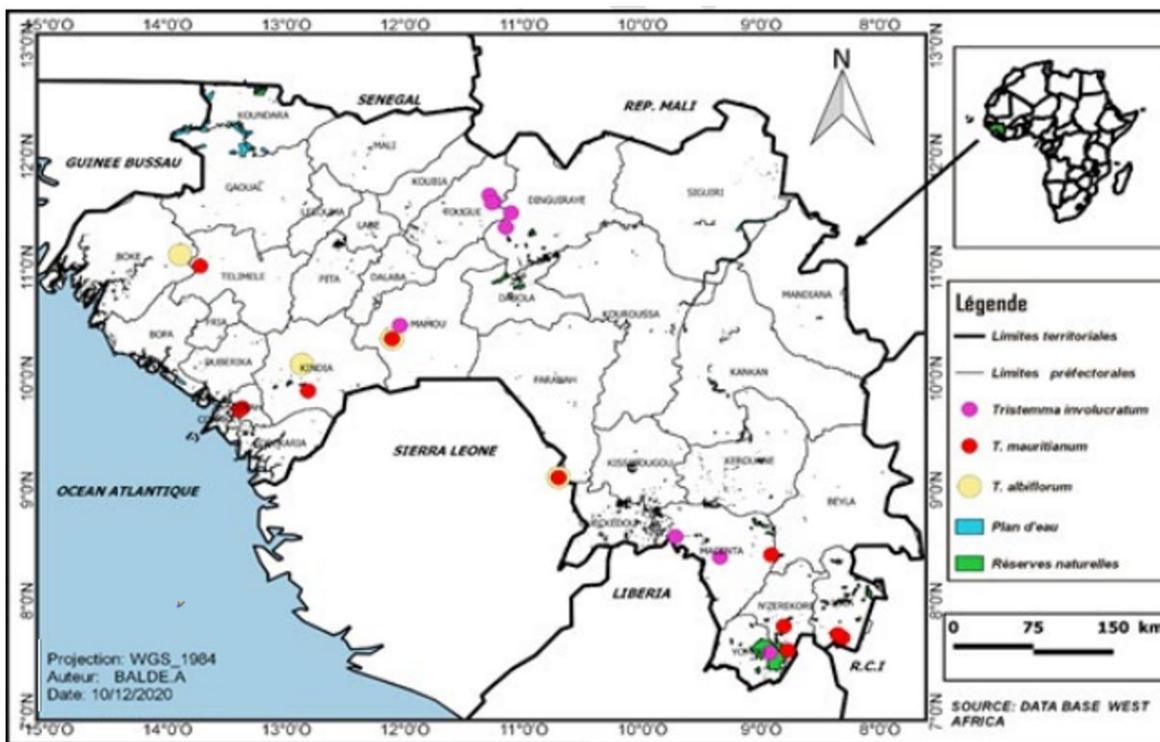


Figure 9 : Carte de distribution de *Tristemma albiflorum*, *T. involucreatum* et de *T. mauritanum* sur le territoire guinéen

Tableau 3 : Distribution et habitats des Melastomataceae en République de Guinée.

BG : Basse Guinée ; MG : Moyenne Guinée ; HG : Haute Guinée ; GF : Guinée Forestière.

Noms scientifiques	Noms vernaculaires (Langue)	Distribution générale	Type d'habitat en Guinée	Nombre total des spécimens	Pourcentage de collectes par région			
					BG	MG	HG	GF
<i>Dissotis brazzae</i> Cong.	Gbran-gbran (Konoia)	Guinéo-congolaise	Savanes boisées, lisières forêt-savane	12	0,0	0,0	8,0	92,0
<i>Dissotis rotundifolia</i> (Sm.) Triana	Djindin (Poular); Lopo ouré	Afro-tropicale	Bas-fonds, berges de cours d'eau	4	25,0	0,0	50,0	25,0
<i>Dissotis thollonii</i> Cogn. ex Buettner var. <i>elliottii</i>	louloulaye (Toma) Djindin (Poular); Kobra (Konia)	Afro-tropicale	Bas-fonds et savanes marécageux, rizières, bords des rivières	10	0,0	41,7	41,7	16,6
<i>Dissotis tubulosa</i> (Sm.) Triana	Gbeleya gkala (Mano) Wanwangny Gbély (Soussou).	Du Sénégal à la République Centrafricaine	Rizières, jachères, clairières forestières, savanes arbustives	23	30,4	26,1	8,7	34,8
<i>Guyonia tenella</i> Naud.	Böön (Kono)	Guinéo-congolaise	Berges de cours d'eau, forêts secondaires et forêts denses	4	50,0	25,0	0,0	25,0
<i>Melastomastrum capitatum</i> (Vahl) A.Ferm. & R.Fern.	Lopo ouré louloulaye (Toma)	Afro-tropicale	Lisière des forêts, rochers humides, savanes marécageuses	15	40,0	20,0	13,4	26,6
<i>Tristemma albiflorum</i> Benth.	Nyongbolowou-lou (Guerzé)	Afro-tropicale occidentale et centrale	Bas-fonds rizicoles, berges des cours d'eau	4	50,0	25,0	25,0	0,0
<i>Tristemma involucreatum</i> Benth.	Gpamélin (Toma)	Côte d'Ivoire, Guinée, Sierra Leone	Marécages, têtes des sources, berges de cours d'eau, sous ombrage	8	0,0	62,5	0,0	37,5
<i>Tristemma mauritianum</i> J.F.Gmel.	Wghoye Gbaley (Mano).	Afro-malgache	Jachères, forêts secondaires, milieux humides.	8	37,5	12,5	12,5	37,5

Discussion

La faible connaissance des utilisations des Melastomataceae dans la médecine traditionnelle africaine en République de Guinée peut être imputable, d'une part, à la morphologie, à l'écologie et à la distribution des espèces de cette famille, et d'autre part, aux vertus intrinsèques de ces espèces.

En effet, toutes les neuf espèces de cette famille utilisées par les populations locales pour soigner leurs maladies sont des herbacées non grégaires (Hutchinson et Dalziel, 1954 ; Jacques-Félix et Mouton, 1980). Elles sont facilement confondues aux autres herbacées des savanes ou des marécages

qui les hébergent. Elles ne sont faciles à distinguer des autres herbacées que pendant leurs phases de floraison à cause de leurs fleurs rose-foncées à mauves (Hutchinson et Dalziel, 1954 ; Jacques-Félix et Mouton, 1980). L'absence ou le faible niveau de scolarisation des personnes enquêtées peut être aussi un handicap de plus pour faire la distinction des Melastomataceae avec les autres herbacées.

Le nombre de spécimens collectés a varié de quatre à 23 sur tout le territoire de la République de Guinée, malgré les intenses travaux de récoltes des plantes vasculaires par les botanistes depuis

plus d'un siècle (Chevalier, 1909 ; Schnell 1950 ; 1952 ; 1961 ; Hutchinson et Dalziel, 1954 ; Lisowski, 1979 ; Jacques-Félix et Mouton, 1980 ; Adam, 1983 ; Anonyme, 1997 ; Carrière, 2000). Ce qui démontrerait que les espèces de cette famille n'ont pas de fortes abondances locales. Cette faiblesse de la distribution des Melastomataceae à usages ethnomédicinaux en Guinée est confirmée par les cartes de distribution de ces espèces montrant seulement trois espèces rencontrées dans toutes les régions naturelles de ce pays.

Mais, le faible nombre, soit 16 % des espèces de Melastomataceae à usages ethnomédicinaux par rapport à la richesse totale de cette famille exprimée à 57 espèces pour le territoire guinéen (Hutchinson et Dalziel, 1954), peut être aussi dû à l'absence de principes actifs curatifs dans la majorité des taxons de cette famille. Carrière (2000) n'avait cité que *Tristemma albiflorum* Benth. comme seule espèce des Melastomataceae parmi les plantes à usages thérapeutiques de la Guinée.

La variabilité du niveau de connaissances thérapeutiques des Melastomataceae en fonction du sexe et des groupes ethniques pourrait être imputable à des facteurs socio-culturels au sein de ces groupes ethniques. En effet, chez les Peuhl et les Kono qui sont essentiellement des éleveurs, les femmes ont pour charge essentielle de s'occuper exclusivement de la famille tandis que les hommes s'occupent du bétail. Ainsi, ce sont les hommes qui sont en contact direct avec la nature et, par conséquent, qui ont plus de chance de connaître les usages des produits de la nature comme les plantes médicinales. Les autres groupes ethniques chez lesquels les hommes et les femmes cultivent la terre offrent des chances sensiblement égales aux deux genres d'avoir les connaissances sur les plantes médicinales. Le fait que les Toma de Macenta soient les mieux informés sur l'utilisation des Melastomataceae comme plantes médicinales pourrait s'expliquer en partie par la cohabitation de cette communauté avec des grandes réserves naturelles telles que la forêt de Ziama et celle de Pic de Fon qui sont deux aires protégées réputées par leurs richesses floristiques. Mais cette communauté entretient aussi, depuis toujours, les relations Homme-nature comme en témoignent l'existence des aires sacrées dans plusieurs de leurs localités. L'utilisation de *M.*

capitatum comme anti-inflammatoire, par la communauté Toma, dans le District de Dandano, précisément dans la Préfecture de Macenta, est en accord avec Ukwubile *et al.* (2019), qui ont attribué des propriétés anti-inflammatoires à cette espèce et justifiant son emploi pour le traitement de diverses douleurs.

Les Melastomataceae sont aussi utilisées ailleurs sur le continent africain au Bénin, au Burkina Faso, au Cameroun et à Madagascar. Au Bénin, Yemoa *et al.* (2008) ont montré que la décoction des feuilles de *D. rotundifolia* est utilisée pour le traitement traditionnel de l'ulcère de Buruli, qui est une infection chronique causée par *Mycobacterium ulcerans* MacCallum de la famille des Mycobacteriaceae et connue dans 33 pays dans les régions tropicales. Ces mêmes auteurs ont démontré que les feuilles de cette espèce possèdent trois groupes des composés chimiques tels que des dérivés quinoniques, des tanins et des flavonoïdes.

Au Burkina Faso, les racines de *D. thollonii* seraient utilisées comme remède contre l'hémorroïde et la décoction de *D. tubulosa* est employée contre la lèpre et la tuberculose (Thiombiano *et al.*, 2012). *M. capitatum*, qui est souvent utilisée comme plante ornementale, permet de lutter contre les lombalgies en association avec du beurre de Karité tandis que la tige et les racines de *Dissotis irvingiana* Hook., préparées en soupe avec de la viande, seraient efficaces contre l'impuissance sexuelle (Thiombiano *et al.*, 2012)

Au centre et sur le littoral du Cameroun, *D. rotundifolia* en association avec *Pothomorphe umbellata* (L.) Miq., *Sida acuta* Burm.f. et *Elaeis guineensis* Jacq., lutte contre les règles douloureuses (Dibong *et al.*, 2015).

À Madagascar, Rafidison *et al.* (2019) ont montré que les *Melastomataceae* font partie des familles les plus riches en espèces médicinales, avec 38 maladies traitées grâce aux propriétés thérapeutiques de ces espèces. Dans le nord de ce pays, la tige de *T. mauritianum* et ses racines sont utilisées pour prévenir les fausses couches (Mózo, 2017) alors que la décoction de la plante entière, en mélange avec les racines de *P. umbellata*, est employée par les femmes en usage externe pour le lavage du ventre (Mózo, 2017).

Conclusion

La présente étude a permis de savoir que 16 % des espèces de Melastomataceae recensées en République de Guinée sont utilisées dans la médecine traditionnelle par les populations locales. Mais ce sont seulement 9,13 % de la population enquêtée qui connaissent l'usage de ces espèces dans la pharmacopée africaine. Les

réponses aux questions de recherche démontrent que toutes les espèces utilisées dans la médecine traditionnelle en Guinée ne sont pas largement distribuées à l'échelle nationale à l'exception de *D. tubulosa*. En plus, tous les organes de ces espèces ne sont pas utilisés car leurs fleurs et leurs fruits n'ont pas été cités parmi les recettes médicamenteuses.

Remerciements

Les auteurs remercient particulièrement l'État Guinéen pour le financement de cette étude et le Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique et l'Agriculture Durable de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire), pour les appuis à la recherche et l'encadrement. Ces remerciements vont également à l'endroit de Monsieur Xan der Vander Burgt de Royal Botanic

Garden de Kew (Angleterre), pour la relecture et les corrections apportées au manuscrit. Nous remercions également les autorités universitaires de N'Zérékoré (Guinée), de l'Herbier National de Guinée et de Sérédou dans la Préfecture de Macenta (Guinée), pour tous les appuis qu'ils ont bien voulu nous apporter au cours de cette étude.

Références Bibliographiques

- Adam J G. 1983.** Flore descriptive des Monts Nimba (Côte d'Ivoire, Guinée, Libéria). CNRS, Paris, 2181 p.
- Anonyme. 1997.** Monographie nationale sur la diversité biologique. Ministères des travaux publics et de l'environnement, République de Guinée, 146 p.
- APG. 2009.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105-121.
- Camara A. 2020.** Plantes médicinales guinéennes : validation de l'effet antipaludique et impact sur la modulation de l'immunité. Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse, 158 p.
- Carrière M. 2000.** Flore de Guinée : appellations vernaculaires et usages traditionnels des quelques plantes. <http://www.ethnopharmacologia.org/perlude2020/pdf/biblio-hc-32-carriere>. Consulté le 06-05-2021.
- Chevalier A. 1909.** Les hauts-plateaux du Fouta Djallon. *Annales de Géographie*, 18: 253-61.
- CJB. 2020.** African Plants Database (version 3.4.0). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria. <http://african-plantdatabase.ch>. Consulté le 06-05-2021.
- Diallo Y. 1992.** La médecine traditionnelle en République de Guinée. *ORSTOM Actualités*, 36 : 9-12.
- Dibong SD, Mvogo Ottou PB, Vandi D, Ndjib RC, Tchamaha FM, Mpondo E. 2015.** Ethnobotanique des plantes médicinales anti-hémorroïdaires des marchés et villages du centre et du littoral Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 96 : 9072-9093.
- Jaques-Félix H, Mouton J. 1980.** Identification des Memecyleae (Melastomataceae) de l'Ouest Africain d'après leurs caractères végétatifs. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle* 4e série, 2, section B (1) : 3-19.
- Hamel T, Sadou S, Seridi R, Boukhdir S, Boulemtafes A. 2018.** Pratiques traditionnelles des utilisations des plantes médicinales dans les populations de la péninsulaire de l'Edough (Nord-Est Algérien). *Ethnopharmacologia*, 59: 75-81.
- Hawthorne WD, Jongkind C. 2006.** Woody plants of western African forests. A guide to the forest trees, shrubs and lianes from Senegal to Ghana. Kew Publishing, UK, 1023 p.

- Hutchinson J, Dalziel JM. 1954.** Flora of West Tropical Africa. 2e ed., vol. 1 part 1, Millbank, London, 295 p.
- Lebrun J-P, Stork AL. 1991.** Énumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale : généralités et Annonaceae à Pandaceae. Vol. I, CJB, Genève, 249 p.
- Lisowski S. 1979.** Flore (Angiospermes) de la République de Guinée. *Scripta Botanica Belgica*, Volumes 41/42, 1082 p.
- Mózo BS. 2017.** Plantes médicinales du Nord de Madagascar. Ethnobotanique Antakarana et informations scientifiques. *Journal of Chemical Information and Modelling*, 53(9): 1689-1699.
- Mbuyi KS, Kalunga MR, Kalonda ME, Cimanga CCB, Numbi WIE, Kahumba BJ, Lumbu SJ-B. 2019.** Aperçu ethnobotanique de plantes réputées antipaludéennes utilisées dans la ville de Lubumbashi et ses environs, dans le Haut-Katanga en RDC. *Ethnopharmacologia*, 61(1) :75-84.
- Ouôba P, Lykke AM, Boussim J, Guinko S. 2005.** La flore médicinale de la Forêt Classée de Niangoloko (Burkina Faso). *Études floristiques et de la végétation. Burkina Faso*, 10 : 5-16.
- Rafidison V, Ratsimandresy F, Rakotondrajaona R, Rasamison V, Rakotoarisoa MRakotondrafara A, Rakotonandrasana SR. 2019.** Synthèse et analyse de données sur les inventaires de plantes médicinales de Madagascar. *Ethnobotany Research and Applications*, 18 (40) : 1-19.
- Schnell R. 1950.** Plantes nouvelles des monts Nimba. *Revue Générale de Botanique*, 57: 278-292.
- Schnell R. 1952.** Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba. *Mémoire IFAN*, 22, 604 p.
- Schnell R. 1961.** Contribution à l'étude botanique de la chaîne de Fon (Guinée française). *Bulletin du Jardin Botanique de l'État*, 31:15-54.
- Thiombiano A, Schmidt M, Dressler S, Ouédraogo A, Hahn K, Zizka G. 2012.** Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. Éd. Jean-Pierre Nicolas, 303 p.
- Tra Bi FH. 1997.** Utilisation des plantes, par l'homme, dans les forêts classées du Haut-Sassandra et de Scio, en Côte d'Ivoire. Thèse de 3ème cycle, Université de Cocody-Abidjan, Faculté des Sciences et Techniques, 215 p.
- Tra Bi FH, Koné MW, Kouamé NF. 2008.** Antifungal activity of *Erigeron floribundus* (Asteraceae) from Côte d'Ivoire, West Africa. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 7(2): 975-979.
- Ukwubile CA, Ahmed A, Katsayal UA, Ya'u J, Mejida S. 2019.** GC-MS analysis of bioactive compound from *Melastomastrum capitatum* (Vahl). leaf methanol extract: an anticancer plant. *Scientific African*, 3:10-17.
- Veranso-Libalah MC, Nwana AG, Thomas L, Couvreur P. 2017.** Phylogeny and systematics of African Melastomateae (Melastomataceae). *Taxon*, 66 (3): 584-614.
- Yemoa AL, Gbenou JD, Johnson RC, Djego JG, Zinsou C, Moudachirou M, Quetin-Leclercq J, Bigot A, Portaels F. 2008.** Identification et étude phytochimique de plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'ulcère de Buruli au Bénin. *Ethnopharmacologia*, 42 : 48-55.

Paramètres de population des principales espèces de poissons du lac de barrage d'Ayamé 1 sept ans après le retour des pêcheurs allogènes

Population parameters of major fish species in Ayamé 1 man-made lake seven years after the return of non-native fishermen coming back

Cissé M • Kamelan TM • Siaka B • Kouamelan EP

Received: 13 May 2020 / Accepted: 21 January 2021 / Published online: 30 June 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé Ce travail vise à étudier les paramètres de population des principales espèces de poissons exploitées au lac d'Ayamé 1. Les poissons, échantillonnés mensuellement de juillet 2017 à juin 2018, proviennent de la pêche commerciale et de la pêche expérimentale. La Longueur totale (LT) a été déterminée pour chaque poisson. L'analyse de la distribution des fréquences de tailles par le logiciel FiSAT II a montré que la longueur asymptotique, le coefficient de croissance, l'indice de performance de croissance, la mortalité par pêche et le taux d'exploitation ont varié respectivement de 12,95 à 53,26 cm, de 0,28 à 1,3 an⁻¹, de 1,94 à 3,115, de 0,65 à 3,47 an⁻¹ et de 0,33 à 0,66. Des résultats obtenus, les espèces *Brycinus macrolepidotus*, *Coptodon zillii* et l'hybride *Coptodon zillii* × *C. guineensis* apparaissent les plus surexploitées avec des taux de mortalité par pêche supérieurs à la mortalité naturelle et des taux d'exploitation supérieurs à la valeur optimale. Bien que le taux d'exploitation de la quasi-totalité des espèces ne présente pas un taux d'exploitation supérieur au E_{max}, il serait important que les décideurs prennent des mesures afin d'amener l'exploitation des poissons du lac d'Ayamé 1 à son niveau optimal ou à un état de pleine exploitation de ces ressources.

Mots clés : Exploitation, Poisson, Lac d'Ayamé 1, Côte d'Ivoire.

Abstract This work aims to study the population parameters of the main fish species exploited in Lake Ayamé 1. Fish sampled monthly from July 2017 to June 2018, came from commercial and experimental fisheries. Total Length (TL) measurement was done for each fish. The analysis of the size frequency distribution by FiSAT II software showed that the asymptotic length, growth coefficient, growth performance index, fishing mortality and exploitation rate varied respectively from 12.95 to 53.26 cm, 0.28 to 1.3 year⁻¹, 1.94 to 3.115, 0.65 to 3.47 year⁻¹ and 0.33 to 0.66. From the results, the species *Brycinus macrolepidotus*, *Coptodon zillii* and the hybrid *Coptodon zillii* × *C. guineensis* were overexploited with their fishing mortality rate higher than natural mortality and their exploitation rate higher than the optimal value. Although almost all species do not have an exploitation rate higher than the E_{max}, it would be important for policy makers to take action to bring Ayamé 1 lake fish exploitation to its optimal level or to the state of full exploitation of these resources.

Key words : Exploitation, Fish, Ayamé 1 Lake, Côte d'Ivoire.

Introduction

En Afrique, la place occupée par la pêche dans l'économie n'est plus à démontrer. Ainsi, sa contribution dans le PIB total des pays africains est de 1,12 % (De Graaf et Garibaldi, 2014).

En Côte d'Ivoire, la pêche continentale repose sur un ensemble de pêcheries lacustres dont les principales sont les lacs de Kossou, Buyo, Ayamé 1, Taabo et Faé (Da Costa et Dietoa, 2007). Le lac d'Ayamé1 issu de la construction du plus ancien barrage Hydroélectrique de la Côte d'Ivoire est devenu le premier véritable centre de la pêcherie continentale en attirant de nombreux pêcheurs non-nationaux suite à l'introduction des espèces telles que *Heterotis niloticus* et *Oreochromis niloticus* (Vanga, 1994). Ainsi, comme tous les réservoirs lacustres de la Côte d'Ivoire, la pêcherie se caractérisait alors par une juxtaposition de communautés de pêcheurs autochtones et étrangères (Da Costa et Dietoa, 2007). Mais, suite à une exploitation non contrôlée des ressources et les conflits récurrents entre les pêcheurs allogènes et autochtones, le lac fut fermé en 1998, avec l'expulsion définitive des acteurs non nationaux du lac. Cinq ans après sa réouverture, les travaux de Tah (2012) réalisés sur ledit lac de 2004 à 2005, en absence des pêcheurs allogènes (Bozo) signalaient un état de retour à l'équilibre du plan d'eau, avec une production de 381,8 t qui demeure largement inférieure à celle de 1996 (1060 t) mentionnée par Gourène *et al.* (1999). Cependant, les récents travaux de Kouamé et Touré (2012) ont affirmé un

important retour des pêcheurs allogènes (Bozo) sur le lac. Aussi, ces auteurs avaient signalé un conflit qui avait opposé autochtones et allogènes à Ebikro-N'dakro village situé à 30 km d'Ayamé. Par ailleurs, les travaux de Cissé *et al.* (2019) ont signalé une production estimée à 723,49 t. Outre cette forte production, ces auteurs ont révélé que le peuplement ichtyologique est fortement dominé par un nombre important d'individus de petite taille. Pour Cissé *et al.* (2019), cette présence d'individus de petite taille serait la conséquence de la forte pression de pêche occasionnée par le retour des pêcheurs allogènes sur le lac.

Si tel est le cas, un nouvel effondrement des ressources halieutiques de ce lac pourrait avoir des conséquences sur l'économie de cette zone fortement dépendante des ressources halieutiques.

Face à cette situation, la recherche d'une gestion globale des stocks du lac de barrage d'Ayamé 1 s'avère être une nécessité. Elle passe par l'étude des paramètres de population des espèces exploitées. La connaissance des paramètres de population, en particulier, le taux de croissance, permet une estimation de l'impact des prélèvements halieutiques et d'œuvrer à la mise en place d'une politique de gestion rationnelle des ressources (Chikou *et al.*, 2007).

La présente étude a pour objectif de déterminer le niveau actuel d'exploitation des principales espèces de poissons du lac d'Ayamé 1 en vue d'une gestion rationnelle et durable du stock disponible.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

Situé au Sud-Est de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 3 et 3,5° Ouest et les latitudes 5,3 et 6° Nord, le lac d'Ayamé 1 (Figure 1) est construit sur la rivière Bia, depuis 1959 (Tah, 2012). Ce lac a une superficie moyenne de 9320 ha (Laë *et al.*, 1999). Il mesure environ 80 km de long et 27 km de large pour une profondeur maximale de 30 m (Ouattara, 2004). Le lac bénéficie d'un climat attiéen, caractérisé par la succession de 4 saisons (2 saisons sèches et 2 saisons de pluies) (Savané et Konaré, 2010). Les variations de niveau du lac d'Ayamé 1 sont liées au débit de la rivière Bia au volume turbiné et à la côte d'évacuation des

crues (Tah, 2012). Sur ce lac, trois stations ont été visitées ; celle d'Ayamé débarcadère, de Bakro (Temin débarcadère) et d'Ebikro (Danga).

Échantillonnage

Les poissons examinés ont été collectés mensuellement de juillet 2017 à juin 2018. Ces poissons proviennent aussi bien de la pêche commerciale que de la pêche expérimentale. Pour la pêche expérimentale, une batterie de 11 filets maillants (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60) a été utilisée afin de capturer une large gamme de tailles de spécimens. Les filets ont

été posés le soir à 17h et relevés le lendemain à 7h puis posés à nouveau et retirés à 12h. Pour la pêche commerciale, les filets maillants, les nasses, les palangres appâtées ou non, les sennes, les bambou-pièges, les éperviers et les filets de barrières ont été utilisés pour la capture des poissons. Les poissons ont été identifiés à l'aide de la clé dichotomique de Paugy *et al.* (2003a et b) et de Gourène *et al.* (1995) pour *Coptodon zillii* × *C. guineensis*. Sur chaque spécimen la longueur totale a été déterminée au centimètre près à l'aide d'un ichtyomètre.

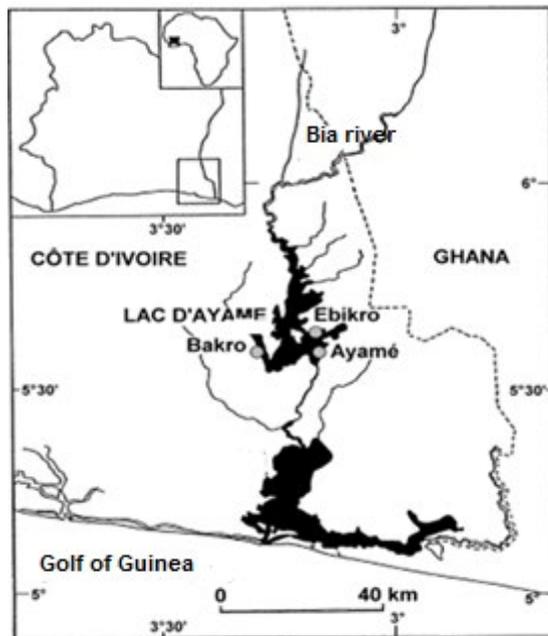


Figure 1: Situation géographique des stations d'échantillonnage sur le lac d'Ayamé 1.

Paramètres de croissance et d'exploitation

Le programme FiSAT II (version 1.2.2) a permis de déterminer les paramètres de croissance. La longueur asymptotique a été déterminée à partir de la méthode de Pauly (1980). Quant à l'âge théorique (t_0), il a été obtenu selon la relation suivante :

$$\log_{10}(-t_0) = -0,392 - 0,275 \log_{10} L_{\infty} - 1,038 \log_{10} K$$

Les fréquences de tailles enregistrées ont permis d'estimer la croissance individuelle de chaque espèce selon le modèle mathématique de croissance individuelle de Von Bertalanffy qui envisage la longueur corporelle en fonction de l'âge à travers l'équation suivante :

$$Lt = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Lt : longueur du poisson à l'âge t (cm), L_{∞} : longueur asymptotique (cm), K : coefficient de croissance ou

taux de croissance (an^{-1}), t_0 : l'âge théorique pour lequel la taille est nulle.

L'indice de performance de croissance Φ' a été calculé à partir des paramètres de croissance L_{∞} et K. Cet indice de performance a été évalué à partir de la formule proposée par Pauly et Munro (1984).

$$\Phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_{\infty}$$

$$-t_{\max} = 2,9957 / K$$

La mortalité totale (Z) a été obtenue par la méthode dite courbe de capture selon les longueurs converties dans ELEPHANI / FiSAT II à partir de la formule de Gayalino (Gayalino *et al.*, 1996) :

$$\ln() = a + bt$$

N_j : nombre de poisson pleinement recrutés dans la classe de taille

Δt : temps nécessaire pour que le poisson puisse se développer à l'intérieur d'une classe de taille

a : ordonnée à l'origine de la droite de courbe de mortalité

b : pente qui représente la mortalité totale avec un changement de signe.

Le graphique ($\log N_j$) définitif permet d'obtenir les taux instantanés de mortalité (Z, M et F) et d'exploitation (E).

La mortalité naturelle M a été calculée par la méthode de Pauly (1980) qui repose sur les faits suivants : il existe de toute évidence une relation inverse entre M et la longueur maximale observée elle-même en partie liée à la longévité et au coefficient K. Cette relation n'est pourtant pas assez étroite pour permettre seule une évaluation de M.

$$\log_{10} M = a + b \log_{10} L_{\infty} + c \log_{10} K + d \log_{10} T$$

a = -0,0066, b = -0,279, c = 0,6543, d = 0,4634 et T = température moyenne annuelle du milieu.

Dans cette étude, la température déterminée sur le lac est de 30°C.

Le coefficient de la mortalité par pêche (F) et le taux d'exploitation (E) ont été évalués en utilisant les relations suivantes :

$$F = Z - M \text{ et } E = F / Z = F / (F + M)$$

Connaissant Z et M, le coefficient de mortalité par pêche F a été obtenu par la différence entre ces deux coefficients ($F = Z - M$) et le taux d'exploitation (E) résulte du rapport F/Z [$E = F/Z = F / (F + M)$].

Si $E < 0,5$, alors le stock est faiblement exploité, lorsque $E > 0,5$ dans ce cas le stock est fortement exploité et lorsque $F = M$ ou $E = 0,5$ alors l'exploitation du stock est optimale (Gulland, 1971).

Taille de première capture et période de recrutement

La taille de première capture (L_c) a été estimée à partir de la méthode de sélection d'ogive, selon laquelle on suppose que la probabilité de capture d'un poisson est fonction de sa longueur. Ainsi, la longueur optimale (L_{opt}) a été déterminée à l'aide de l'équation de Froëse (2004).

$$L_{opt} = L_{\infty} (3 / (3 + (M/K)))$$

L_{∞} et K sont fonction de la croissance de Von Bertalanffy et M du taux de mortalité naturelle.

Le programme, recrutement patterns, de FiSAT II a été utilisé pour reconstruire les périodes du recrutement des différentes espèces à partir des données de fréquence de taille obtenues.

Résultats

Paramètres de croissance

Les paramètres de croissance des différentes espèces de poissons étudiées sont consignés dans le tableau 1. Les courbes de croissance ayant servi à la détermination de ces différents paramètres sont illustrées par la figure 2. Les longueurs asymptotiques (L_{∞}) qui ont permis la réalisation de ces courbes oscillent entre 12,95 cm (*B. longipinnis*) et 53,26 cm (*C. nigrodigitatus*). Les taux de croissance spécifique (K) obtenus sont compris entre $0,28 \text{ an}^{-1}$ (*B. macrolepidotus*) et $1,3 \text{ an}^{-1}$ (*C. zillii* × *C. guineensis*). Les indices de performance de croissance Φ' calculés varient de 1,940 (*B. longipinnis*) à 3,115 (*C. nigrodigitatus*). L'âge théorique (t_0) calculé évolue de $-0,561 \text{ an}^{-1}$ à $-0,119 \text{ an}^{-1}$, avec la plus faible valeur chez *B. macrolepidotus* et la plus forte valeur chez *C. zillii* × *C. guineensis*. Par contre, la longévité ou âge maximum (t_{max}) varie de $2,304 \text{ an}^{-1}$ (*C. zillii* × *C. guineensis*) à $10,699 \text{ an}^{-1}$ (*B. macrolepidotus*).

Rendements et biomasses par recrue

Le modèle de Beverton et Holt (1966) du Programme Fisat II a été utilisé pour prédire le rendement relatif par recrue (Y'/R) et la biomasse relative par recrue (B'/R).

Ce modèle fait intervenir les longueurs. Il est défini comme suite :

$$Y'/R = EU^{M/k} [1 - (3U/1 + m) + (3U^2/1 + 2m) - (U^3/1 + 3m)]$$

$$\text{Où } m = (1-E)/(M/K) = K/Z$$

$$U = 1 - (L_c/L_{\infty})$$

L'évaluation du rendement de la biomasse relative par recrue a été estimée par la relation :

$$B'/R = (Y'/R)/F$$

Ce modèle permet d'estimer les valeurs prédictives ou points de référence suivants : $E_{0,1}$, $E_{0,5}$ et E_{max} .

Ainsi, le logiciel FiSAT II version 1.1.0 a permis l'application du modèle de Beverton et Holt (1966).

Paramètres de mortalité

Les courbes de capture des huit espèces de poissons exploités au lac de barrage d'Amamé 1 sont représentées par la figure 3. Les valeurs de la mortalité totale (Z), du coefficient de mortalité naturelle (M), de la mortalité par pêche (F) et du taux d'exploitation des différentes espèces étudiées sont mentionnées dans le tableau 2. Pour ces espèces exploitées, la plus petite valeur de la mortalité totale (Z) est observée chez *C. nigrodigitatus* ($1,77 \text{ an}^{-1}$) et la plus grande valeur chez *C. zillii* × *C. guineensis* ($5,63 \text{ an}^{-1}$). En dehors de *C. nigrodigitatus* et de *S. melanotheron*, le coefficient de mortalité pour toutes les autres espèces est supérieur à 2 an^{-1} .

Les coefficients de mortalité naturelle (M) obtenus à partir de la température moyenne de 30°C varient de $0,75 \text{ an}^{-1}$ (*B. macrolepidotus*) à $2,35 \text{ an}^{-1}$ (*B. imberi*). Pour le coefficient de mortalité par pêche, la valeur oscille entre $0,65 \text{ an}^{-1}$ (*S. melanotheron*) et $3,47 \text{ an}^{-1}$ (*C. zillii* × *C. guineensis*). Cette valeur de la mortalité par pêche est supérieure à la mortalité naturelle pour *B. macrolepidotus*, *C. zillii* × *C. guineensis* et *C. zillii*.

Tableau 1 : Paramètres de croissance des principales espèces de poisson exploitées dans le lac de barrage d'Ayamé 1 de juillet 2017 à juin 2018.

Espèces	L_{∞} (cm)	K (an ⁻¹)	\emptyset'	t_0 (an ⁻¹)	t_{max} (an ⁻¹)
<i>Brycinus imberi</i>	15,68	1,1	2,432	-0,172	2,723
<i>Brycinus longipinnis</i>	12,95	0,52	1,940	-0,395	5,761
<i>Brycinus macrolepidotus</i>	37,58	0,28	2,597	-0,561	10,699
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	53,26	0,46	3,115	-0,304	6,512
<i>Schilbe mandibularis</i>	24,53	0,88	2,724	-0,192	3,404
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	33,26	0,56	2,792	-0,282	5,349
<i>Coptodon zillii</i>	34,63	0,49	2,769	-0,321	6,114
<i>Coptodon zillii</i> × <i>C. guineensis</i>	31,58	1,3	3,113	-0,119	2,304

L_{∞} : Longueur asymptotique exprimé en longueur standard, K : coefficient de croissance, \emptyset' : indice de performance de croissance, t_0 : âge théorique, t_{max} : longévité

Tableau 2 : Paramètres d'exploitation des principales espèces de poisson exploitées dans le lac de barrage d'Ayamé 1 de juillet 2017 à juin 2018.

Espèces	F (an ⁻¹)	M (an ⁻¹)	Z (an ⁻¹)
<i>Brycinus imberi</i>	0,94	1,52	2,46
<i>Brycinus longipinnis</i>	1,18	2,35	3,53
<i>Brycinus macrolepidotus</i>	1,48	0,75	2,23
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	0,83	0,94	1,77
<i>Schilbe mandibularis</i>	0,89	1,79	2,68
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	0,65	1,23	1,88
<i>Coptodon zillii</i>	1,42	1,11	2,53
<i>Coptodon zillii</i> × <i>C. guineensis</i>	3,47	2,16	5,63

F : mortalité par pêche, M : mortalité naturelle, Z : mortalité totale

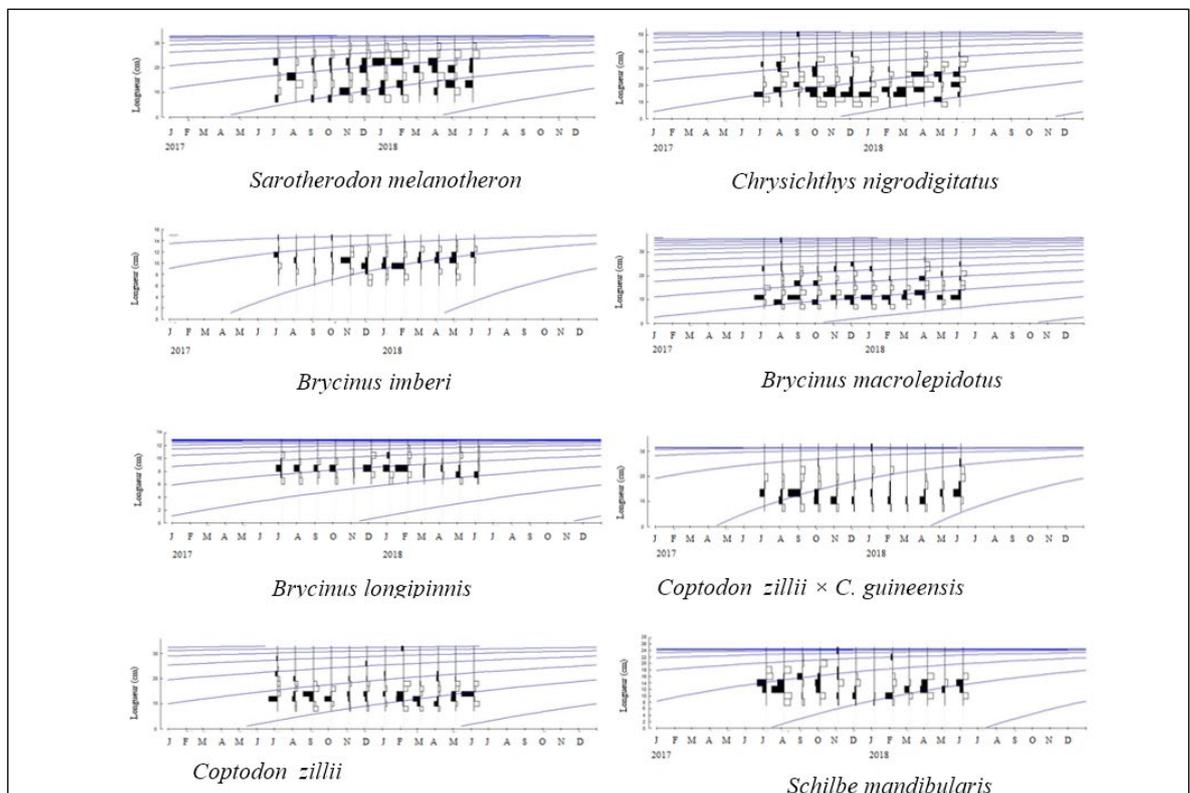


Figure 2 : Courbes de croissance obtenues à partir des fréquences de tailles.

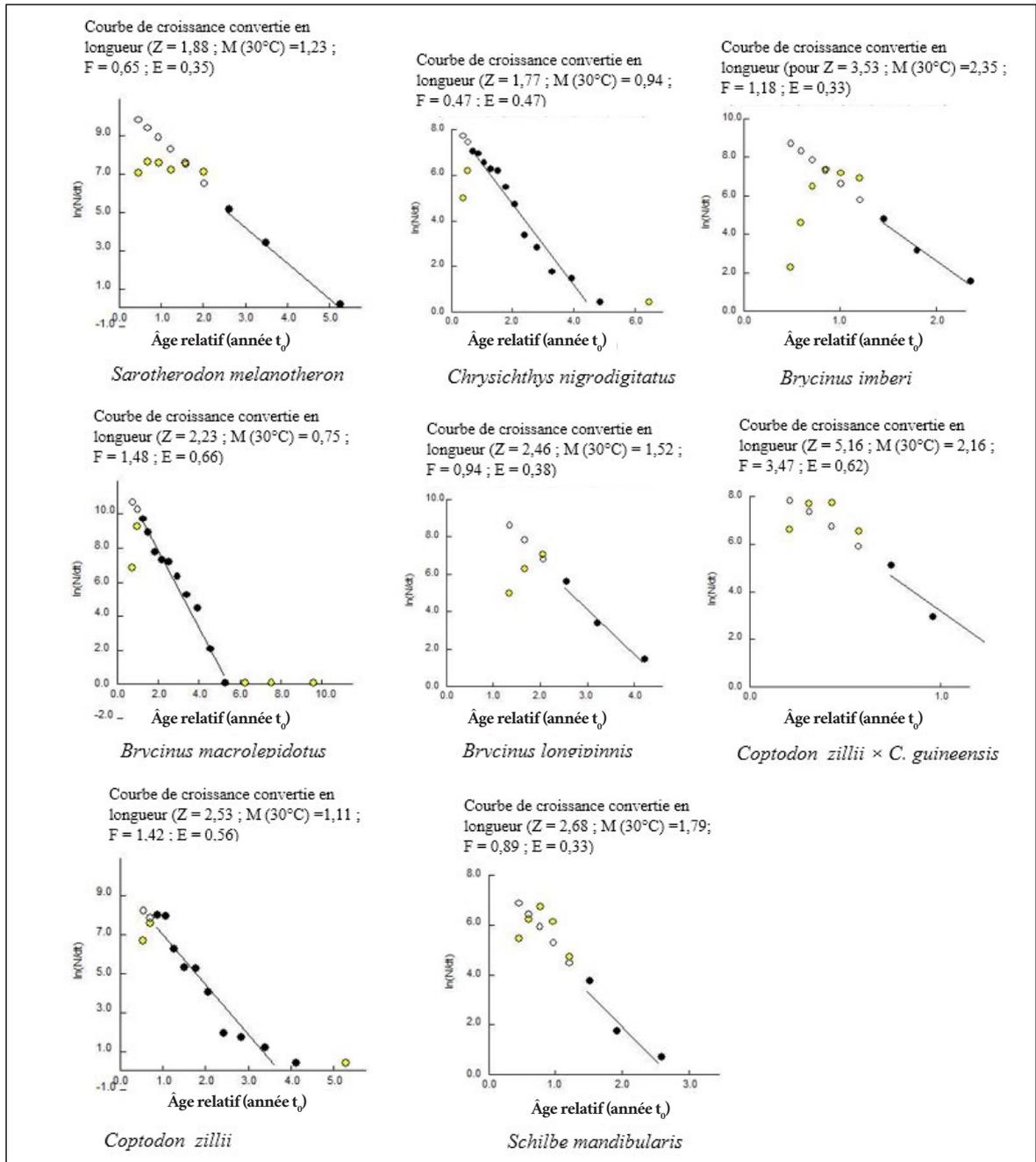


Figure 3 : Courbes de captures fondées sur la longueur

Tailles de première capture et de recrutement

Les courbes qui montrent la variation de la probabilité de capture en fonction de la longueur pour les espèces étudiées sont représentées par la figure 4. Les valeurs des différents paramètres sont mentionnées dans le tableau 3. L'analyse de ce tableau montre que les tailles moyennes de première capture (L_c ou L₅₀) des espèces étudiées sont de 5,16 cm et de 13,13 cm respectivement chez *C. zillii* × *C. guineensis* et *C. nigrodigitatus*. Parmi, ces populations étudiées seulement *C. nigrodigitatus* et *S. melanotheron* ont des longueurs de première capture supérieures à 10 cm.

Les histogrammes tracés par le logiciel ELEFAN/ FiSAT qui présente l'intensité de recrutement des jeunes poissons en fonction des mois pour les principaux stocks étudiés sont illustrés par la figure 5. L'analyse de cette figure permet de classer les espèces en deux groupes. Celles pour lesquelles, les courbes de recrutement présentent un seul pic, il s'agit de *S. melanotheron* avec le pic de recrutement majeur entre mai et juin (20,46 %), de *S. mandibularis* avec le pic majeur de recrutement entre juin et juillet (20,69 %), de *B. macrolepidotus* avec le pic majeur de recrutement entre juin et juillet (16,07 %), de *B. longipinnis* avec le pic majeur

de recrutement entre mai et juin (17,44 %), de *B. imberi* avec le pic de recrutement majeur entre juin et juillet (26,26 %) et de *C. zillii* dont le pic majeur de recrutement est observé entre mai et juin (18,44 %). Ceux dont les courbes de recrutement présentent deux pics majeurs, ce sont *C. nigrodigitatus* avec les pics de recrutement majeurs entre février et mars (22,08 %) et entre août et septembre (15,28 %) et de *C. zillii* × *C. guineensis* avec les pics de recrutement majeurs entre mars et avril (27,14 %) et entre octobre et Novembre (9,50 %).

Analyses du rendement relatif et de la biomasse relative par recrue de Beverton et Holt

Le rendement relatif par recrue (Y'/R) ainsi que la biomasse relative par recrue (B'/R) en fonction du taux d'exploitation (E) ont permis d'obtenir les courbes d'évaluation des populations exploitées (Figure 6). Les rapports M/K et L_c/L_∞ (Tableau 4) varient de 1,66 à 2,923 et de 0,163 à 0,557 avec les plus petites valeurs de ces paramètres chez *C. zillii* × *C. guineensis* et les plus grandes valeurs chez *B. longipinnis*. Tandis que le rapport Z/K varie de 3,04 à 7,96 avec la valeur la plus basse chez *S. mandibularis* et la plus élevée chez *B. macrolepidotus*.

Le taux d'exploitation (E) issu du rapport F/Z donne des valeurs qui oscillent entre 0,33 (*S.*

melanotheron) et (*C. zillii* et *C. zillii* × *C. guineensis*). Pour ce taux d'exploitation déterminé, trois espèces ont un taux d'exploitation (E) supérieur au taux d'exploitation maximal. Il s'agit de *B. macrolepidotus*, *C. zillii* et *C. zillii* × *C. guineensis*, deux espèces ont un taux d'exploitation (E) supérieur à la limite optimale d'exploitation ($E_{opt} = E_{0,5}$). Ce sont, *S. melanotheron* et *S. mandibularis*.

Tableau 3: Taille de sélection des captures des principales espèces exploitées dans le lac de barrage d'Ayamé 1 de juillet 2017 à juin 2018

Espèces	L_{25} (cm)	L_{50} (cm)	L_{75} (cm)
<i>Brycinus imberi</i>	7,82	8,08	8,34
<i>Brycinus longipinnis</i>	7,06	7,21	7,35
<i>Brycinus macrolepidotus</i>	8,64	9,31	9,98
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	11,20	13,13	15,06
<i>Schilbe mandibularis</i>	7,40	8,02	8,64
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	11,26	12,30	13,35
<i>Coptodon zillii</i>	8,16	9,10	10,03
<i>Coptodon zillii</i> × <i>C. guineensis</i>	4,27	5,16	6,05

L_{25} : longueur pour laquelle 25 % des espèces de poissons sont retenues par l'engin utilisé, L_{50} : longueur pour laquelle 50 % des espèces de poissons sont retenues par l'engin utilisé et L_{75} : longueur pour laquelle 75 % des espèces de poissons sont retenues par l'engin utilisé

Tableau 4: Résumé de l'analyse du rendement relatif par recrue des principales espèces exploitées dans le lac de barrage d'Ayamé 1 de juillet 2017 à juin 2018

Espèces	L_c/L_∞	M/K	Z/K	$E_{0,1}$	E_{max}	$E_{0,5}$	$E(F/Z)$
<i>Brycinus imberi</i>	0,51	2,14	3,21	0,70	0,87	0,37	0,33
<i>Brycinus longipinnis</i>	0,56	2,92	4,73	1,00	1,00	0,40	0,38
<i>Brycinus macrolepidotus</i>	0,25	2,68	7,96	0,41	0,49	0,28	0,66
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	0,25	2,04	3,84	0,41	0,49	0,29	0,35
<i>Schilbe mandibularis</i>	0,33	2,03	3,04	0,47	0,56	0,31	0,33
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	0,37	2,03	3,04	0,56	0,66	0,33	0,35
<i>Coptodon zillii</i>	0,26	2,26	5,16	0,41	0,50	0,29	0,56
<i>Coptodon zillii</i> × <i>C. guineensis</i>	0,16	1,66	4,33	0,36	0,43	0,38	0,62

L_∞ : longueur asymptotique exprimé en longueur standard, $L_c = L_{50}$: longueur pour laquelle 50 % des espèces de poissons sont retenues par l'engin utilisé, K : coefficient de croissance, F : mortalité par pêche, M : mortalité naturelle, Z : mortalité totale, E : taux d'exploitation, $E_{0,1}$: taux d'exploitation dont l'augmentation marginale du rendement relatif par recrue est de 1/10, $E_{0,5}$: taux d'exploitation qui entraîne une réduction de la biomasse inexploitée du stock de 50%, E_{max} : le taux d'exploitation qui produit un niveau de rendement par recrue maximale

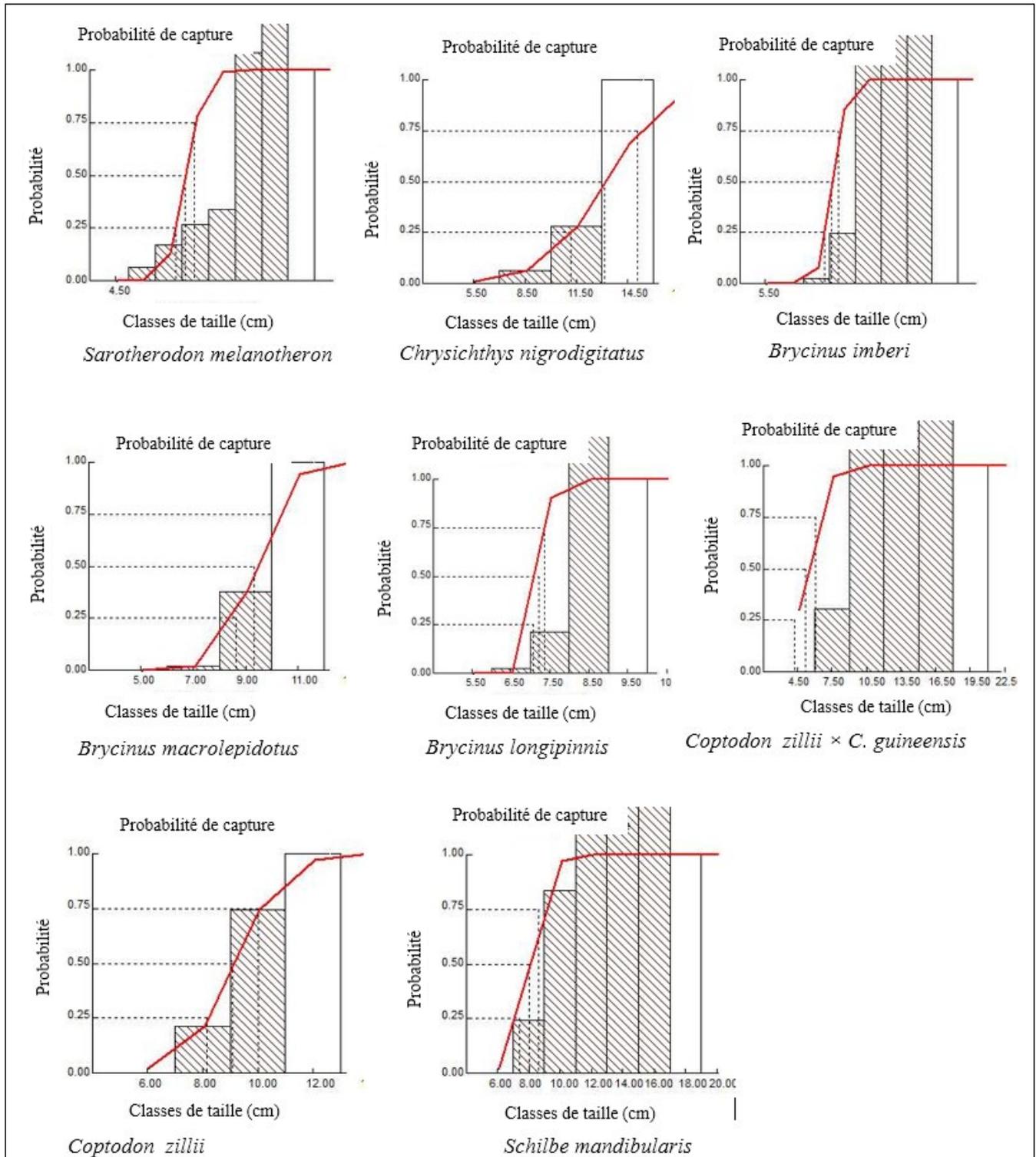


Figure 4 : Courbes de sélectivité montrant la probabilité de capture pour chaque classe de taille.

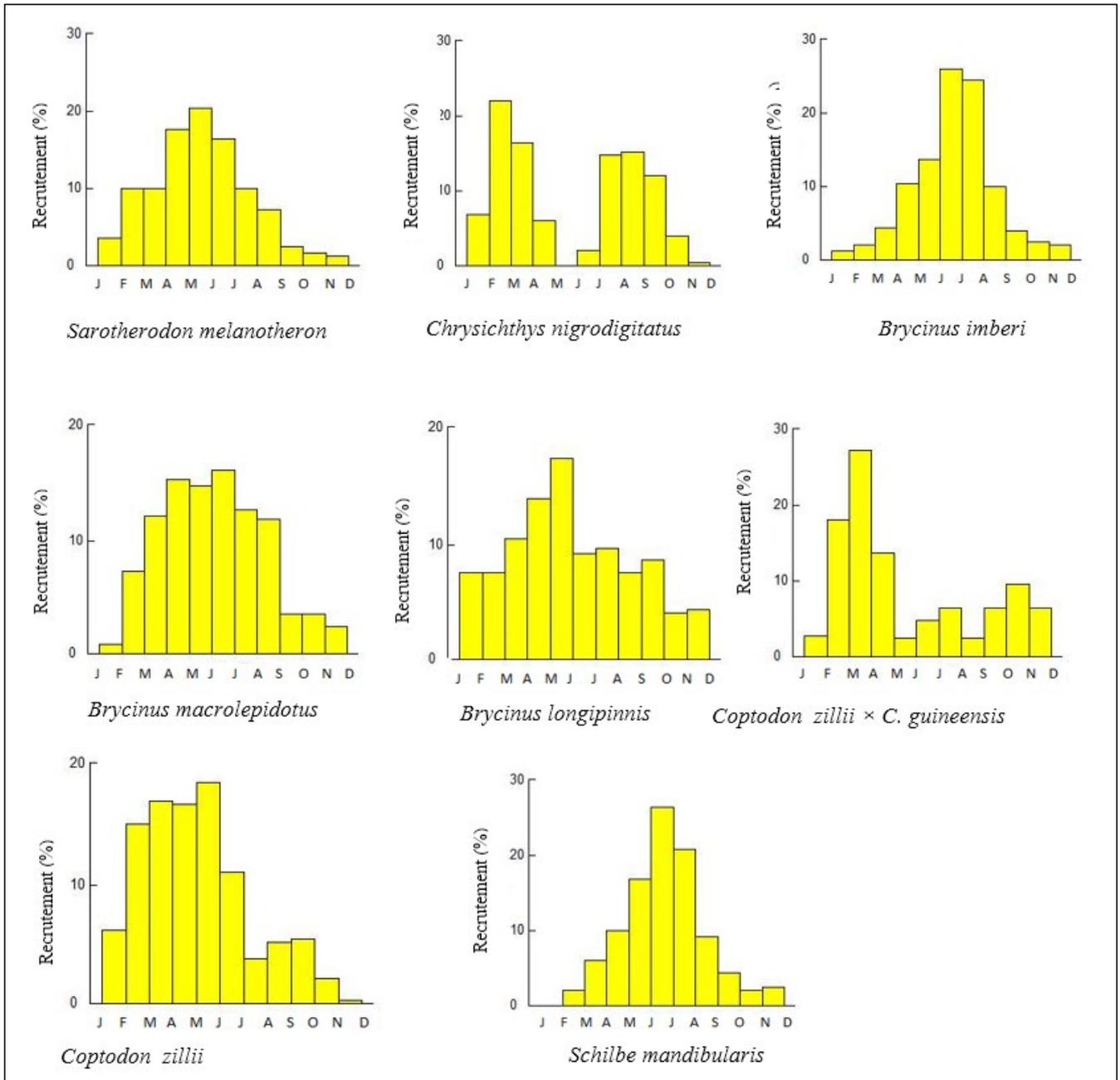


Figure 5 : Histogrammes de recrutement des jeunes poissons dans la population exploitable.

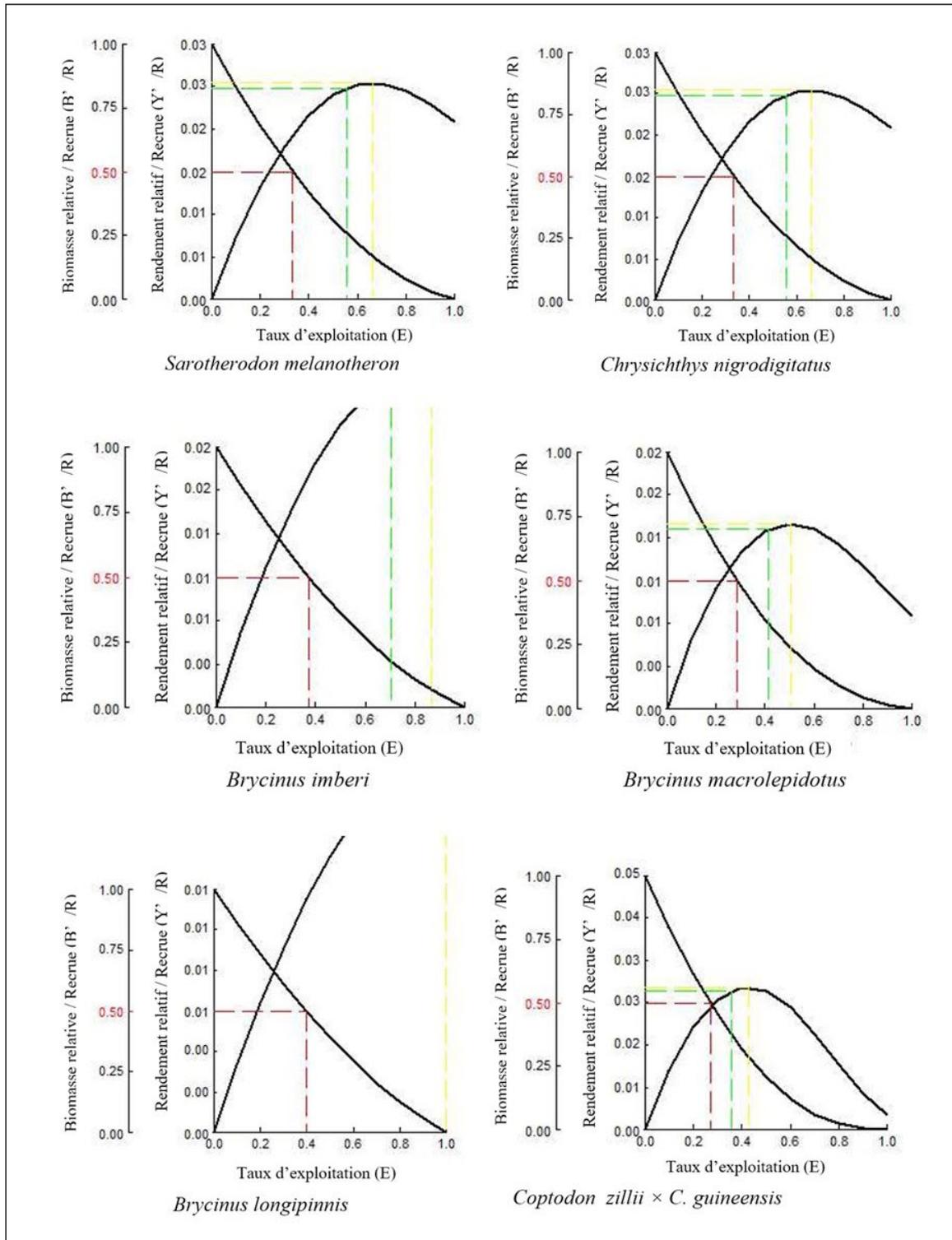


Figure 6 : Courbes de rendement et de biomasse relatifs par recrue.

Discussion

La longueur asymptotique est la plus grande longueur théorique que les individus d'une espèce peuvent atteindre dans son habitat selon les facteurs qui influencent leur milieu, tandis que K est la vitesse à laquelle les poissons croissent pour atteindre cette longueur finale. Dans cette étude, il a été montré que les longueurs asymptotiques de *S. melanotheron* (33,26 cm), *B. macrolepidotus* (37,58 cm) et *C. nigrodigitatus* (53,26 cm) calculées sont supérieures à celles mentionnées par Tah (2012) dans le même lac (respectivement 31 cm, 32 cm et 46 cm). Tandis que pour *B. imberi* (15,58 cm) et *S. mandibularis* (24,53 cm), les valeurs observées sont inférieures à celles rapportées par Tah (2012) (respectivement 19,4 cm et 33,9 cm). Dans cette étude, les faibles valeurs de longueur asymptotique observées par rapport à celles de Tah (2012) seraient en rapport avec la pression de pêche que subissent ces espèces actuellement.

Les taux de croissance obtenus chez les espèces étudiées sont compris entre 0,28 et 1,3 an⁻¹, avec la plus petite valeur observée chez *B. macrolepidotus* et la plus grande chez *C. zillii* × *C. guineensis*. Ces valeurs de croissance enregistrées pour *B. macrolepidotus* (0,28 an⁻¹), *B. longipinnis* (0,52 an⁻¹), *C. nigrodigitatus* (0,46 an⁻¹), *S. melanotheron* (0,56 an⁻¹), *S. mandibularis* (0,88 an⁻¹) et *C. zillii* (0,49 an⁻¹) sont inférieures à 1 ($K < 1$). Ceci indique que ces espèces sont des espèces à durée de vie longue (Ikongbeh *et al.*, 2015). En outre, les valeurs du taux de croissance obtenues pour ces espèces sont majoritairement supérieures à celles qui ont été obtenues par Tah (2012) sur le même lac. Par ailleurs, elles sont comparables à celles obtenues dans certains cours d'eau africains. Ainsi, pour *S. melanotheron* et *C. nigrodigitatus*, le taux de croissance est respectivement de 0,95 an⁻¹ et 0,24 an⁻¹ dans le lac Nokoué au Bénin (Niyonkuru *et al.*, 2003). Pour *B. imberi* et *B. macrolepidotus*, les valeurs sont respectivement de 1,40 an⁻¹ dans le lac Kariba au Zimbabwe (Kolding *et al.*, 1992) et de 0,22 an⁻¹ dans la nouvelle rivière Calabar au Nigeria (Olapade *et al.*, 2019). Pour *C. zillii* la valeur est de 0,20 an⁻¹ au lac Sourou au Burkina Faso (Baijot et Moreau, 1997). Les valeurs élevées des facteurs de croissance (K) du lac d'Ayamé 1 obtenues par rapport à ceux de certains de ces plans d'eau traduirait que la vitesse de croissance des espèces dans ce lac est moins rapide que pour ces derniers (Bedia *et al.*, 2017). De façon générale, les variations observées du taux de croissance d'un

plan d'eau à un autre pourraient être dues aux facteurs qui sont propre à ces écosystèmes et aux phénomènes biologiques tels que la maturation, le comportement alimentaire et la compétition pour l'accès à la nourriture (Al-Nadhi *et al.*, 2009). Or dans cette étude, elle est probablement due à la pression de pêche essentiellement.

Dans cette étude, les indices de performance de croissance déterminés sont compris entre 1,94 et 3,115 avec la plus petite valeur observée chez *B. longipinnis* et la plus grande valeur chez *C. nigrodigitatus*. Ces indices sont presque similaires à ceux qui ont été déterminés par Tah (2012). Ces valeurs sont également proches de l'intervalle de performance de croissance (2,65 et 3,32) recommandé par Baijot et Moreau (1997). Pour ces auteurs, de telles valeurs d'indices de performance de croissance sont attribuées à des stocks de poissons tropicaux à croissance lente.

Par ailleurs, les valeurs de la mortalité naturelle (M) varient de 0,75 an⁻¹ (*B. macrolepidotus*) à 2,35 an⁻¹ (*B. imberi*). Cette mortalité naturelle (M) est supérieure à la mortalité par pêche (F) pour *B. imberi*, *B. longipinnis*, *C. nigrodigitatus*, *S. mandibularis* et *S. melanotheron*. Ces résultats indiquent que ces stocks exploités sont davantage affectés par la prédation naturelle, le cannibalisme, les maladies, le vieillissement et le manque de nourriture que par la pêche. En effet, cette mortalité serait liée d'une part, à l'habitat de ces espèces qui rend la vie hostile aux juvéniles et d'autre part, à la qualité de l'eau suite à l'entrée des effluents provenant des activités anthropiques autour du lac, en occurrence les plantations et les activités clandestines d'extraction d'or dans la zone.

En outre, les valeurs des ratios M/K supérieures à 2 pour ces espèces citées précédemment confirment la prédominance de la prédation naturelle. Par contre, pour *B. macrolepidotus*, *C. zillii* × *C. guineensis* et *C. zillii*, la mortalité par pêche prédomine sur la mortalité naturelle avec les valeurs respectives 1,48 an⁻¹, 3,47 an⁻¹ et 1,42 an⁻¹. Cette prédominance de la mortalité par pêche sur la mortalité naturelle pourrait être liée à la surpêche qui est une conséquence directe du manque de réglementation rationnelle concernant les engins de pêche utilisés dans ce lac.

En revanche, les résultats du rendement par recrue du modèle de Beverton et Holt (Barrios, 2017) pour les différentes populations étudiées,

permet d'indiquer que les espèces *S. mandibularis*, *C. nigrodigitatus* et *S. melanotheron* sont fortement exploitées, leur taux d'exploitation étant supérieur à la valeur du taux où 50 % de la biomasse est exploitée ($E_{0,5}$). Par contre, pour *B. macrolepidotus* ($E = 0,66$), *C. zillii* × *C. guineensis* ($E = 0,62$) et *C. zillii* ($E = 0,56$) le taux d'exploitation est supérieur au seuil critique E_{max} , ce qui indique un état de surexploitation pour ces dernières. Selon Francis *et al.* (2007), le niveau maximum d'exploitation d'une ressource est atteint lorsque le taux d'exploitation est supérieur ou égal à 0,5 ou lorsque la mortalité par pêche (F) est égale ou supérieure à la mortalité naturelle (M). En effet, les causes du niveau d'exploitation de ces espèces seraient liées à l'intérêt qu'elles représentent pour la pêche dans cette zone d'une part, et d'autre part, à la non-règlementation des engins de pêche.

Aussi, en tenant compte du ratio Z/K, nous pouvons affirmer que ces stocks sont en intense exploitation car ce rapport étant supérieur à 2

chez chacune de ces espèces étudiées (Lederoun *et al.*, 2015). Pour ces auteurs, si Z/K est inférieur à 1, cela traduit la prédominance de la croissance sur la mortalité dans une population de poissons. Lorsque, Z/K égale à 1, la population est en équilibre, et si Z/K égale à 2, la mortalité prédomine sur la croissance, alors, la population de poissons est légèrement exploitée.

En se référant aux graphes de recrutement, nous constatons que la majorité de ces espèces présente leur pic de recrutement majeur le plus souvent pendant la grande saison des pluies, période favorable pour la croissance des juvéniles. Ce constat a été fait sur le même lac par Tah (2012).

Les tailles de première capture observées dans cette étude pour les espèces étudiées sont pour la plupart inférieures à 10 cm. Selon Cissé *et al.* (2019) ces catégories de taille dans les captures seraient attribuées aux juvéniles et susciteraient donc une menace pour la conservation de ces espèces sur le lac d'Ayamé 1.

Conclusion

Au terme de cette étude, les résultats montrent que près de la moitié des espèces étudiées (*Brycinus macrolepidotus*, *Coptodon zillii* et *Coptodon zillii* × *C. guineensis*) sont en état de surexploitation avec leur coefficient de mortalité par pêche supérieur à celui de la mortalité naturelle et leur taux exploitation supérieur au taux d'exploitation du rendement par recrue maximale. Les longueurs asymptotiques des espèces étudiées bien qu'étant importantes, leurs coefficients de croissance montrent qu'elles se situent dans la gamme de celles à croissance lente. Le recrutement des

jeunes poissons est continu pour certains et discontinu pour d'autres et il est plus important pendant les saisons de pluie. Vu les tailles de première capture très faibles, il serait donc important que des mesures de gestion rigoureuse soit prises pour éviter l'effondrement du stock de ces espèces dans le lac, celles-ci passent par l'interdiction de certains engins de pêche tels que les sennes, la règlementation du maillage des filets et la fermeture temporaire de la pêche à une période de l'année par l'État.

Références Bibliographiques

Al-Nahdi AA, Al-Marzouqi E, Al-Rasadi Groeneveld JC. 2009. The size composition, reproductive biology, age and growth of largehead cutlassfish *Trichiurus lepturus* Linnaeus from the Arabian Sea coast of Oman. *Indian Journal of Fisheries*, 56(2) : 73-79.

Baijot E, Moreau J. 1997. Biology and demographic status of the main fish species in the reservoirs of Burkina Faso. In: Baijot E, Moreau J, Bouda S

(Eds.). Hydrological aspects of fisheries in small reservoirs in Sahel region. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation. Commission of the European Communities, Wageningen, Netherlands, 79 -109.

Barrios RAJ. 2017. Influence des variations des facteurs environnementaux sur la croissance de poissons de l'atlantique. Thèse de l'Université Agrocampus Rennes, France, 230p.

- Bédia AT, Etilé RN, Blahoua GK, N'douba V. 2017.** Diversité, Structure du Peuplement Ichtyologique et Production d'une Lagune Tropicale ouest africaine : Lagune Potou (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19(2) : 449-462.
- Beverton RJH, Holt SJ. 1966.** Manuel of methods for fish stock assessment. Part 2. Tables of yield functions. FAO Fisheries Technical Papers, 67p.
- Chikou A, Lalèyè P, Philippart JC, Vandewalle P. 2007.** Quelques aspects de la biologie de reproduction chez *Clarias ebriensis* Pellegrin (Siluriformes, Clariidae) dans le delta de l'Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cybium*, 31(2) : 207-215.
- Cissé M, Kamelan TM, Kien KB, Kouamelan EP, 2019.** Fish assemblage composition and fishery production in the man-made lake, West Africa. *Journal of Fisheries and Life Sciences*, 4(1) : 9-14.
- Da Costa KS, Dietoa YM. 2007.** Typologie de la pêche sur le lac Faé (Côte d'Ivoire) et implications pour une gestion rationnelle des ressources halieutiques. *Bulletin Français pour la Pêche et la Pisciculture*, 384 : 1-14.
- De Graaf G, Garibaldi L. 2014.** La valeur des pêches africaines. FAO, Circulaire sur les pêches et l'aquaculture, 77p.
- Francis A, Sikoki FD, Ansa EJ, 2007.-** Exploitation of Fishes from the Andoni River System, Niger Delta, Nigeria and Conservation Strategies. *Journal of Fisheries International*, 2(1) : 17-21.
- Fröese R. 2004.** Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*, 5: 86-91.
- Gayanilo FCJr, Sparre P, Pauly D. 1996.** The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide. FAO, Computerized Information Series (Fisheries), 128p.
- Gourène G, Teugels GG, Hugueny B, Thys Van Audernaerde DFE. 1999.-** Évaluation de la diversité ichtyologique d'un bassin ouest africain après la construction d'un barrage. *Cybium*, 23(2) : 147-160.
- Gourène G, Teugels GG, Thys Van Audernaerde DFE. 1995.** Manuel d'identification des poissons du lac d'Ayamé (Rivière Bia, Côte d'Ivoire). Archives Scientifiques du Centre de Recherches Océanologiques, 41p.
- Gulland JA. 1971.** The fish resources of the oceans. West by fleet survey. Fishing News Books, Ltd., Surrey, England, 225p.
- Ikongbeh OA, Ogbe FG, Solomon SG, Ataguba GA. 2015.** Age, growth and mortality of *Chrysiichthys nigroditatus* (Lacepede, 1803) from Lake Akata Benue state, Nigeria. *Asian Journal of conservation Biology*, 4(1) : 81-88.
- Kolding J, Tirasin EM, Karengé L. 1992.** Growth, mortality, maturity and length-weight parameters of fishes in Lake Kariba, Africa. *Naga : International Center for Living Aquatic Resources Management Quarterly*, 15(4) : 39-41.
- Kouamé KP, Touré MS. 2012.** *Rapport Ayamé - Conflits halieutiques*. Abidjan Côte d'Ivoire, 44p.
- Laë R, Lek S, Moreau J. 1999.** Predicting fish yield of African lakes using neural networks. *Ecological Modelling*, 120 : 325-335.
- Lederoun D, Chikou A, Vreven E, Snoeks J, Moreau J, Vandewalle P, Laèyè P. 2015.** Population parameters and exploitation rate *Sarotherodon melanotheron melanotheron* Rüppell, 1852 (Cichlidae) in Lake Toho, Benin. *Journal of Biodiversity and Environment Sciences*, 6(2) : 259 - 271.
- Niyonkuru C, Lalèyè P, Villanueva MC, Moreau J. 2003.** Population parameters of main fish species of Lake Nokoué in Benin. Abstract. Third International Conference of the Pan African Fish and Fisheries Association, Cotonou, Benin (10-14 November 2003).
- Olopade OA, Dienne HE, C Nworgu U. 2019.** Estimation of growth, mortality, and exploitation status of Nurse tetra (*Brycinus nurse*) and true big scale tetra (*Brycinus macrolepidotus*) (Family : Alestidae) from the New Calabar river, Nigeria. *Indonesian Fisheries Research Journal*, (25) : 113-122.
- Ouattara NI. 2004.** Étude du potentiel aquacole d'une population du Tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) isolée dans le lac de Barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de l'Université de Liège, Belgique, 288p.
- Pauly D. 1980.** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 39 : 175-192.
- 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.

Pauly D, Munro JL. 1984. Once more on the comparison of growth in fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 2 : 21-22.

Savané I, Konaré A. 2010. Climat. *In*: Konaté S, Kampmann D (Eds.). Biodiversity Atlas of West Africa, Volume III. Abidjan & Frankfurt/Main: 124-125.

Tah L. 2012. Exploitation du lac d'Ayamé I (Côte d'Ivoire) après le départ des pêcheurs «bozo» en 1998 et impact sur les structures démographiques des populations ichthyologiques. Thèse de l'université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 218p.

Vanga AF. 1994. La pêche au lac d'Ayamé. Mémoire de DEA de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 50p.

Caractérisation structurale des îlots forestiers de la partie anthropisée de Cirere, à l'Est de la République Démocratique du Congo

Structural characterization of the forest blocks in anthropized areas of Cirere, Eastern Democratic Republic of Congo

Nangalire NO • Iragi CL • Cirhuza CS • Mushagalusa MM • Ntamwira NS

Received: 05 August 2020 / Accepted: 17 March 2021 / Published online: 30 June 2021

© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé Une caractérisation structurale des îlots forestiers a été entreprise au sud-ouest de la forêt de Burhinyi, groupement de Cirere, à l'est de la République Démocratique du Congo. L'objectif de l'étude est d'améliorer les connaissances sur la diversité spécifique et les caractéristiques structurales des îlots des écosystèmes de montagnes. Onze placeaux, d'un hectare chacun, ont été délimités dans les îlots forestiers. L'inventaire floristique et les mesures dendrométriques des espèces dont les individus ont un Dbh \geq 10 cm, ont été effectués dans 25 placettes de 20 m de côté, fragmentées dans chaque placeau. Cette méthode nous a permis de recenser 1496 individus répartis au sein de 31 espèces ayant une similitude de 30 % suivant l'indice de Jaccard. Cinq de ces espèces ont des abondances spécifiques importantes, à savoir : *Symphonia globulifera*, *Macaranga kilimandscharica*, *Ficalhoa laurifolia*, *Syzygium guineense* et *Nuxia floribunda*. Ces espèces sont des indicatrices écologiques de la végétation du site étudié. La flore recensée est dominée par les familles des Clusiaceae, Euphorbiaceae, Theaceae, Myrtaceae et Stilbaceae. Toutefois, ces familles sont pauvres en espèces. La distribution des structures diamétriques est soit en allure de J inversé, soit à structure erratique du fait de l'anthropisation des îlots étudiés. Les espèces inventoriées manifestant un potentiel important de recrutement sont distribuées dans les deux premières classes de diamètre de 10-20 cm et de 20-30 cm. Celles-ci montrent une abondance spécifique plus élevée des cinq espèces auxquelles s'ajoute l'espèce *Rapanea melanophloeos*.

Mots clés : Îlots forestiers, Richesse floristique, Diversité végétale, Structure diamétrique, Cirere.

Abstract A study of the structural characterization of forest blocks was conducted in the southwestern part of the Burhinyi forest, Cirere groupement, eastern Congo Democratic Republic. The aim of this study is to improve knowledge of the species diversity and structural characteristics of blocks in mountain forest ecosystems. Eleven plots, of one ha each, were demarcated within the forest block. The floristic inventory and dendrometric measurements for individual species at Dbh \geq 10 cm were carried out in 25 plots with 20 m sides fragmented in each plot. Using this method, we counted 1496 individuals distributed among 31 species with a 30% similarity following Jaccard index. Five of these species have significant specific abundances, including *Symphonia globulifera*, *Macaranga kilimandscharica*, *Ficalhoa laurifolia*, *Syzygium guineense* and *Nuxia floribunda*, which are ecological indicators of the vegetation of the studied site. The flora recorded is dominated by the families of Clusiaceae, Euphorbiaceae, Theaceae, Myrtaceae and Stilbaceae. However, these families were species-poor. The distribution of diametric structures is either in an inverted J shape or erratic due to the anthropization of the forest blocks studied. The inventoried species showing a high recruitment potential are distributed in the first two diameter classes of 10-20 cm and 20-30 cm. These show a higher specific abundance of five species to which was added *Rapanea melanophloeos*.

Key words : Forest block, Floristic richness, Plant diversity, Diametric structure, Cirere.

Nangalire NO • Cirhuza CS

Laboratoire d'Écologie végétale,
Département de Biologie, Centre de
Recherche en Sciences Naturelles
(CRSN) /Lwiro, RD Congo.

Mushagalusa MM

Division provinciale de l'Environnement,
Province du Sud-Kivu, RD Congo.

Iragi CL • Ntamwira NS

Département de Biologie, Faculté
des Sciences, Université Officielle de
Bukavu, RD Congo.

Nangalire NO (✉)

Laboratoire d'Écologie végétale,
Département de Biologie, Centre de
Recherche en Sciences Naturelles
(CRSN) /Lwiro, RD Congo.

nagalirenkafu@gmail.com

Introduction

L'écosystème forestier est une niche écologique nécessitant d'être étudiée pour sa faune et sa flore (Lamotte, 1979). La distribution de sa biodiversité est fonction de plusieurs paramètres relatifs à la stabilité ou à la perturbation de leur habitat et à la croissance ou à la mortalité des individus. Conséquemment, les forêts subissent une réduction en nombre d'individus, de la surface terrière occupée par les arbres et de la biomasse ligneuse des plantes (Katembo *et al.*, 2018). Particulièrement, les processus conduisant à la perturbation et à la fragmentation des habitats et qui influencent la régénération du peuplement forestier conduisent aussi à une répartition irrégulière de la structure diamétrique des individus (Delvaux, 1981 ; Barot *et al.*, 1999 ; McCarthy, 2001).

Malgré la préoccupation internationale croissante et les engagements pour la conservation de la diversité biologique des forêts tropicales (Kambale *et al.*, 2016a;b) et particulièrement celles de l'Afrique centrale, les habitats forestiers sont les plus menacés par la surexploitation de ses ressources par l'homme (Giraud, 2005 ; Pramova *et al.*, 2012). C'est ainsi que cette déforestation due à l'agriculture sur brûlis, l'exploitation minière, les feux de brousse, le surpâturage et la carbonisation sont à l'origine de la diminution alarmante du couvert forestier dans les milieux tropicaux. Ces facteurs variables responsables de cette déforestation transforment le couvert végétal en îlots forestiers parsemés sur des étendues anthropisées. Ces îlots reliques sont sujets d'une multitude d'enjeux et de conflits (Temgoua, 2007) liés à leur gestion durable. Selon Silver *et al.* (2000), leur disparition complète impacte le cycle global, parce qu'il en résulte une augmentation du taux de dioxyde de carbone (CO₂) émis dans l'atmosphère.

Les forêts du Bassin du Congo couvrant 222 millions d'hectares, soit 5,5 % de la surface totale des forêts du monde (FAO, 2005) perdent 1,5 millions d'hectares chaque année (COMIFAC, 2005) avec un taux moyen annuel évalué à 0,26% en 2007 (Mayaux *et al.*, 2007). Ces proportions de déperdition forestière n'épargnent en aucun cas le couvert montagneux à l'est de la RD Congo surexploité principalement par le pâturage et les cultures sur brûlis accompagnés régulièrement par des feux de brousse. Ces pratiques anthropiques de subsistance, auxquelles s'ajoute l'exploitation minière, détruisent les formations forestières surplombant les versants de montagne en laissant des îlots forestiers qui restent à la portée des communautés locales pour les besoins immédiats de construction et de bois de chauffe. C'est le cas de la partie de haute altitude de la chefferie de Burhinyi, plus particulièrement à Cirere, à l'est de la RD Congo, où s'effectue cette étude. Les effets de l'anthropisation sur cette forêt de montagne sont bien perçus au regard d'îlots forestiers parsemés au sud-ouest de Cirere et, dont les espèces reliques subsistent encore malgré les pressions anciennes et actuelles (Vande Weghe, 2004). Une connaissance de la composition floristique et des caractéristiques structurales de ces îlots s'avère indispensable afin d'y élucider la diversité végétale et d'inventorier les espèces qualitativement et quantitativement en analysant les paramètres structuraux, la diversité spécifique et la structure diamétrale de chaque îlot, et en déterminant la similarité entre les placeaux enfin d'évaluer le niveau de stabilité de croissance des espèces de ces îlots forestiers tout en focalisant l'interprétation sur la structure diamétrique des individus à Dbh ≥ 10 cm au regard de la sensibilisation menée par les autorités coutumières depuis 2008.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

L'étude a été effectuée dans la partie sud-ouest de la forêt de la Chefferie de Burhinyi. Elle a une superficie de 132 km² (Nangalire *et al.*, 2017). Elle est située dans le massif d'Itombwe en territoire de Mwenga, précisément en province du Sud-Kivu à l'est de la RD Congo. Son altitude est comprise entre 1000 et 3500 mètres d'altitude (Figure 1).

Cette région est sous l'influence d'un climat de type tropical humide tempéré caractérisé par deux saisons : la saison pluvieuse d'octobre à mai et la saison sèche de juin à septembre. Les précipitations moyennes annuelles sont de 1500 mm et la température moyenne est de 25°C (Wilson et Catsis, 1990). Le sol est d'origine diverse : volcanique, granitique ou sédimentaire (Prigogine, 1971).

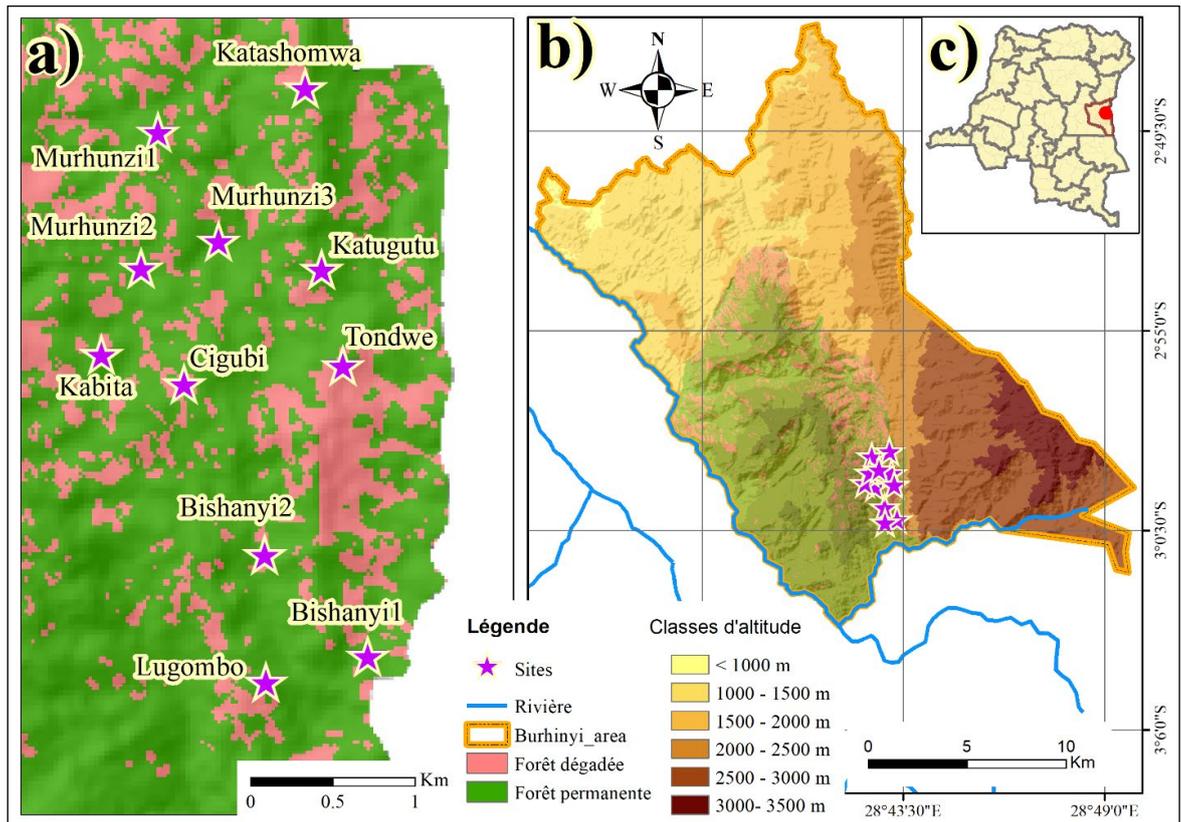


Figure 1. Stations de prélèvement et îlots forestiers dans la partie anthropisée de Cigubi. a) Sites d'échantillonnage, b) Localisation de la forêt de Burhinyi dans la chefferie de Burhinyi, c) Situation géographique de la chefferie dans la Province du Sud Kivu à l'Est de la RD Congo.

Description des îlots d'étude

Parmi les causes majeures responsables de la destruction forestière de Cirere figurent l'exploitation de la cassitérite et de l'or, l'agriculture sur brûlis et les feux de brousse durant la période des guerres à répétition en 1996 (Figure 2).

Certains îlots sont localisés au voisinage des sites d'extraction des minerais (Kabita et Cigubi) et des lieux d'habitation (Figure 2.1). D'autres îlots (Katugutu et Tondwe) surplombent les versants de collines à la périphérie des sols érodés par des eaux de ruissellement issues de précipitations et celles de lévigation déviée par les exploitants miniers dans les îlots précédents (Figure 2.2). Les îlots de Katashomwa et de Murhunzi 1, 2 et 3 sont, quant à eux, localisés dans une zone d'altitude à intense activité culturelle sur brûlis pour des cultures vivrières (haricot, maïs et pomme de terre) (Figure 2.3). Les îlots Lugombo, Bishanyi 1 et 2 sont situés dans le bas fond des collines jaugés des sols érodés sur les versants (Figure 2.5).

Mise en place du plateau et prélèvement des données

Cette étape a consisté au choix des îlots forestiers dans lesquels ont été délimités onze plateaux d'une superficie d'un hectare chacun, à raison d'un plateau par îlot forestier. La méthode de fragmentation du plateau en petites parcelles a été choisie pour effectuer un inventaire plus concis et précis des espèces. Ainsi, 25 placettes de 20 m de côté (soit 400 m²) ont été délimitées dans chaque plateau. Le comptage des individus par espèce et les mesures dendrométriques des individus à Dbh \geq 10 cm ont été effectués par placette. L'identification des espèces a été faite à l'aide des ouvrages de Troupin et Girardin (1975), Hawthorne et Gyakary (2006), Fischer *et al.* (2008) et Vande Weghe *et al.* (2016) en se référant également à la classification de l'Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV (2016), puis confirmée à l'Herbier du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN-Lwiro)

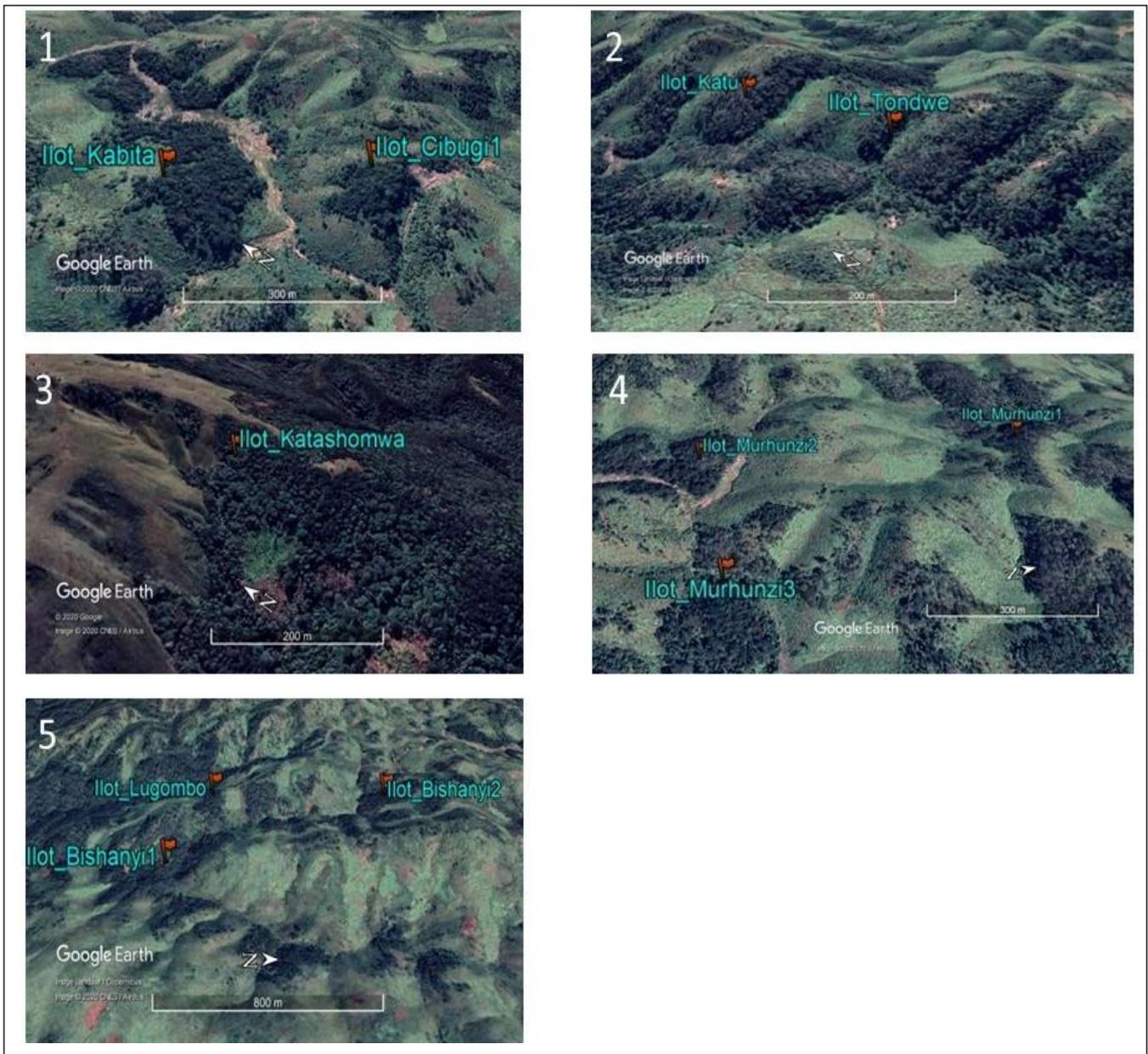


Figure 2 : Ilôts forestiers visités. 1 : Cigubi et Kabita, 2 : Katugutu et Tondwe, 3 : Katashomwa, 4 : Murhunzi 1-2-3, 5 : Bishanyi 1-2 et Lugombo (Sources : Google Earth, 2019).

Analyses des données

Surface terrière relative

Cet indice est utilisé pour évaluer la dominance de chaque espèce dans chaque placeau au niveau du tapis forestier et pour déterminer, par rapport à la dégradation, les espèces qui occupent encore une surface considérable dans cette forêt. Il reflète le degré de compétition au sein du peuplement forestier et constitue une mesure indirecte des conditions d'éclairement au sol ; c'est un paramètre important dans la caractérisation d'un biotope (Triplet, 2017). Cet indice renseigne sur la dominance relative de chaque espèce dans un

peuplement d'un biotope donné (Konan *et al.*, 2015). Il est exprimé en m^2/ha et a été calculé suivant l'équation 1 :

$$ST_{rel} = \sum_{i=1}^n \frac{\pi D_i^2}{4} \quad (\text{Équation 1})$$

avec D_i : diamètre de l'arbre i à 1,30 m du sol ; n : nombre total d'individus de l'espèce. (ST_{total}) est la somme des surfaces terrières de tous les individus (Tableau 2). La distribution des individus par espèce et par placeau a été testée par ANOVA au seuil de 0,05.

Densité relative

La densité relative (D_r) est la proportion relative au nombre d'individus d'une espèce donnée par unité de surface par rapport au nombre total d'individus de toutes les espèces confondues (Triplet, 2017). On le calcule pour voir si les espèces réagissent encore entre elles pour former une nouvelle communauté après dégradation. Il est retenu comme un indice simple de la compétition moyenne dans une végétation (Favrichon *et al.*, 1998). Il s'exprime en pourcentage et a été calculé suivant l'équation 2 :

$$D_r = \frac{\text{nombre d'individus de l'espèce} \times 100}{\text{nombre total d'individus de toutes les espèces}}$$

(Équation 2)

Dominance relative

La dominance relative (D_o) est le rapport de la surface terrière de chaque espèce par la surface totale dans un échantillonnage, tout en tenant compte de la taille des individus et en permettant de mettre en évidence les espèces qui occupent le plus d'espace dans la végétation (Konan *et al.*, 2015). Elle est calculée pour voir comment les espèces sont réparties dans ces îlots par rapport à la surface qu'elles occupent malgré la dégradation. Elle a été calculée suivant l'équation 3 :

$$D_o = \frac{\text{surface terrière de l'espèce} \times 100}{\text{somme des surfaces terrières de toutes les espèces}}$$

(Équation 3)

Fréquence relative

La fréquence relative (F_r) est le pourcentage du nombre de prélèvements où l'espèce est trouvée par rapport au nombre total de prélèvements (Triplet, 2017). Elle est calculée pour estimer le nombre d'apparitions des espèces dans chaque placeau. Elle a été calculée suivant la formule ci-après :

$$F_r = \frac{\text{fréquence d'une espèce} \times 100}{\text{somme des fréquences de toutes les espèces}}$$

(Équation 4)

Indice de valeur d'importance

L'indice de valeur d'importance (IVI) ramené à une proportion tri centésimale par rapport aux paramètres à calculer, exprime l'importance écologique des espèces ayant une imposition dans le fonctionnement d'une végétation (Pélissier, 1995 ; Doucet, 2003). Il est calculé par la formule ci-après :

$$IVIr = D_r + D_o + F_r \quad (\text{Équation 5})$$

Avec cet indice nous voulons voir si les espèces à valeur écologique importante à $IVI \geq 10\%$ sont les mieux appréciées dans cette étude.

Indices de diversité

• Indice de Shannon-Weaver (H')

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (\text{Équation 6})$$

où P_i est l'abondance relative de l'espèce i ($P_i = n_i/N$), n_i = nombre d'individus par espèce; N = nombre total d'individus par unité d'échantillonnage.

H' varie toujours de 0 à $\ln S$ (Marcon, 2015) et il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et l'abondance plus équitablement répartie (Triplet, 2017). Cet indice nous permet de déterminer la diversité en espèces entre les sites.

• Indice d'équitabilité de Pielou (E)

D'après Marcon (2015), cet indice se traduit mathématiquement par :

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} \quad (\text{Équation 7})$$

avec H' , l'indice de Shannon-Weaver et $H_{\max} = \ln S$ (avec S = nombre total d'espèces). D'après Triplet (2017), H varie entre 0 et 1 et cet indice tend vers 0 lorsque la majorité des effectifs correspond à une seule espèce et vers 1 quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement. Tout en complétant la notion de diversité, cet indice nous renseigne sur la manière dont les individus sont répartis au sein de différentes espèces inventoriées et entre les placeaux étudiés.

• Similarité entre les placeaux

Pour cette étude, nous avons utilisé l'indice de Jaccard pour une comparaison des sites en déterminant les placeaux avec plus de ressemblance par la présence ou l'absence des espèces (Triplet, 2017).

Il a pour formule :

$$I = \frac{N_c}{N_1 + N_2 - N_c} \quad (\text{Équation 8})$$

N_c : nombre de taxons commun aux stations 1 et 2
 N_1 et N_2 : nombre de taxons présents respectivement aux stations 1 et 2

Par cette approche, la similarité inter habitat pourra conduire à conclure sur des considérations environnementales de survie et de croissance des espèces dans les différents placeaux. Ce coefficient a été établi par le logiciel PAST2 (www.filecluster.fr/telecharger/PAST-123690).

Résultats

Composition floristique, abondance en individus et richesse spécifique

Dans les placeaux étudiés, 1496 individus à Dbh \geq 10 cm ont été recensés appartenant à 31 espèces réparties au sein de 28 genres, distribués en 22 familles (Tableau 1). *Symphonia globulifera* est l'espèce la plus abondante (avec 386 individus soit 25,8%) suivie de *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica* (212 individus soit 14,8 %), *Ficalhoa laurifolia* (140 individus soit 11,0 %), *Syzygium guinense* (116 individus soit 7,8 %) et *Nuxia floribunda* (114 soit 7,6%). L'abondance spécifique par placeau est plus élevée à Cigubi (286 individus), suivi de Tondwe (224 individus) et de Kabita (216 individus). Trois espèces, *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica*, *Syzygium guinense* et *Xymalos monospora*, montrent une fréquence élevée (tous 7,1

%). Cinq familles sont les plus abondantes ; à savoir les Clusiaceae (avec 386 individus soit 25,9 % ; pour deux espèces), les Euphorbiaceae (221 individus soit 14,8 % ; pour quatre espèces), les Theaceae (165 individus soit 11,1 % ; pour une espèce), les Myrtaceae (140 individus soit 9,36 % ; pour deux espèces) et les Stilbaceae (114 individus soit 7,62 % ; pour une espèce).

Le tableau 1 indique que les familles ont une faible diversité. Toutefois, les familles des Euphorbiaceae et des Rubiaceae ont plus d'espèces que les autres familles.

Par ailleurs, la richesse spécifique par placeau est plus appréciable à Tondwe et Katugutu (avec 18 espèces chacun) suivi de Kabita (17 espèces), de Cigubi (16 espèces) et Murhunzi 3 (16 espèces), tableau 1.

Tableau 1 : Liste des espèces ligneuses à Dbh \geq 10 cm inventoriées dans 11 placeaux de Cirere

Les lettres de A à K représentent les sites de collecte de données. A : Cigubi ; B : Katashomwa ; C : Murhunzi 1 ; D : Murhunzi 2 ; E : Tondwe ; F : Kabita ; G : Lugombo ; H : Bishanyi 1 ; I : Bishanyi 2 ; J : Katugutu ; K : Murhunzi 3 ; Sp : Espèce ; RS : Richesse spécifique ; AS : Abondance spécifique.

Sp/RS/AS	Familles	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Total
<i>Agarista salicifolia</i> (Lam.) G.Don.	Ericaceae	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
<i>Allophylus kivuensis</i> P.Beauv.	Sapindaceae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Beilschmedia variabilis</i> Robyns & R.Wilczek.	Lauraceae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Cassipourea ruwenzorensis</i> (Engl) Alston.	Rhizophoraceae	0	0	0	5	0	4	0	0	2	2	0	13
<i>Cornus volkensis</i> Harms.	Cornaceae	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	5
<i>Diospyros polystemon</i> Gurke.	Ebenaceae	3	0	0	0	4	1	0	10	0	0	1	19
<i>Eckebergia capensis</i> Sparm.	Meliaceae	0	0	0	0	0	0	5	0	3	7	0	15
<i>Faurea saligna</i> Harv.	Proteaceae	0	0	0	3	2	3	10	0	2	16	1	37
<i>Ficalhoa laurifolia</i> Hiern.	Theaceae	0	31	0	16	98	5	0	0	0	1	14	165
<i>Bersama abyssinica</i> Fresen	Melanthaceae	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Harungana afromontana</i> Spirlet.	Hypericaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Macaranga capensis</i> var. <i>kilimandscharica</i> (Pax) Friis & M.G Gilbert.	Euphorbiaceae	43	7	23	39	0	59	1	2	1	32	5	212
<i>Macaranga spinosa</i> Mull.Arg.	Euphorbiaceae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Maesa lanceolata</i> Forssk	Maesaceae	0	0	0	0	5	3	0	4	0	1	0	13
<i>Rapanea</i> sp	Myrsinaceae	2	0	0	1	0	1	0	0	0	7	0	11
<i>Neoboutonia macrocalyx</i> Pax.	Euphorbiaceae	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
<i>Nuxia floribunda</i> Benth.	Stilbaceae	1	0	0	28	8	2	19	0	12	34	10	114
<i>Ocotea usambarensis</i> (Engl.) Trofimov.	Lauraceae	20	0	0	1	1	6	0	2	0	3	3	36
<i>Podocarpus latifolius</i> (Thunb.) R. Br. ex Mirb.	Podocarpaceae	3	0	0	1	3	4	9	1	9	4	6	40
<i>Polyscias fulva</i> (Hiern) Harms.	Araliaceae	0	6	0	4	5	3	7	6	0	3	4	38
<i>Prunus africana</i> (Hook.f.) Kalkman.	Rosaceae	0	0	0	0	5	0	3	3	3	4	4	22
<i>Psychotria mahonii</i> C.H.Wright.	Rubiaceae	1	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	5
<i>Rapanea melanophloeus</i> (L.) Mez.	Myrsinaceae	1	0	0	2	69	1	0	0	0	0	3	76
<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst.) Pax.	Euphorbiaceae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Symphonia globulifera</i> L.F.	Clusiaceae	152	19	17	10	4	108	0	7	0	0	69	386
<i>Syzygium congolense</i> Vermeesen.	Myrtaceae	2	0	0	0	1	1	12	0	6	2	0	24
<i>Syzygium guinense</i> (Willd.) DC.	Myrtaceae	36	6	3	14	6	10	5	10	12	7	7	116
<i>Tricalysia cacondensis</i> Auct.	Rubiaceae	2	2	0	0	4	0	6	0	6	8	4	32
<i>Tricalysia kivuensis</i> Robbr.	Rubiaceae	0	1	0	1	1	1	2	0	5	1	2	14
<i>Turraenthus africanus</i> (Welw.ex.C.DC) Pellegr.	Meliaceae	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Xymalos monospora</i> (Harv.) Baill.	Monimiaceae	12	6	1	1	3	4	20	3	13	6	7	76
Abondance spécifique (AS) par placeau		286	80	46	131	224	216	100	59	74	139	141	1496
Richesse spécifique (RS) par placeau		16	9	5	16	18	17	13	13	12	18	16	

Analyse des paramètres structuraux

Les paramètres structuraux calculés pour les individus ayant un Dbh \geq 10 cm sont repris dans le tableau 2.

Globalement, il ressort de ce tableau que *Symphonia globulifera* occupe plus d'étendue forestière (ST=95,34 m²/ha) que les autres espèces. Elle est suivie de *Ficalhoa laurifolia* (ST=30,95 m²/ha), de *Ocotea usambarensis* (ST=22,31 m²/ha), de *Syzygium guinense* (ST=20,67 m²/ha) et de *Macaranga kilimandscharica* (ST=20,91 m²/ha). Ces trois premières espèces présentent des densités plus importantes dans cette partie d'altitude étudiée. Quoique ces îlots étudiés soient disséminés sur une partie de haute altitude anthropisée, les espèces *Xymalos monospora*, *Macaranga capensis*

var. *kilimandscharica* et *Syzygium guinense* ont la fréquence la plus élevée (Fr=7,1 %). L'espèce *Symphonia globulifera* (IVI=59,77%) est celle qui s'impose mieux écologiquement dans la stabilité et les mécanismes de fonctionnement de la végétation dans cette partie de la forêt de Burhinyi, suivie de *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica* (IVI=27,59%), *Ficalhoa laurifolia* (IVI=24,25%) et *Syzygium guinense* (IVI =21,1 %) (Tableau 2). Cinq familles présentent des abondances relatives importantes pour cette étude et, qui également sont des indicatrices de la valeur écologique pour ce couvert végétal de cette région anthropisée. Il s'agit des Clusiaceae (59,57%), des Euphorbiaceae (33,86%), des Myrtaceae (31,86%), des Theaceae (24,12%) et des Stilbaceae (16,57%).

Tableau 2 : Paramètres structuraux des espèces à Dbh \geq 10 cm inventoriées

NI= Nombre d'individus, DBH= Diameter on the Breast Height, ST= surface terrière, Fi = Fréquence d'espèce,

Dor = Dominance relative, Dr = Densité relative, Fr = Fréquence relative et IVI = Important Value Index

Espèces	NI	DBH en cm	ST m ² /ha	Fi	Dor	Dr	Fr	IVI
<i>Agarista salicifolia</i> (Lam.) G.Don	4	206,25	1,55	1	0,47	0,27	0,65	1,38
<i>Allophyllus kivuensis</i> P. Beauv.	3	116,56	0,39	1	0,12	0,2	0,65	0,96
<i>Beilschmedia variabilis</i> Robyns & R.Wilczek.	3	137,5	0,51	1	0,16	0,2	0,65	1
<i>Cassipourea ruwenzorensis</i> (Engl) Alston.	13	421,56	3,23	5	0,98	0,87	3,23	5,07
<i>Cornus volkensi</i> Harms.	5	142,19	1,66	2	0,5	0,33	1,29	2,13
<i>Diospyros polystemon</i> Gurke.	19	364,38	2,03	5	0,61	1,27	3,23	5,11
<i>Eckbergia capensis</i> Sparrm.	15	968,75	16	4	4,83	1	2,58	8,42
<i>Faurea saligna</i> Harv.	37	1339	14,13	7	4,27	2,47	4,52	11,26
<i>Ficalhoa laurifolia</i> Hiern.	165	5236,05	30,95	6	9,35	11,03	3,87	24,25
<i>Bersama abyssinica</i> Freen	4	82	0,36	1	0,11	0,27	0,65	1,02
<i>Harungana qfromontana</i> Spirlet.	1	30	0,18	1	0,05	0,07	0,65	0,77
<i>Macaranga capensis</i> var. <i>kilimandscharica</i> (Pax) Friis & M.G Gilbert.	212	4280,55	20,91	11	6,32	14,17	7,1	27,59
<i>Macaranga spinosa</i> Mull. Arg.	2	27	0,06	1	0,02	0,13	0,65	0,8
<i>Maesa lanceolata</i> Forssk	13	356,25	2,6	4	0,79	0,87	2,58	4,24
<i>Rapanea</i> sp	11	290,63	1,6	4	0,48	0,74	2,58	3,8
<i>Neoboutonia macrocalyx</i> Pax.	6	108,13	0,68	1	0,2	0,4	0,65	1,25
<i>Nuxia floribunda</i> Benth.	114	2339,5	13	8	3,93	7,62	5,16	16,71
<i>Ocotea usambarensis</i> (Engl.) Trofimov.	36	1470,69	22,31	7	6,74	2,41	4,52	13,66
<i>Podocarpus latifolius</i> (Thunb.) R. Br. ex Mirb.	40	1289,5	12,71	9	3,84	2,67	5,81	12,32
<i>Polyscias fulva</i> (Hiern) Harms.	38	1374,19	13,79	8	4,17	2,54	5,16	11,87
<i>Prunus africana</i> (Hook.f.) Kalkman.	22	1125	18,41	6	5,56	1,47	3,87	10,9
<i>Psychotria mahonii</i> C.H.Wright.	5	132,63	0,79	5	0,24	0,33	3,23	3,8
<i>Rapanea melanophloeus</i> (L.) Mez.	76	2181,94	11,65	5	3,52	5,08	3,23	11,83
<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst.) Pax.	1	10	0,03	1	0,01	0,07	0,65	0,72
<i>Symphonia globulifera</i> L.F.	386	11601,23	95,34	8	28,81	25,8	5,16	59,77
<i>Syzygium congolense</i> Vermeesen,	24	1099,38	17,94	6	5,42	1,6	3,87	10,9
<i>Syzygium guinense</i> (Willd).DC.	116	2853,55	20,67	11	6,25	7,75	7,1	21,1
<i>Tricalysia cacondensis</i> Auct.	32	388,69	1,03	7	0,31	2,14	4,52	6,97
<i>Tricalysia kivuensis</i> Robbr.	14	249,88	1,43	8	0,43	0,94	5,16	6,53
<i>Turraenthus africanus</i> (Welw.ex.C.DC) Pellegr.	3	73,75	0,23	1	0,07	0,2	0,65	0,92
<i>Xymalos monospora</i> (Harv.) Baill.	76	1155,13	4,78	11	1,45	5,08	7,1	13,62
Total général	1496	41451,81	330,94	155	100	100	100	300

Analyse des indices de diversité des placeaux

Tableau 3 : Indices de diversité spécifique des placeaux

Les lettres de A à K représentent les sites de collecte de données. A : Cigubi ; B : Katashomwa ; C : Murhunzi 1 ; D : Murhunzi 2 ; E : Tondwe ; F : Kabita ; G : Lugombo ; H : Bishanyi 1 ; I : Bishanyi 2 ; J : Katugutu ; K : Murhunzi 3

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Individus	286	80	46	131	224	216	100	59	74	139	141
Shannon H	1,59	1,74	1,11	2,09	1,74	1,59	2,27	2,36	2,25	2,32	1,95
Equitabilité E	0,57	0,79	0,69	0,76	0,61	0,56	0,89	0,92	0,91	0,80	0,71

Au regard du tableau 3, les placeaux de Bishanyi 1 (H : 2,36 ; E : 0,92), de Katugutu (H : 2,32 ; E : 0,80), de Lugombo (H : 2,27 ; E : 0,89) et de Bishanyi 2 (H : 2,25 ; E : 0,91) sont plus diversifiés dans la contrée et les individus y sont mieux répartis conformément aux espèces inventoriées par placeau.

Similarité entre placeaux

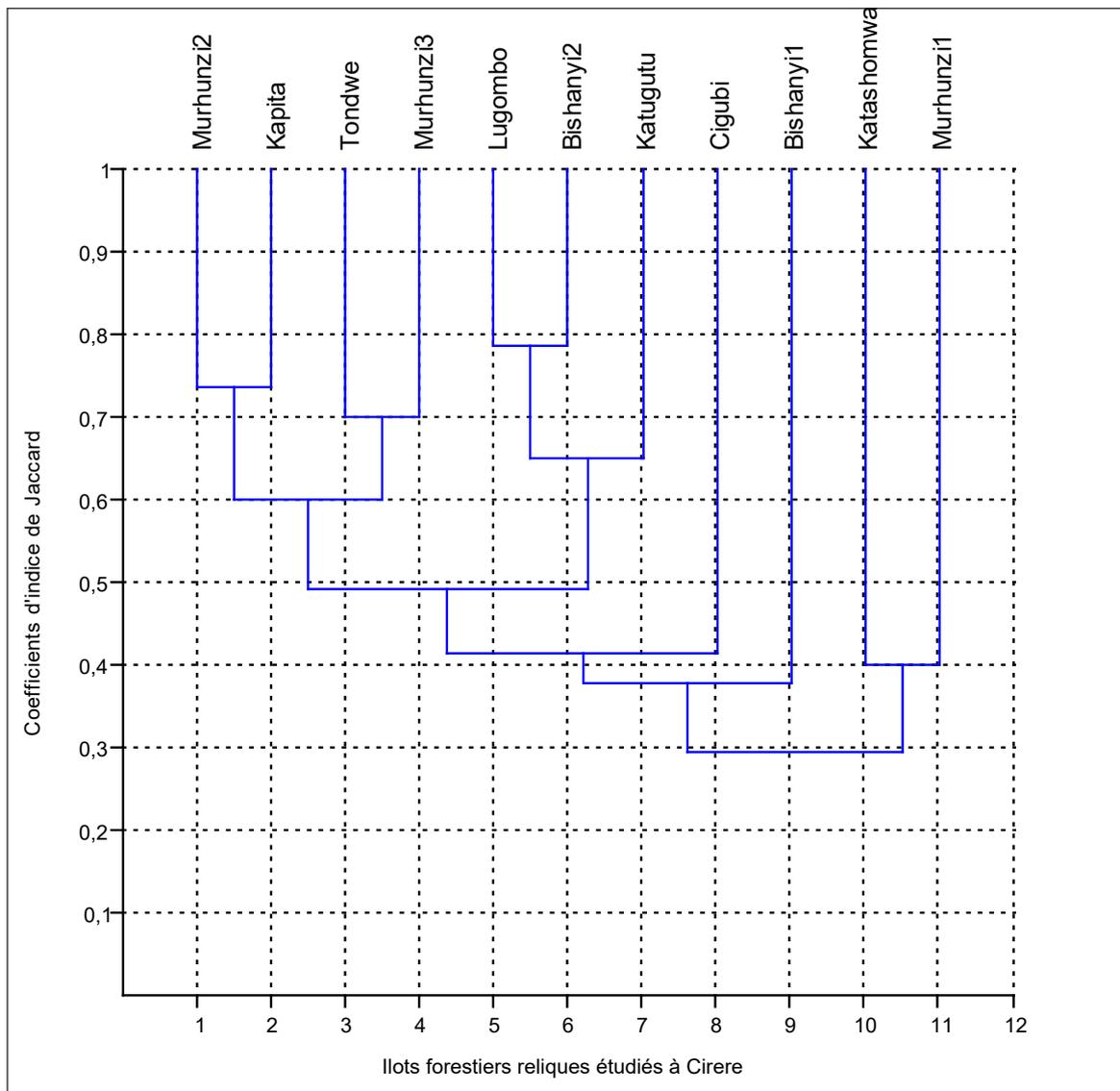


Figure 3 : Dendrogramme regroupant les 11 placeaux des îlots forestiers selon leur similarité floristique en termes de présence et absence des espèces et d'indice de Jaccard.

Par rapport au coefficient de Jaccard, l'ensemble des placeaux délimités pour cette étude présente une faible similitude de 30 % d'indice de Jaccard. Nous observons que d'autres sites sont éparpillés ce qui fait qu'ils sont très éloignés des autres et qui peut être expliqué soit par l'absence des espèces communes soit par les facteurs environnementaux qui les caractérisent. La présence des espèces communes entre Lugombo et Bishanyi 2 s'observe

aux environs de 79%, celle de Murhunzi 2 et Kabita à 73%, celle de Tonde et Murhunzi 3 à 70% et celle de Katashomwa et Murhunzi 1 à 40 % de similarité.

Cette dispersion des placeaux dans l'ensemble du dendrogramme illustre une convergence en termes de facteurs environnementaux qui caractérisent les 11 placeaux ainsi étudiés.

Analyse des structures diamétriques des placeaux

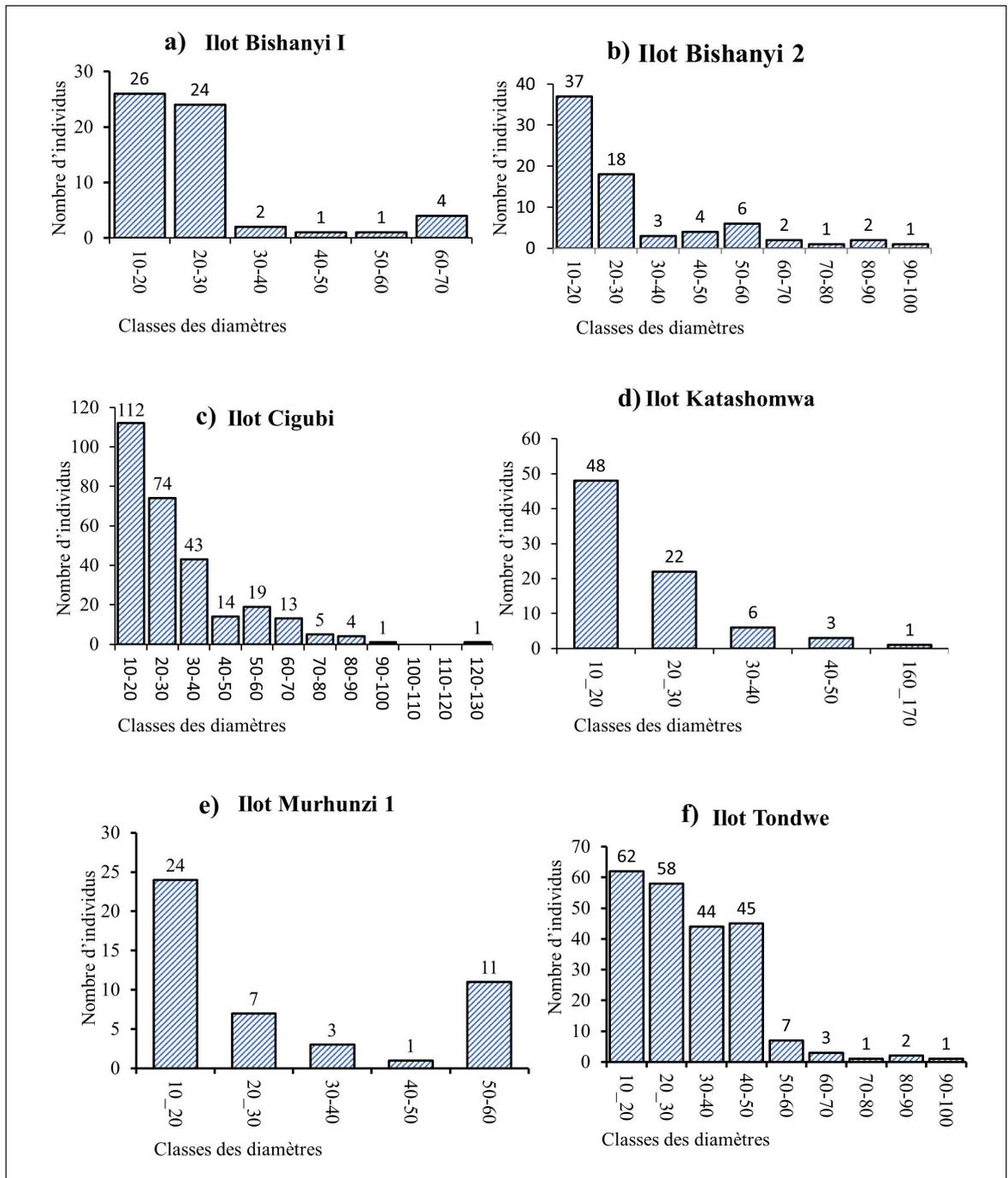


Figure 4.1 : Classes des diamètres des individus à Dbh ≥10 cm dans les différents ilots

(a - f : représentent les sites d'échantillonnage). L'axe des ordonnées correspond au nombre des individus et l'axe des abscisses, aux classes des diamètres.

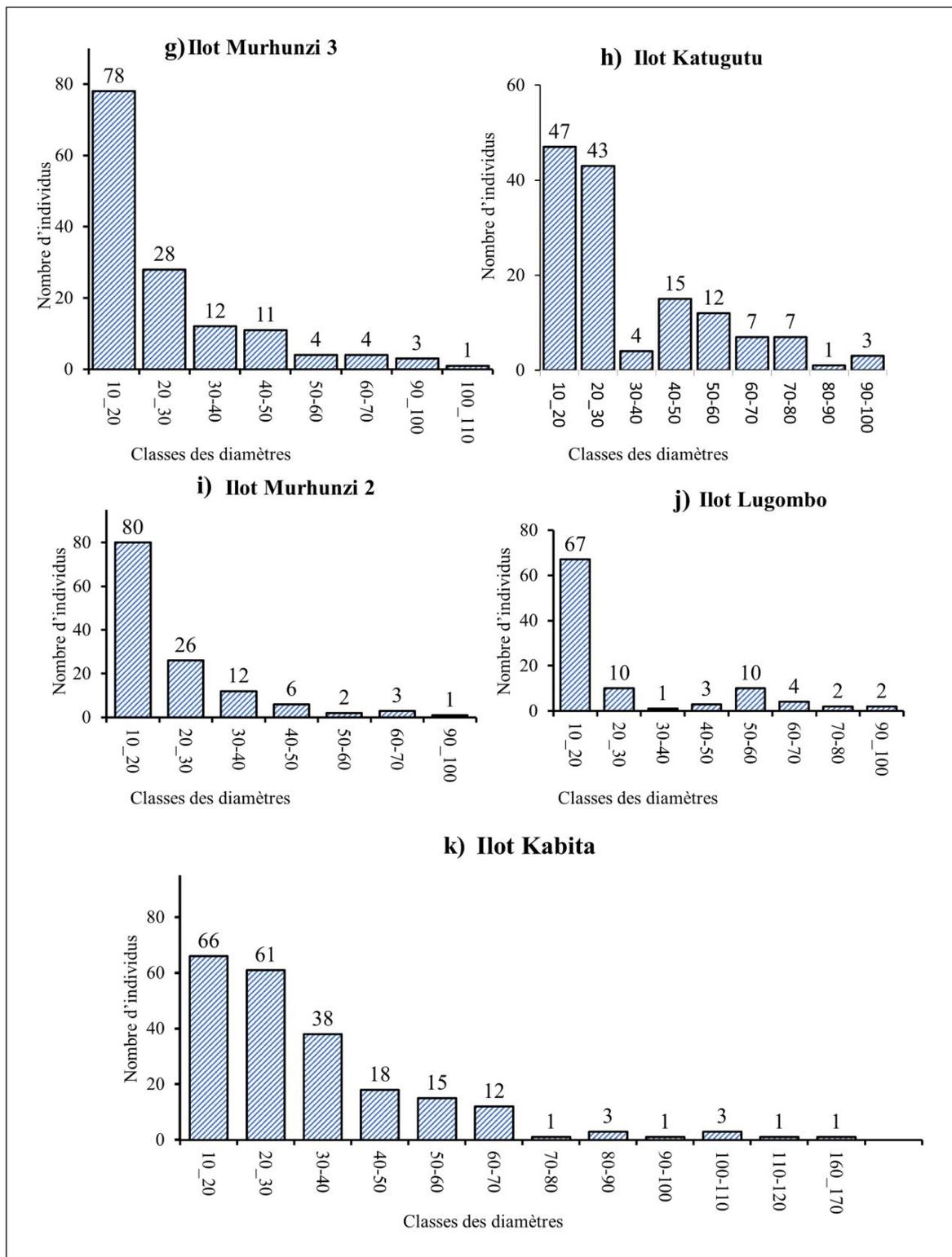


Figure 4.2 : Classes des diamètres des individus à Dbh ≥ 10 cm dans les différents îlots (Suite).

(g- k : représentent les sites d'échantillonnage). L'axe des ordonnées correspond au nombre des individus et l'axe des abscisses, aux classes des diamètres.

Quoique les îlots soient localisés dans une zone anthropisée, un nombre important d'individus est distribué dans les classes de diamètre comprises entre 10 et 30 cm de Dbh (Figure 4).

Cette particularité est plus prononcée pour les

îlots de Cigubi (186 individus soit 65,03% : Figure 4c), de Tondwe (120 individus soit 53,57% : Figure 4f), de Kabita (127 individus soit 58,80% : Figure 4k), Murhunzi 2 (106 individus soit 80,92% : Figure 4i) et de Murhunzi 3 (106 individus soit 75,18% : Figure 4g).

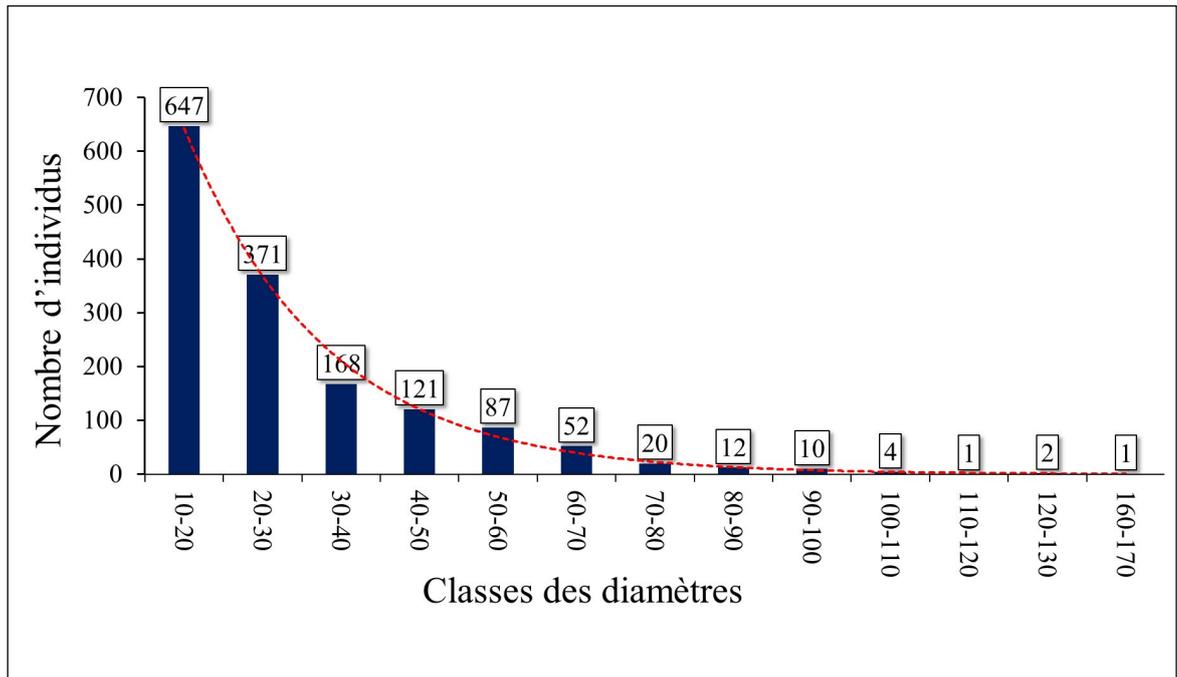


Figure 5 : Classification des individus recensés (Dbh \geq 10 cm) suivant leurs diamètres dans les îlots.

L'axe des ordonnées correspond au nombre des individus et l'axe des abscisses, aux classes des diamètres.

Globalement sur les 13 classes de diamètres, celles comprises entre 10 et 30 cm de Dbh comptent 1018 individus (soit 68,05%) (Figure 5) dont 780 individus appartenant à quelques espèces présentent un potentiel de recrutement important dans ces îlots forestiers à savoir: *Symphonia globulifera*, *Syzygium guinense*, *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica*, *Ficalhoa laurifolia*, *Rapanea melanophloeos* et *Nuxia floribunda* (Figure 4). Ces dernières espèces, sauf *Xymalos monospora*, ont un large intervalle de distribution au sein de différentes classes de diamètres. Vu les résultats d'abondances spécifiques et de l'IVI des espèces

dans les différents plateaux, de l'analyse de l'importance écologique des espèces inventoriées, la végétation des sites est constituée des formations à *Symphonia globulifera*, à *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica*, *Nuxia floribunda* et *Ficalhoa laurifolia*, *Rapanea melanophloeos* victimes du prélèvement des ligneux par les populations.

Toutefois, le test d'ANOVA réalisé sur les effectifs des individus par espèce et par plateau ($F_{cal}=1,162$; $dII(10,20)$; $p=0,32 > 0,05$) a montré que la distribution des individus tels que répartis dans les onze sites ne présente pas de différence significative.

Discussion

Analyse floristique des plateaux

L'inventaire floristique effectué dans les îlots forestiers localisés dans de hautes altitudes, au sud-ouest de la forêt de Burhinyi a permis de recenser 1496 individus appartenant à 31 espèces réparties en 27 genres distribués dans 22 familles. Les espèces dominantes en individus sont celles qui forment la canopée supérieure de la végétation de notre site d'étude, à savoir *Symphonia globulifera*, *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica*, *Syzygium guinense*, *Ficalhoa laurifolia* et *Nuxia floribunda*. Une étude faite au Parc National de Kahuzi-Biega par Mangambu *et al.* (2018) sur la structure

spatiale et l'abondance dans deux formations végétales de montagne (à *Carapa grandiflora* et à *Symphonia globulifera*) du parc a montré que sur les 1741 individus de 85 espèces inventoriés, *Symphonia globulifera* et *Syzygium guinense* sont les plus abondantes en termes d'individus, comme c'est le cas dans notre étude. Dans les îlots de la forêt de Cirere, les Clusiaceae, les Euphorbiaceae, les Theaceae, les Myrtaceae et les Stilbaceae, dans l'ordre, sont les familles les plus abondantes en termes d'individus. À une telle altitude, la dominance des Clusiaceae a déjà été relevée par Nangalire *et al.* (2017), dans cette zone, puis par

Cirimwami *et al.* (2019) dans les montagnes de forêts tropicales de l'est de l'Afrique. Ceci confirme l'impact de l'élévation altitudinale sur la richesse spécifique des plantes ligneuses à $Dbh \geq 10$ cm.

Dans les différents îlots du site d'étude, les deux familles les plus riches numériquement sont les Euphorbiaceae (4 espèces) et les Rubiaceae (3 espèces). Ces deux familles ont été également identifiées par Fabane *et al.* (2017) parmi les six familles ayant plus d'espèces lors de la caractérisation des groupes de plantes des forêts montagnardes de la côte atlantique camerounaise. Ces deux familles figurent aussi au nombre des familles les plus riches au Parc National de Kahuzi-Biega (Mwanga Mwanga *et al.*, 2013). Lisingo *et al.* (2015), ont montré que sur les structures spatiales et la richesse spécifique dans quelques blocs forestiers du nord-est du bassin congolais, la famille des Rubiaceae est la plus riche. Nous avons fait le même constat dans ce groupe d'îlots forestiers parsemés au sud-ouest de la forêt de Burhinyi. Bien que la famille des Rubiaceae soit plus diversifiée dans les travaux cités ci-haut, elle peut avoir également des abondances relatives importantes dans les sous-bois des forêts matures (Katembo *et al.*, 2018).

Parmi les douze espèces à $IVI \geq 10$ % de canopée supérieure qui renforcent l'armature structurale du peuplement ligneux dans nos placeaux, cinq espèces viennent en tête en importance écologique dans ce milieu anthropisé : *Symphonia globulifera*, *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica*, *Ficalhoa laurifolia*, *Syzygium guinense* et *Nuxia floribunda*.

En parlant de l'indice d'importance des familles, on remarque que les familles importantes sont les Clusiaceae, les Euphorbiaceae, les Myrtaceae, les Stilbaceae et les Myrsinaceae avec leur abondance, dominance et fréquence dans la flore étudiée comme l'avait trouvé Fischer en 1996, dans la forêt de haute altitude du Parc National Kahuzi-Biega. Habiyaemye (1995) a fait le même constat dans des formations de montagne dans le Rift en général. En comparant ces résultats à ceux de Imani *et al.* (2016), nous remarquons que *Macaranga neomildbraediana*, *Rapanea melanophloeos* et *Agauria salicifolia* montrent une importance écologique avec des valeurs différentes dans l'étude menée au PNKB. Les îlots forestiers étudiés, dans l'ensemble, sont moins diversifiés (H variant entre 1,11 et 2,36 ; E variant entre 0,56 et 0,92) pour les ligneux à Dbh supérieur à 10 cm (Tableau 3) comme dans les formations perturbées (H : 3,02 et E : 0,71 de *Cynometra pedicellata* et *Dichapetalum barteri* sur l'île forestière Loufézou (Miabangana *et al.*, 2020).

Analyse de la structure diamétrique des placeaux

À l'analyse des différentes classes de Dbh par placeau, il convient de préciser que les individus de sept espèces prédominantes à potentiel de recrutement important sont concentrés dans les classes de diamètre comprises entre 10 et 30 cm, soit 780 individus sur 1080 individus des classes de 10 à 30 cm. Ces espèces qui caractérisent écologiquement et dynamiquement le stade de développement de la végétation du milieu étudié, sont entre autres, *Symphonia globulifera*, *Syzygium guinense*, *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica*, *Ficalhoa laurifolia*, *Rapanea melanophloeos*, *Nuxia floribunda* et *Xymalos monospora*.

Quoique cette contrée soit prédisposée aux activités anthropiques, le processus fonctionnel de la croissance tel que confirmé par Mushagalusa (2011) et Imani *et al.* (2016) révèle un mécanisme naturel de reconstitution de la végétation du site étudié.

La répartition des individus au sein de classes de diamètres des placeaux présente des allures différentes. Sans tenir compte de l'abondance spécifique des espèces, les structures diamétriques des placeaux de Cigubi, de Kabita, de Murhunzi 2, de Murhunzi 3 et de Katashomwa présentent une allure de J inversé (Bouko *et al.*, 2007 ; Asimonyio *et al.*, 2015 ; Omatoko *et al.*, 2015 ; Kambale *et al.*, 2016b ; Lomba *et al.*, 2017). Celles des placeaux de Katugutu, de Murhunzi 1, de Bishanyi 2, de Bishanyi 1, de Lugombo et de Tondwe présentent une distribution en structure erratique ou en scie avec une répartition très irrégulière des individus au sein de classes de diamètres (Bouko *et al.*, 2007). La réduction du couvert ligneux impacte la densité et la structure diamétrique originelle. Cette contrainte affecte négativement la composition de la biodiversité parfois de manière irréversible (Monnier, 1990). Cette étude montre que les espèces ayant des individus dans les classes de diamètre allant de 10 à 30 cm de DBH sont qualifiées de pionnières. Ainsi, elles peuvent être réintroduites, dans le cadre des projets communautaires de reboisement, en termes de restauration d'un couvert forestier dans l'avenir. Une telle distribution diamétrique permet de dire que la dynamique de ces îlots forestiers, une fois l'action des populations minimisée, tendra vers la stabilité de la forêt. Ainsi, la distribution des individus dans ces classes de diamètres explique une vitesse de croissance en épaisseur. Elle caractérise, par conséquent, un stade de développement du rythme convexe exprimant une régénération de la végétation détruite.

Conclusion

Cette étude s'est focalisée sur la caractérisation structurale des îlots forestiers de la partie anthropisée de Cirere. La méthodologie de plateau a été une bonne approche pour inventorier les espèces ligneuses de Dbh ≥ 10 cm au sein de 25 placettes découpées dans chaque parcelle d'un hectare. Plusieurs espèces originelles de la forêt d'altitude non perturbée (2500 à 2700 mètres) ont été ainsi inventoriées. Les espèces de la famille de Clusiaceae notamment y présentent une abondance spécifique importante et influent écologiquement sur le couvert ligneux du milieu. L'analyse de la densité, de la dominance relative ainsi que les indices d'importance écologique des espèces inventoriées, montrent que les formations de la zone étudiée se classent en trois catégories : (1) des formations forestières dominées par *Symphonia globulifera* ; (2) des formations forestières à *Macaranga capensis* var. *kilimandscharica* et *Nuxia floribunda* ; (3) des formations forestières à *Ficalhoa laurifolia* et *Rapanea melanophloeos*. La structure diamétrique des individus à Dbh supérieur à 10 cm pour les plateaux étudiés présente deux types de

distributions : une distribution décroissante ou en allure de J inversé pour les îlots de Cigubi, Kabita, Murhunzi 2, Murhunzi 3 et de Katashomwa, et une distribution irrégulière ou à structure erratique pour les îlots de Katugutu, Murhunzi 1, Bishanyi 2, Bishanyi 1, Lugombo et de Tondwe. L'abondance des espèces dans la structure diamétrique de Dbh comprise entre 10 et 30 cm constitue un fort potentiel dans la reconstitution forestière, à condition que les prélèvements des ligneux dans la zone d'étude soient réglementés et rigoureusement contrôlés.

Cette recherche est une étude préliminaire sur la caractérisation structurale des îlots forestiers anthropisés en Chefferie de Burhinyi. Il est impérieux que la sensibilisation des populations locales soit régulière et permanente pour que cette dynamique de régénération potentielle des îlots forestiers étudiés devienne une réalité. L'implication des gestionnaires de la Réserve Naturelle d'Itombwe et de l'autorité coutumière de la chefferie est cruciale pour la protection et la pérennité de ces blocs forestiers de haute altitude.

Remerciements

Nous remercions le Chef Coutumier de la Chefferie de Burhinyi et les Responsables de la Réserve Naturelle d'Itombwe pour l'autorisation d'accès au site étude. Notre gratitude s'adresse également aux collègues chercheurs du Centre

de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN-LWIRO) pour leurs conseils, ainsi qu'aux agents techniques de la Section de Botanique du Centre pour leur appui, au cours de l'identification de nos spécimens.

Références Bibliographiques

- APG IV. 2016. An updated of the Angiosperm Phylogeny Group classifications for orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1): 1-20. Doi: 10.1111/boj.12385.
- Asimonyio JA, Ngabu JC, Lomba CB, Falanga CM, Mpiana PT, Ngbolua KN. 2015. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la Réserve Forestière de Yoko (Ubundu, RDCongo). *International Journal of Innovation and Sciences Research*, 18(2): 241-251.
- Barot S, Gignoux J, Menaut JC. 1999. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. *Ecology*, 80: 1987-2005.
- Base de données des plantes d'Afrique (version 3.4.0). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria < <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/> > consulté 20/10/2020
- Bouko SB, Sinsin B, Soule GB. 2007. Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *Tropicultura*, 24(4): 221-227.
- Cirimwami L, Doumenge C, Kahindo JM, Amani C. 2019. The effect of elevation on species richness in tropical forests depends on the considered life form: results from an east African mountain forest. *Tropical Ecology*, 14 p. <https://doi.org/10.1007/342965-019-00050-2>.
- COMIFAC. 2005. Traité relatif à la conservation et à la gestion durable des écosystèmes forestiers d'Afrique Centrale. COMIFAC, Yaoundé, Cameroun, 66p.
- Delvaux J. 1981. Différenciation sociale. *Journal de Foresterie Suisse*, 132: 733-749.

- Doucet JL. 2003.** L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du Centre du Gabon. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 323 p.
- Fabane JL, Onana JM, Zekenge JC, Biye HE, Mbolo MMA. 2017.** Flora diversity and characterization of plant groups in Atlantiv forests of Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environment Science (JBES)*, 10 (5): 163-176.
- FAO. 2005.** Situation des forêts du monde. FAO, Rome, 166 p.
- Favrillon V, Gourley FS, Bar-Hen A, Dessard H. 1998.** Parcelles permanents de recherche en forêt dense tropicale humide. Éléments pour une méthodologie d'analyse de données. CIRAD-Forêt, CIB, France, 73 p.
- Fischer E, Dorothee K. 2008.** Illustrated field Guide to the Plants of Nyungwe National Park Rwanda, University of Koblenz-Landay, 1st edition, 771p.
- Fischer E. 1996.** Die Végétation des Parc National de Kahuzi-Biega, Sud-Kivu, Zaire, Franz Steiner Verlag. Édition : Stuttgart, Berlin/Allemagne, 239p.
- Giraud PN. 2005.** L'aménagement durable des forêts d'Afrique Centrale. In: Michailof S (Eds.). Histoire de développement, CERNA, Paris, 99 p.
- Gone Bi ZB, Kouamé D, Koné I, Adou Yao CY. 2013.** Diversité végétale et valeur de conservation pour la biodiversité du Parc National du Mont Péko, une aire protégée, menacée de disparition en Côte d'Ivoire. *Journal Applied Biological Sciences*, 71: 5753-5762.
- Google Earth, 2019 :** <https://www.google.com/intl/fr/earth/versions/>
- Habiyaremye MK. 1995.** Étude phytoécologique de la dorsale orientale du lac Kivu (Rwanda). Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, 276p.
- Hammer Ø, Harper DAT, Paul DR. 2001.** Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (consulté 02/10/2020).
- Hawthorne SW, Gyakary N. 2006.** Photo guide for the Forest Trees of Ghana. A trees potter's field guide for identifying the largest trees. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, U.K., 432 p.
- Imani M, Zapfack L, Riera B, Mwangi Mwangi I, Bulonvu F, Boyemba F. 2016.** Variabilité structurale des peuplements d'arbres en forêts de montagne du Parc National de Kahuzi-Biega et ses environs, RD Congo. *European Scientific Journal*, 12 : 88-111.
- Kambale JL, Asimonyo JA, Shutsha RE, Katembo EW, Tsongo JM, Kavira PK, Yokana EI, Bukasa KK, Nshimba HS, Mpiana PT, Ngbolua KN. 2016a.** Études floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, RDCongo). *International Journal of Innovation and Sciences Research*, 24 (2): 309 – 321.
- Kambale JL, Shutsha RE, Katembo EW, Omatoko JM, Kirongoz FB, Basa OD, Bugentho EP, Yokana EI, Bukasa KK, Nshimba H, Ngbolua KN. 2016b.** Études floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, RD Congo). *International Journal of Innovation and Sciences Research*, 24(2): 300-308.
- Katembo WE, Amani AC, Lejoly J, Nshimba HS. 2018.** Diversity, structure and effect of rare species and relative abundance of the over-represented species on arborescent layers' diversity. *Journal of Biodiversity and Environment Science (JBES)*, 13 (2): 102 – 112.
- Konan D, Bakayoyo A, Tra Bi Feza H, Bitignon BGA, Piba SC. 2015.** Dynamique de la structure diamétrique du peuplement ligneux de différents biotopes de la Forêt classée de Yapo-Abbé, sud de la Côte d'Ivoire. *Journal Applied Biological Sciences*, 94: 8869 – 8879.
- Lamotte M. 1979.** La niche écologique : des concepts théoriques aux utilisations pratiques. Laboratoire de Zoologie, École Normale Supérieure, Paris, Revue d'Écologie (Terre et Vie) : 33 p.
- Lisingo J, Dauby G, Hardy O, Boyemba F, Makana JR, Ndjele L. 2015.** Structures spatiales de la richesse spécifique dans quelques blocs forestiers du nord-est du bassin congolais : implication pour la diversité régionale et la conservation. *Géo-Eco-Trop.*, 39(2) : 169-184.
- Lomba BC, Ndjele MBL, Asimonyio JA, Ngbolua KN. 2017.** Étude comparative de la structure diamétrique de *Pterocarpus soyauxii* Taub. (Fabaceae) dans les placettes permanentes de la Reserve Forestière de Yoko et de la forêt de Biaro (Ubundu, RD Congo). *International Journal of Innovation and Sciences Research*, 33 (2): 177-185.
- Mangambu MJD, Rwabika MA, Basinyize BP, Anataka CJ, Nyamuto BG, Shalufa AN, Lokumu ILG, Ntahobavuka HH. 2018.** Spatial structure and abundance in the Kahuzi-Biega Mountain vegetation formation in DR Congo (Albertine Rift): case of *Carapa grandiflora* Sprague and *Symphonia globulifera* L. f. in the resort of Tshivanga. *International Journal Biosciences.*, 12 (2): 216-231.
- Marcon E. 2015.** Mesures de la Biodiversité. Écologie des forêts de Guyane, 178p. Doi : <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01205813/> [Consulté le 11octobre 2020].

- Mayaux P, Devers D, Defourny P, Saracco F, Nasi R. 2007.** Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale, Présentation à la Conférence Internationale sur la gestion durable des forêts en RD Congo, Bruxelles, Palais d'Egmont, 26-27 février 2007.
- McCarthy JP. 2001.** Ecological consequence of recent climate change. *Conservation Biology*, 15 (2): 320-331.
- Miabangana ES, Malaisse F. 2020.** Structure, composition et diversité floristiques de l'île forestière Loufézou dans le Plateau des Cataractes (République du Congo). *Revue internationale de la géologie, de géographie et d'écologie tropicales*, 44 (2): 205-220.
- Monnier Y., 1990.** La poussière et la cendre. Paysages, dynamique des formations végétales des sociétés en Afrique de l'Ouest. Min. de la Coop. et du Dév. /ACCT, Paris, 264 p.
- Mushagalusa B. 2011.** Contribution à la caractérisation altitudinale de la végétation de Burhinyi, Mémoire inédit, Faculté des Sciences, Université Officielle de Bukavu, 52p.
- Mwanga Mwanga I, Imani G, Wabika P, Mushagalusa F, Mangambu M. 2013.** Contribution à la connaissance de la diversité et endémisme des Rubiaceae du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo. *International Journal of Biology and Chemical Sciences*, 7(5): 2092-2105.
- Nangalire NO, Mushagalusa MM, Ntamwira NS. 2017.** Contribution of the abundance study and diversity of woody species of the mountain forest of Burhinyi, east of the Democratic Republic of Congo. *Revue internationale de la géologie, de géographie et d'écologie tropicales*, 41:1-12.
- Omatoko J, Nshimba H, Bogaert J, Lejoly J, Shutsha R, Shaumba JP, Asimonyio J, Ngbolua KN. 2015.** Études floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine d'UMA en RD Congo. *Internal Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(2): 452-463.
- Pélissier R. 1995.** Relation entre l'hétérogénéité spatiale et la dynamique de renouvellement d'une forêt dense humide sempervirente, Thèse inédite, Université Claude Bernard-France, 244p.
- Pramova E, Locatelli B, Djoudi H, Somorin AO. 2012.** Le rôle des forêts et des arbres dans l'adaptation sociale à la variabilité et au changement climatiques, CIFOR, 16 p.
- Prigogine A. 1971.** Les oiseaux de l'Itombwe et de son hinterland, vol.I, 32 p.
- Silver PG, Vander LS, James DE. 2000.** Continental upper mantle structure from combined data from mobile broadband networks in South America, ORFEUS Elec. Newsletter, 2: 14.
- Temgoua CF. 2007.** Étude préalable à l'aménagement de la Réserve Forestière de Mbalmayo (Cameroun) : pratiques et modes d'accès des populations locales. Mémoire de Master, Université Paul-Valéry, Montpellier III, France, 121p.
- Triplet P. 2017.** Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature, 3^e édition, 1056p.
- Troupin G, Girardin N. 1975.** Plantes ligneuses du Parc National de l'Akagera et des savanes orientales du Rwanda. Clés de pratiques de détermination scientifique, 96p.
- Vande Weghe JP, Bidault E, Stevart T. 2016.** Plantes à fleurs du Gabon. Une introduction à la Flore des Angiospermes. Col. SOSEF M.S.M., Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN), Libreville, Gabon, 792 p.
- Vande Weghe JP. 2004.** Les forêts d'Afrique Centrale : la nature et l'homme. Tielt (Belgique), Éd. Lannoo, 367 p.
- Wilson JR, Catsis MC. 1990.** A Preliminary survey of the forests of the 'Itombwe' Mountains and the Kahuzi-Biega National Park Extension, east Zaire, July-Sept 1989. Unpublished report to WWF-FFPS-IZCN, Project 3902, Kinshasa.

Pêche, Paramètres de croissance et d'exploitation de *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916, dans le lac de Barrage de Kossou (Fleuve Bandama, Côte d'Ivoire).

Fishing, growth and exploitation parameters of *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916, in Kossou dam lake (Bandama river, Côte d'Ivoire).

Koné N • N'Da AS • Berté S • Kouamelan EP

Received: 12 October 2020 / Accepted: 08 January 2021 / Published online: 30 June 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé La pêche, les paramètres de croissance et d'exploitation de *Pellonula leonensis* ont été étudiés dans le lac de barrage de Kossou de novembre 2008 à octobre 2009 en vue de connaître leur niveau d'exploitation. Les logiciels Excel et FiSAT II ont été utilisés respectivement pour traiter les données de la pêche et pour estimer les paramètres de croissance et d'exploitation. Au total, 1525 poissons (de tailles comprises entre 34 et 123 mm) ont été examinés. L'effort de pêche annuel est de 5313 nappes de filets sorties avec une moyenne de 443 nappes sorties/mois. La prise par unité d'effort est de 1,6 kg de *P. leonensis* par nappe sortie. La production totale annuelle de *P. leonensis* est de 9008 kg. Les paramètres de croissance et d'exploitation calculés sont : le coefficient d'allométrie ($b = 3,29$) ; la longueur asymptotique ($L_{\infty} = 12,86$ cm) ; le coefficient de croissance ($K = 0,49$ an⁻¹) ; l'indice de performance de croissance ($\phi' = 1,91$) ; la longévité ($t_{max} = 6,11$ ans) ; la mortalité naturelle ($M = 1,41$ an⁻¹) ; la mortalité par pêche ($F = 0,34$ an⁻¹) ; la mortalité totale ($Z = 1,75$ an⁻¹) et le taux d'exploitation ($E = 0,19$). La taille de première capture (L_c) est de 7,74 cm et le recrutement est maximal en avril (23,95 %). Le stock de *P. leonensis* est sous exploité dans le lac de Kossou.

Mots clés : Effort de Pêche, Croissance, Taux d'exploitation, *Pellonula leonensis*, Lac Kossou, Côte d'Ivoire.

Abstract The fishing, growth and exploitation parameters of *Pellonula leonensis* were studied in Kossou dam lake from November 2008 to October 2009 with a view to their level of exploitation. Surveys were conducted for the fisheries study and FiSAT II software was used to estimate growth and exploitation parameters. A total of 1525 fish (sizes between 34 and 123 mm) were examined. The annual fishing effort is 5313 sheets of nets released with an average of 443 slicks out/month. The catch per unit of effort is 1.6 kg per slick output. Annual total production of *P. leonensis* is 9008 kg. The growth and exploitation parameters calculated are: allometry coefficient ($b = 3.29$); asymptotic length ($L_{\infty} = 12.86$ cm); Growth rate ($K = 0.49$ years⁻¹); Growth performance index ($\phi' = 1.91$); Longevity ($t_{max} = 6.11$ years); natural mortality ($M = 1.41$ years⁻¹); fishing mortality ($F = 0.34$ years⁻¹); Total mortality ($Z = 1.75$ years⁻¹); the exploitation rate - 0.19. The first catch size (L_c) is 7.74 cm and recruitment is highest in April (23.95 %). *P. leonensis* stock is under-exploited in Kossou dam lake.

Key words : Fishing effort, Growth, Exploitation rate, *Pellonula leonensis*, Kossou dam lake, Cote d'Ivoire.

Introduction

Le poisson fait partie des produits alimentaires dont le volume des échanges sur les marchés internationaux suit une très rapide évolution. Cela suscite de grandes inquiétudes quant aux approvisionnements futurs des populations (Ahmed, 1997). Selon Vanga (2011), le poisson représente la principale source de protéines (plus de 70 %) pour les populations africaines. L'approvisionnement en poissons par la pêche est l'une des plus anciennes activités qui a permis à l'homme de subsister. En effet, la pêche est génératrice d'emplois et représente un moyen de subsistance pour de nombreuses populations (Laë et Lévêque, 1999). Les lacs artificiels, qui résultent des barrages aménagés sur les cours d'eaux africains, favorisent le développement d'activités de pêche qui constituent des enjeux socio-économiques pour les communautés

riveraines. Au nombre des espèces capturées dans ces lacs, se trouve l'espèce *Pellonula leonensis*. Selon Gourène et Teugels (2003), ce poisson est le Clupeidae dulçaquicole le plus répandu en Afrique occidentale. Cette espèce de poisson présente un intérêt économique important dans la localité de Kossou où elle est commercialisée sous forme séchée. Cependant, très peu de données existent sur les paramètres de populations de ce poisson en eau douce. Les seules données disponibles proviennent des études réalisées par Uneke *et al.* (2010) dans la rivière Anambra au Nigéria et par Koné *et al.* (2014) dans le lac Taabo en Côte d'Ivoire. Le présent travail vise à étudier la pêche et quelques paramètres de croissance et d'exploitation de *P. leonensis* débarqué par la pêche commerciale du lac de retenue de Kossou en vue d'une meilleure gestion de son stock.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée dans la partie Sud du lac Kossou localisée à 7°02' de latitude Nord et 5°28' de longitude Ouest (Figure 1). Le lac de Kossou est lui-même situé entre 6°58'- 8°08' de latitude Nord et 5°27'-5°45' de longitude Ouest. Le barrage de Kossou a été construit sur le fleuve Bandama en 1971 à 296 km de l'embouchure du fleuve. Le lac de Kossou est long de 155 km avec une largeur de 5 km pour une superficie de 770 km². Il se situe dans le domaine Guinéen. Le régime hydrologique du lac de barrage de Kossou est de type équatorial de transition atténué soumis au climat Baouléen (CCNUCC, 2010).

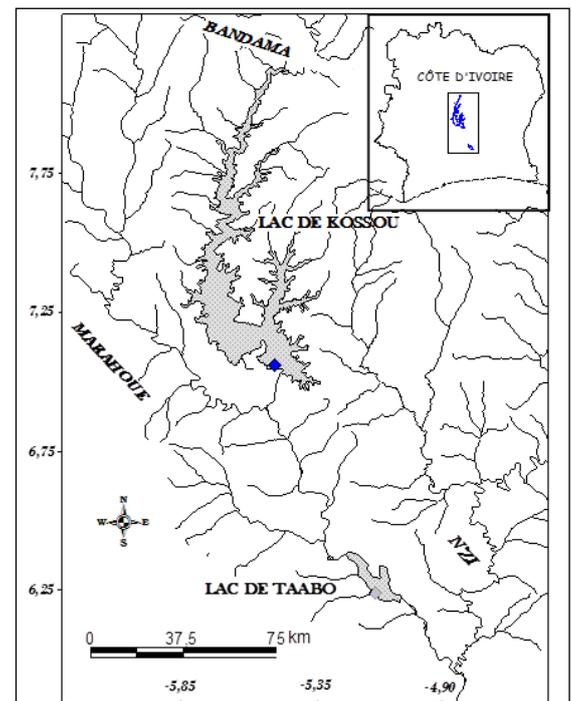


Figure 1 : Localisation du site d'étude et de la station d'échantillonnage (lac de Kossou, Côte d'Ivoire).

◆ = Station d'échantillonnage

Collecte des données

La collecte des données a été effectuée de novembre 2008 à octobre 2009. Des enquêtes ont été menées auprès de 36 pêcheurs recensés à la station de Kossou. Les captures des poissons ont été réalisées avec des filets maillants utilisés par les pêcheurs. Ils sont constitués de plusieurs nappes de filets. Ces filets maillants mesurent entre 100 et 200 m de longueur et 1,5 m de chute avec des mailles allant de 10 à 20 mm de vide. La ralingue supérieure porte des flotteurs alors que la ralingue inférieure est lestée de petites boules de plomb.

Les échantillons examinés et analysés pour l'étude des différents paramètres (croissance et d'exploitation) sont issus de la pêche commerciale. Au total 1525 poissons (de tailles comprises entre 34 et 123 mm) ont été collectés pendant la période des enquêtes. Ils ont été identifiés selon les travaux de Gourène et Teugels (2003). La longueur standard de chaque poisson a été relevée au millimètre près à l'aide d'un ichtyomètre. Les poissons ont été pesés individuellement au millième de gramme près avec une balance électronique de type SARTORIUS model BP 310S de précision 0,001 g.

Étude de la pêche

À partir des informations relatives aux activités des pêcheurs, aux équipes de pêche et aux débarquements de *P. leonensis* collectées par les enquêteurs, la nappe de filet utilisée a été considérée comme l'unité d'effort de pêche, l'engin de pêche étant le filet maillant (N'Goran, 1995). Ces données ont permis d'estimer l'effort de pêche qui correspond à l'ensemble des nappes de filets utilisées pour la pêche. Il est exprimé en nombre de nappes de filets utilisées.

La prise par unité d'effort (PUE) correspondant à la masse des captures réalisées par un pêcheur durant une sortie de pêche a été exprimée en kg de poissons / nappe utilisée. Pour chaque mois, une prise par unité moyenne mensuelle (PUEm) a été déterminée à partir de l'ensemble des captures journalières enregistrées durant le mois considéré selon la formule suivante :

$$PUEm = Mt / Nt,$$

avec PUEm = prise moyenne mensuelle par unité d'effort; Mt = masse totale en kg des captures journalières débarquées par l'ensemble des pêcheurs enquêtés dans le mois et Nt = nombre total de nappes de filets sorties dans le mois.

Les productions mensuelles (Pi) sont estimées par la sommation des captures journalières réalisées pendant le mois i. La production totale annuelle (Pan) ou production annuelle est obtenue par la sommation des captures totales mensuelles selon la formule :

$$Pan = \sum Pm,$$

avec Pan = production annuelle et Pm = production mensuelle.

Détermination des paramètres de croissance et de l'âge

La relation longueur-masse a été établie selon la formule suivante :

$$M = aLs^b,$$

avec M = masse du poisson en g ; Ls = longueur standard du poisson en mm ; a = ordonnée à l'origine de la droite de régression et b = coefficient d'allométrie.

Les paramètres a et b ont été estimés après la transformation de la fonction précédente en une fonction logarithmique de formule :

$$\log_{10} M = \log_{10} a + b \log_{10} Ls$$

La valeur de b donne des informations sur le type de croissance des poissons. Le test-t de Student a été utilisé afin de vérifier si la valeur de b obtenue diffère significativement de 3. L'hypothèse nulle d'une croissance isométrique ($H_0 : b = 3$) a été testée en utilisant la statistique $ts = (b-3) / SE$ de Sokal et Rohlf (1987) où ts est la valeur t calculée du test ; SE, l'écart-type de la pente b à p-value = 0,05.

Si $ts > 1,96$, cela implique que $b \neq 3$, la croissance est donc allométrique (l'allométrie est négative si $b < 3$ et positive si $b > 3$) et si $ts < 1,96$ cela implique que $b = 3$, la croissance est donc isométrique.

Les paramètres de croissance appliqués à l'espèce *P. leonensis* et utilisés dans la présente étude ont été déterminés à l'aide du logiciel FiSAT II (Version 1.2.2). Les mesures de taille des spécimens capturés (1525 individus) ont été organisées en classes de taille de 0,5 centimètre d'intervalles pour chaque mois afin d'avoir un nombre représentatif d'individus dans les classes de taille, les spécimens étant de petite taille.

L'étude de la croissance a été effectuée à l'aide du modèle de Von Bertalanffy (1938) dont la formule est la suivante :

$$L_t = L_{\infty} \left(1 - e^{-K(t-t_0)} \right),$$

avec L_t = longueur standard du poisson à l'âge t considéré ;

L_∞ = longueur standard asymptotique. La longueur standard asymptotique considérée est la taille moyenne qu'atteindrait un poisson qui pourrait vivre et grandir indéfiniment.

K = coefficient de croissance caractérisant la vitesse avec laquelle l'espèce croît vers sa taille asymptotique.

t_0 = l'âge théorique du poisson auquel la longueur standard est nulle.

La valeur de la longueur asymptotique (L_∞) a été déterminée à l'aide du logiciel FiSAT II. L'âge théorique (t_0) a été évalué en utilisant l'équation empirique de Pauly (1979) :

$$\text{Log}_{10}(-t_0) = a + b \log_{10} K + c L_\infty \log_{10} K,$$

avec : $a = -0,3922$; $b = -0,2752$ et $c = -1,038$

L'indice de performance de croissance (φ') a été calculé en utilisant les paramètres de croissance (L_∞ et K) de Von Bertalanffy (1938) selon l'équation suivante :

$$\varphi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_\infty$$

Relation longueur-âge et taux de croissance absolue

La détermination des longueurs des poissons pour les différents groupes d'âges s'est faite en utilisant l'inverse de l'équation de croissance de Von Bertalanffy (Sparre et Venema, 1992). Les paramètres de croissance (L_∞ , K et t_0) ont été remplacés par leurs valeurs respectives dans le modèle de Von Bertalanffy afin de déterminer la relation longueur-âge. En dérivant, par rapport au temps (t) l'équation de Von Bertalanffy, l'on obtient le taux de croissance absolue (TCA) ou l'évolution de la taille par unité de temps. Il est déterminé selon l'équation suivante :

$$dL / dt = K (L_\infty - L_t),$$

avec K = coefficient de croissance ; L_∞ = longueur standard asymptotique et L_t = longueur standard du poisson au temps t considéré.

La longévité (t_{max}) indiquant l'âge auquel 95% de la taille asymptotique L_∞ est atteinte a été estimée à travers l'équation de Pauly (1985) :

$$t_{max} = 2,9957 / K.$$

Détermination des paramètres d'exploitation

La mortalité totale (Z) peut être définie par le nombre d'individus morts durant un intervalle de temps donné. Son estimation est effectuée par la méthode des « courbes de captures selon les longueurs converties » à travers la formule suivante (Pauly *et al.*, 1995) :

$$\text{Ln}(N_i / \Delta t_i) = a + b t_i,$$

avec N_i = nombre d'individus dans la classe de taille i ; Δt_i = temps mis par le poisson pour croître dans cette classe i ; t = âge relatif à la mi-longueur de la classe de taille i (calculé avec $t_0 = 0$) ; b = la pente de la courbe de régression.

La méthode utilisée pour estimer la mortalité naturelle est le modèle empirique de Pauly (1984) selon la formule suivante :

$$\log_{10} M = w + x \log_{10} L_\infty + y \log_{10} K + z \log_{10} T,$$

avec : $w = -0,0066$; $x = -0,279$; $y = 0,6543$; $z = 0,4634$; M = mortalité naturelle ;

L_∞ = longueur asymptotique ; K = coefficient de croissance et T = température moyenne annuelle de l'eau.

La mortalité par pêche (F) et le taux d'exploitation (E) ont été estimés conformément à Sparre et Venema, (1992) par les relations suivantes :

$$F = Z - M \text{ et } E = F / Z$$

$$\text{or } Z = F + M \text{ donc } E = F / (F + M)$$

L'état d'exploitation d'un stock est optimal quand $E = 0,50$. Il est sous-exploité quand $E < 0,5$ et surexploité lorsque $E > 0,5$ (Gulland, 1971).

Le recrutement a été déterminé à partir du programme ELEFAN I du logiciel FiSAT II, par projection des données de fréquence de taille sur l'axe des temps en utilisant les paramètres de croissance (Bodji *et al.*, 2015). La distribution normale a été déterminée par NORMSEP avec FiSAT II.

Les courbes de rendement relatif par recrue (Y' / R) et de biomasse relative par recrue (B' / R) ont permis de déterminer graphiquement les points de références biologiques E_{max} (Exploitation ayant le rendement productif maximal), E_{10} (Taux d'exploitation pour une augmentation du Y' / R de 1 / 10 de sa valeur à $E = 0$) et E_{50} (Taux pour lequel le stock est réduit à 50 % de sa biomasse inexploitée) selon la méthode Knife-Edge du logiciel FiSAT II (Bédia *et al.*, 2017).

Résultats

Effort de pêche

L'effort annuel est de 5313 nappes de filets sorties avec une moyenne de 443 nappes sorties/mois. L'effort de pêche est relativement faible de novembre (194 nappes) à février (264 nappes). Il augmente brusquement en mars pour atteindre la valeur maximale de 625 nappes (Figure 2). Une légère baisse de l'effort est observée en avril (505 nappes) suivie d'une hausse en mai (530 nappes). De juin à octobre, l'effort de pêche reste élevé et oscille entre 524 nappes en juin et 578 nappes en septembre.

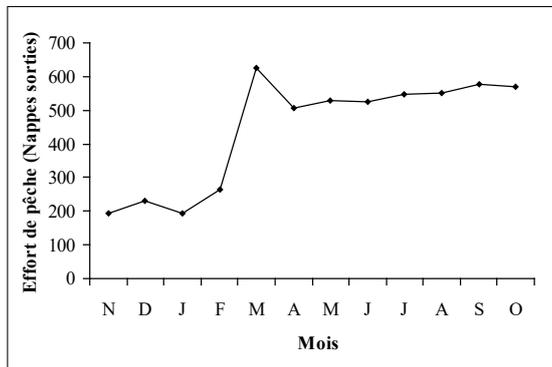


Figure 2 : Variation mensuelle de l'effort de pêche dans le lac de Kossou

Prise par unité d'effort (PUE) et production totale (Pt) de *P. leonensis*

La prise par unité d'effort est de 1,6 kg de *P. leonensis* par nappe sortie. La courbe de variation de la prise moyenne mensuelle par unité d'effort (PUE_m), montre que sa valeur est élevée de novembre (5,88 kg de poissons/nappe) à février (6,60 kg de poissons /nappe). Après une première baisse en mars (3,97 kg de poissons /nappe), la PUE_m chute à nouveau pour atteindre la valeur de 0,27 kg de poissons /nappe enregistrée en avril. D'avril à octobre, la PUE_m est faible (0,44 kg de poissons /nappe) et reste en dessous de la barre de 1 kg de poissons/nappe sortie.

La production totale de *P. leonensis* est de 9008 kg pour l'année d'étude. Les productions mensuelles les plus importantes ont été enregistrées en mars avec 2,484 tonnes et en février avec 1742 kg. Les productions les plus basses ont été observées en juin (95 kg) et en juillet avec seulement 80 kg de *P. leonensis* débarqués (Figure 3).

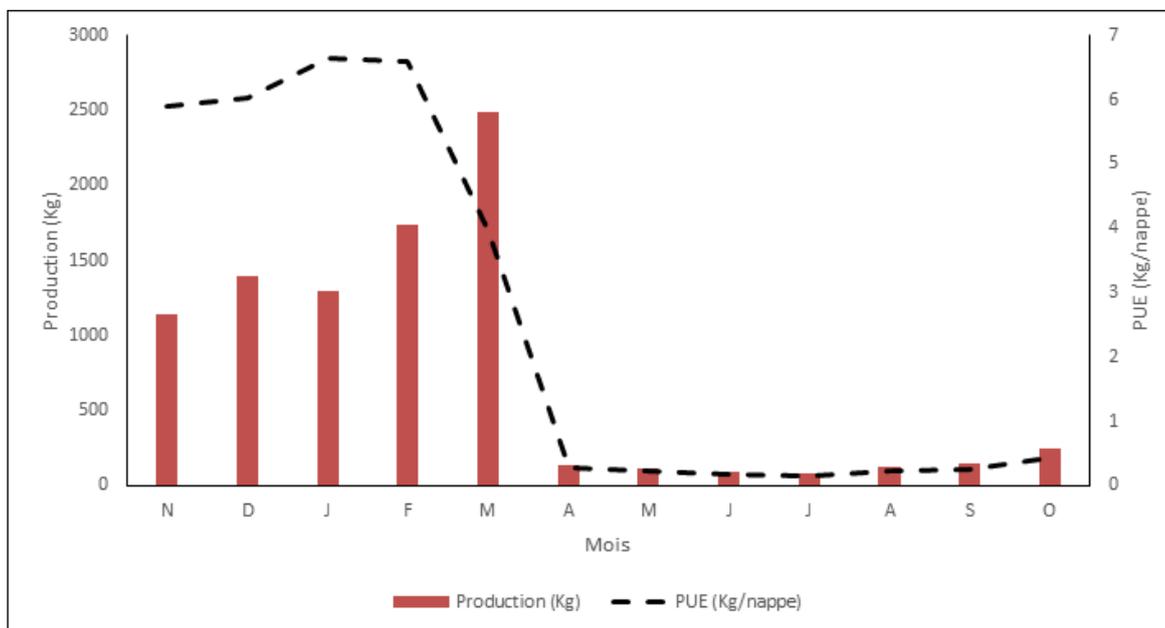


Figure 3 : Variations mensuelles des prises moyennes par unité d'effort (PUE_m) et de la production de *Pellonula leonensis* dans le lac de Kossou

Distribution des fréquences de tailles

Les spécimens de *P. leonensis* récoltés dans le lac de Kossou (n = 1525) ont une longueur standard comprise entre 34 et 123 mm avec une moyenne de 77,10 ± 19,22 mm (Figure 4).

Relation longueur standard – masse totale

La longueur standard des spécimens (n = 1525) varie entre 34 et 123 mm pour une masse comprise entre 0,617 et 40,05 g. Les résultats sont présentés sous forme de courbe (Figure 5). L'équation de régression obtenue à partir de cette courbe est la suivante :

$$M = 1,10 \times 10^{-2} \times LS^{3,29} \quad (r = 0,98)$$

La valeur du coefficient d'allométrie (b) est de 3,29. Cette valeur est différente de 3 (ts = 39,886). Ce qui indique que la croissance de *P. leonensis* est une allométrie positive ou majorante dans le lac de Kossou. Le poisson grossit plus vite qu'il ne grandit.

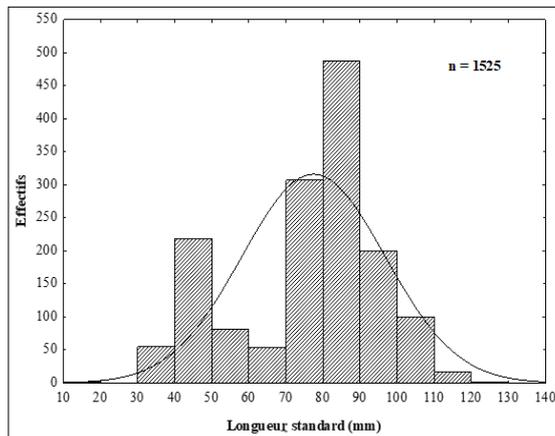


Figure 4 : Structure de taille des populations de *Pellonula leonensis* capturées entre novembre 2008 et octobre 2009 dans le lac de Kossou

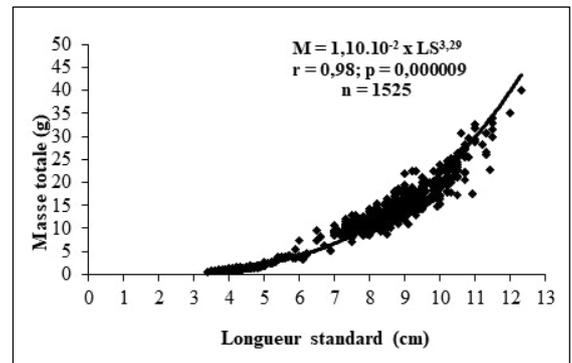


Figure 5 : Relation longueur standard-masse totale des individus de *Pellonula leonensis* capturés dans le lac de Kossou.

Croissance linéaire

La longueur asymptotique (L_{∞}) et le coefficient de croissance (K) de *P. leonensis* sont respectivement de 12,86 cm et de 0,49 an⁻¹ (Tableau 1). L'indice de performance de croissance (ϕ') calculé est de 1,91. La valeur de t_0 déterminée est de -0,42 an.

Les courbes de croissance ont été déterminées et superposées aux histogrammes de fréquence de taille (Figure 6). La qualité des valeurs des paramètres de la courbe de croissance a été estimée à partir d'un index ou score (Rn) égale à 0,25. L'équation de Von Bertalanffy qui en ressort est la suivante :

$$L_t = 12,86 \left(1 - e^{-0,49(t + 0,42)} \right)$$

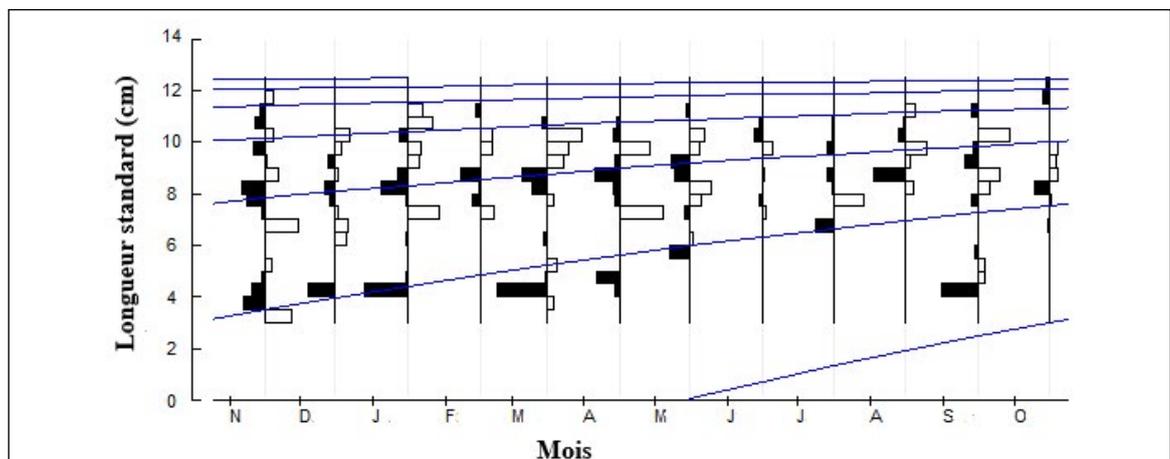


Figure 6 : Modélisation de la croissance de *Pellonula leonensis* dans le lac de Kossou par le modèle de Von Bertalanffy.

▣ : Fréquences de taille observées et théoriques en noirs (valeur positive) en blancs (valeur négative).
 — : Courbes de croissance indiquant les cohortes

Longueur aux différentes classes d'âge et taux de croissance absolue

Les longueurs standards des classes d'âge allant de 0 à 7 ans ont été déterminées en intégrant les valeurs des paramètres de croissance (L_{∞} , K et t_0) dans l'équation de Von Bertalanffy (Tableau 2). Les longueurs standards des classes d'âge montrent que *P. leonensis* atteint à l'âge d'un an, 50,13 % de sa longueur asymptotique. Le taux de croissance absolue est élevé pour les deux premières classes d'âge à savoir les individus âgés de moins d'un an (5,13 cm.an⁻¹) et ceux d'un an (3,14 cm.an⁻¹).

Le coefficient de croissance (K) étant de 0,49 an⁻¹, l'âge maximum (t_{max}) calculé est de 6,11 ans.

Tableau 1 : Paramètres des populations de *P. leonensis* capturées dans le lac de Kossou

Paramètres de population	Valeurs
Longueur asymptotique (L_{∞}) en cm	12,86
Coefficient de croissance (K) en an ⁻¹	0,49
Indice de performance de croissance (Φ')	1,91
Score (Rn)	0,25
Âge théorique (t_0) en an	-0,42
Longévité (t_{max}) en an	6,11
Mortalité naturelle (M) en an ⁻¹	1,41
Mortalité par pêche (F) en an ⁻¹	0,34
Mortalité totale (Z) en an ⁻¹	1,75
Taux d'exploitation (E)	0,19
Limite d'exploitation maximale (E_{max})	1
Taille de première capture (L_c) en cm	7,74

Tableau 2 : Taux de croissance absolue et pourcentage de longueur asymptotique (L_{∞}) des différentes classes d'âge de *P. leonensis* dans le lac de Kossou de novembre 2008 à octobre 2009.

Classes d'âge (an)	Ls (cm)	TCA (cm.an ⁻¹)	Masse (g)	Pourcentage de L_{∞} (%)
[0-1[	2,39	5,13	0,19	18,6
[1-2[	6,45	3,14	5,04	50,13
[2-3[	8,93	1,93	14,78	69,45
[3-4[	10,45	1,18	24,79	81,28
[4-5[	11,39	0,72	32,81	88,53
[5-6[	11,96	0,44	38,54	92,98
[6-7[	12,31	0,27	42,38	95,7
[7-8[	12,52	0,17	44,92	97,36

Ls : Longueur standard ; TCA : Taux de croissance absolue ; L_{∞} : Longueur asymptotique

Mortalité et taux d'exploitation

La valeur de la mortalité totale (Z) indiquée sur la courbe de captures est de 1,75 an⁻¹ (Figure 7).

La mortalité naturelle (M) estimée à partir de l'équation empirique de Pauly, est de 1,41 an⁻¹ pour une température moyenne annuelle de 27,8 °C. La mortalité par pêche (F) déterminée est de 0,34 an⁻¹. Le taux d'exploitation (E) est de 0,19. La limite maximale d'exploitation (E_{max}) est de 1 (Figure 8).

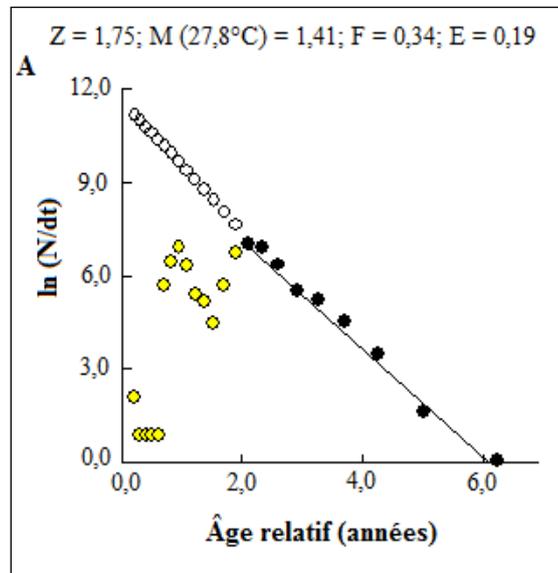


Figure 7 : Courbe de capture linéarisée de *Pellonula leonensis* dans le lac de Kossou

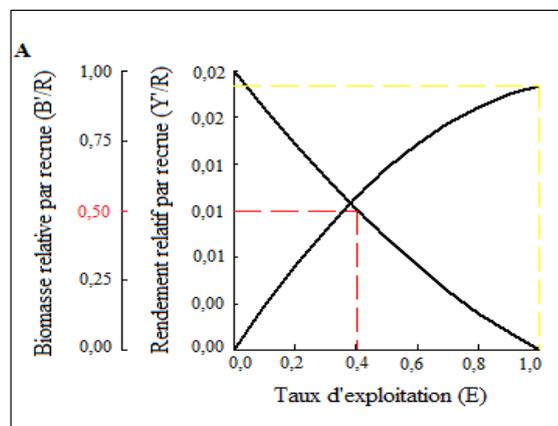


Figure 8 : Courbe de rendement relatif par recrue et de biomasse relative par recrue chez *Pellonula leonensis*, [$E_{max} = 1$; $E_{10} = 1$ et $E_{50} = 0,41$]

Taille de première capture

Dans le lac de Kossou, la valeur de la taille de première capture $L_{s_{50}}$ ou L_c de vulnérabilité des captures est de 7,74 cm. La taille de capture $L_{s_{25}}$ et $L_{s_{75}}$ des poissons sont respectivement de 7,62 cm et de 8,16 cm (Figure 9).

Recrutement

La courbe de recrutement de *P. leonensis* montre qu'il se fait toute l'année avec une augmentation progressive de janvier (1,82 %) à avril (23,95 %) où le pic unique est atteint (Figure 10). A partir du mois de mai (13,20 %), le pourcentage de recrutement diminue de façon progressive jusqu'en décembre où il est nul.

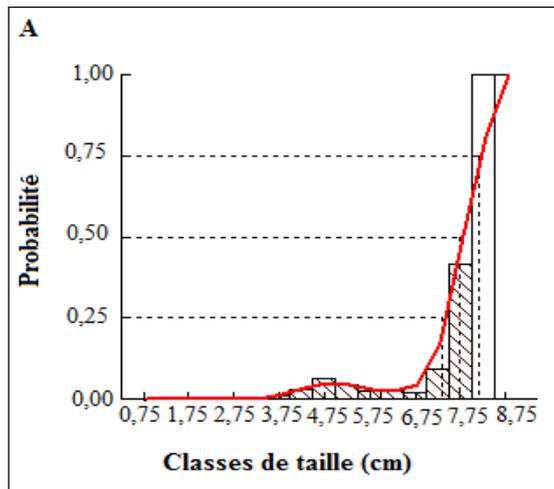


Figure 9 : Courbe de sélectivité montrant la probabilité de capture pour les classes de taille de *Pellonula leonensis* dans le lac de Kossou.

Discussion

Selon Poinard et Le Guen (1975), le biologiste des pêches définit l'effort de pêche comme l'ensemble des moyens de captures mis en œuvre par le pêcheur. L'effort de pêche annuel déterminé est de 5313 nappes sorties. Une étude semblable à la nôtre a été effectuée par N'Goran (1995) dans la lagune Aby sur le Clupeidae *Ethmalosa fimbriata*. Cet auteur a estimé un effort annuel situé entre 200 000 et 677 000 nappes sorties.

La prise par unité d'effort (PUE) estimée dans la présente étude est de 1,6 kg de poissons par nappe sortie. Cette valeur est inférieure à celle déterminée dans le lac de Taabo par Kraidy *et al.* (2014). En effet, selon ces auteurs, la PUE estimée dans ce lac est de 59,52 kg de poissons/sortie de pêche. Cette différence pourrait s'expliquer par le type d'engins utilisé pour la capture de l'espèce sur les deux lacs. À Taabo, la pêche de *P. leonensis* se fait à l'aide de senne de plage de maille comprise entre 6 mm et 8 mm. En revanche, à Kossou elle se fait à travers les filets maillants de mailles variant de 10 à 20 mm. Les prises

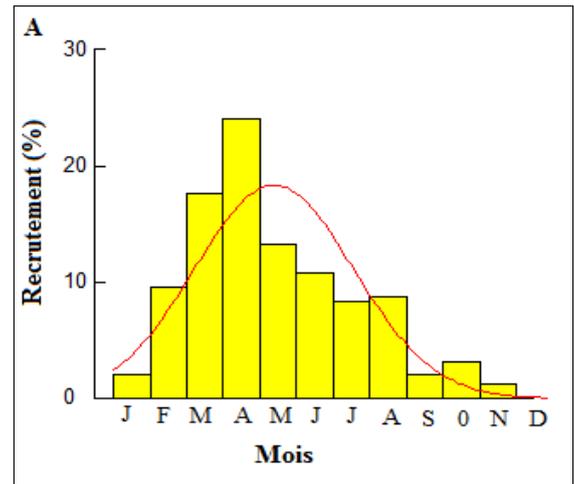


Figure 10 : Courbe de recrutement de *Pellonula leonensis* dans le lac de Kossou

effectuées par les sennes de plages sont beaucoup plus importantes que celles réalisées par les filets maillants. Des observations similaires ont été faites par N'Goran (1995) dans la lagune Aby. D'après cet auteur, la senne de plage est moins sélective que le filet maillant et une seule senne en activité ratisse en moyenne 10 hectares de surface d'eau. Cela pourrait expliquer l'importance de la prise par unité d'effort enregistrée à Taabo.

La détermination de la structure en taille de la population de *P. leonensis* à partir de la distribution des fréquences de taille montre que l'essentiel de l'échantillon est composé d'individus de taille variant entre 71 et 90 mm. Ces tailles sont supérieures à celles données par Koné *et al.* (2014) pour les individus de *P. leonensis* collectés dans le lac de Taabo. Selon ces auteurs, les individus mesurant entre 21 et 45 mm constituent la majeure partie de l'échantillon de Taabo. Ces résultats pourraient s'expliquer par la forte pression de pêche exercée sur les populations de *P. leonensis* dans le lac de Taabo (Kraidy *et al.*, 2014).

La valeur de la longueur asymptotique (L_{∞}) obtenue chez *P. leonensis* dans le lac de Kossou est de 12,86 cm (LS). Cette valeur est supérieure à celles observées par Villanueva (2004) dans l'estuaire de la Gambie (11,90 cm LF), l'estuaire du Sine-Saloum (10,49 cm LF) et dans le lac Nokoué (11,00 cm LT). D'autres auteurs tels que Uneke *et al.* (2010) ont noté une longueur asymptotique de *P. leonensis* égale à 9,98 cm dans la rivière Anambra. Bien qu'elle soit une longueur totale, cette valeur est inférieure à la longueur standard (Ls) notée à Kossou. Les différences observées seraient dues aux conditions écologiques qui diffèrent selon les milieux considérés. Selon Beverton et Holt (1957), la longueur asymptotique peut être affectée par des facteurs environnementaux tels que la disponibilité en nourriture et la densité de la population. Le coefficient de croissance (K) obtenu dans cette étude ($0,49 \text{ an}^{-1}$) est inférieur à ceux observés dans les estuaires de la Gambie ($1,48 \text{ an}^{-1}$) et du Sine-Saloum ($1,68 \text{ an}^{-1}$) par Villanueva (2004). Les valeurs enregistrées dans la lagune Ebrié ($0,95 \text{ an}^{-1}$) et le lac Nokoué ($2,00 \text{ an}^{-1}$) par ce même auteur sont également supérieures à celle notée dans le lac de Kossou ($0,49 \text{ an}^{-1}$) dans la présente étude. Ces résultats indiquent que pour la même espèce de poisson étudiée, la durée de vie est plus courte dans l'eau douce que dans la lagune (Tah *et al.*, 2010). Cette observation corrobore l'hypothèse de Longhurst et Pauly (1987) selon laquelle les poissons des eaux saumâtres atteignent leur taille maximale plus tôt que ceux des eaux douces et marines du fait de leur croissance rapide.

Le taux de croissance absolue de *P. leonensis* est de $5,13 \text{ cm.an}^{-1}$ pour les individus de moins d'un an et de $3,14 \text{ cm.an}^{-1}$ au terme de la première année de vie dans la présente étude. À ces âges, les poissons ont respectivement une longueur standard moyenne de 2,39 cm et de 6,44 cm. Dans l'ensemble, la croissance de *P. leonensis* est rapide au cours de la première année de vie. Cette croissance rapide au cours de la première année est un phénomène observé de façon générale chez les poissons. Elle permet aux juvéniles d'atteindre plus rapidement une taille assez grande pour éviter la prédation. Au-delà d'un an, la croissance des poissons ralentit de façon considérable. Cette baisse du taux de croissance serait liée à la reproduction et particulièrement à l'utilisation des ressources énergétiques pour la production de gamètes (Konan, 2010).

L'âge maximal de *P. leonensis* est estimé à 6,11 ans dans le lac de Kossou. Notre valeur est supérieure à celle rapportée par Uneke *et al.* (2010). Ces auteurs ont estimé la longévité de l'espèce à 2,31 ans dans la rivière Anambra au Nigéria. Les mortalités totale

($Z = 1,75 \text{ an}^{-1}$) et naturelle ($M = 1,41 \text{ an}^{-1}$) obtenues dans cette étude sont dans l'ensemble élevées. Uneke *et al.* (2010) ont enregistré des valeurs de mortalité encore plus élevées ($Z = 4,03 \text{ an}^{-1}$; $M = 2,77 \text{ an}^{-1}$) dans la rivière Anambra. Des valeurs de mortalité élevées ont été également signalées chez d'autres Clupeidae tels que *Stolothrissa tanganicae*, *Limnothrissa miodon* dans la partie nord du lac Tanganyika par Mambona et Michael (1993). Ces fortes mortalités enregistrées s'expliqueraient par le fait que les Clupeidae constituent les proies de certaines espèces de poissons piscivores ; notamment *Hydrocynus forskalii*, *Lates niloticus* et *Malapterurus electricus* (Otobo, 1979). En outre, un phénomène de cannibalisme a été signalé chez *P. leonensis* par Ezenwaji et Offiah (2003). Selon Sidibé (2003), la mortalité naturelle est la mortalité occasionnée par l'ensemble des causes autres que la pêche. Parmi ces causes, figurent la prédation, les maladies, le stress, le manque de nourriture, la vieillesse, la température de l'eau, etc.

Le recrutement est défini comme l'entrée d'un poisson dans la phase exploitable, que cette entrée corresponde à un déplacement et à une arrivée sur les lieux de pêche ou qu'elle traduise l'acquisition d'une taille minimale de capture (Sidibé, 2003). Le modèle de recrutement révèle que chez *P. leonensis*, le recrutement se fait toute l'année avec un seul pic atteint en avril. Uneke *et al.* (2010) ont observé un recrutement continu de *P. leonensis* dans la rivière Anambra avec deux pics dans l'année. Le recrutement continu de ce poisson s'expliquerait par le fait qu'il se reproduit toute l'année. Ezenwaji et Offiah (2003) ont fait des observations similaires dans la rivière Anambra au Nigéria. Selon Uneke *et al.* (2010), une mortalité élevée est également responsable du modèle de recrutement continu observé pendant toute l'année.

Nos résultats sur le taux d'exploitation suggèrent que le niveau maximum d'exploitation n'a pas encore été atteint pour *P. leonensis* dans le lac de Kossou. Le stock est donc sous-exploité. En effet, la valeur de E_{max} obtenue à partir de la méthode Knife-Edge de FiSAT montre que le taux maximal d'exploitation E_{max} est de 1 pour un taux d'exploitation E égale à 0,19 dans ce lac. En outre, la taille de première capture (7,74 cm) obtenue dans la présente étude est supérieure à la taille de première maturité sexuelle déterminée par Koné *et al.* (2011) pour ce poisson dans le lac de Kossou. Ces auteurs ont en effet obtenu les tailles de première maturité de 7,54 cm pour les mâles et de 6,94 cm pour les femelles. Ces résultats montrent donc que le stock de *P. leonensis* n'est pas menacé.

Conclusion

La présente étude montre que le stock de *P. leonensis* est sous-exploité dans le lac de Kossou avec une production totale de 9,008 tonnes pour l'année d'étude. La mortalité naturelle ($M = 1,41$

an^{-1}) est supérieure à la mortalité par pêche ($F = 0,34 \text{ an}^{-1}$). Le taux d'exploitation est de 0,19. Le recrutement est continu et présente un seul pic en avril.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette étude.

Références Bibliographiques

- Ahmed M. 1997.** Du poisson pour les populations démunies dans le contexte d'une demande mondiale croissante et de régime de pêche changeant. *Naga, The Iclarm Quaterly, Supplement*, 88-93.
- Bédia AT, Etilé NR, Goore GI, Kouamélan PE, N'douba V. 2017.** Paramètres de croissance et d'exploitation de *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède, 1803) (Siluriformes, Bagridae) dans une lagune tropicale : lagune Ebrié (Secteur I : lagune Potou, Côte d'Ivoire). *Tropicultura*, 35 (4) : 253-261.
- Beverton RJH, Holt SJ. 1957.** On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Investigations*, 2 (19) : 1-533.
- Bodji IM, Konan KJ, Ouattara NI, Atsé BC. 2015.** Paramètres de croissance et d'exploitation de la carpe blanche *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) dans les complexes lagunaires de grand-Lahou, Ebrié et Aby (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *Tropicultura*, 33 (3) : 186-198.
- CCNUCC. 2010.** Seconde Communication Nationale sous la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. 217 p.
- Ezenwaji HMG, Offiah FN. 2003.** The biology of *Pellonula leonensis* (Boulenger, 1916) (Osteichthyes: Clupeidae) in Anambra River, Nigeria. *Bio-Research*, 1(2) : 33-50.
- Gourène G, Teugels GG. 2003.** Clupeidae. In : Paugy D, Lévêque C, Teugels GG (Eds). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1 IRD/MNHN/MRAC : 126-141.
- Gulland JA. 1971.** Fish Resources of the Ocean. Fishing News Books Ltd for FAO, London, 255 p.
- Konan KJ. 2010.** Étude des paramètres de populations, de la biologie de reproduction et des stratégies alimentaires du Cichlidae *Tylochromis jentinki* (Steindachner, 1895) dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 176 p.
- Koné N, Siaka B, Kraïdy ALB, Kouamélan EP, Koné T. 2011.** Biologie de la reproduction du Clupeidae *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916 dans le lac de barrage de Kossou (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 41 : 2797-2807.
- Koné N, Kraïdy ALB, Gnonléba BFH, Siaka B, Bamba M, Kouamélan EP. 2014.** Length-weight relationship and population parameters of *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916 (Clupeidae) in man-made Lake Taabo (Bandama basin; Côte d'Ivoire). *International Journal of Biosciences*, 5 (4): 149-158.
- Kraïdy AB L, Koné N, Siaka B, N'Zi KG, Yao SS, Kouamélan EP. 2014.** Pêche et paramètres de reproduction de *Pellonula leonensis* Boulenger 1916, dans le lac de Taabo (Fleuve Bandama, Côte d'Ivoire) : implications pour une exploitation durable du stock. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(1): 75-88.
- Laë R, Lévêque C. 1999.** La pêche. In: Lévêque C, Paugy D (Eds). Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. Edition IRD, Paris : 385-424.
- Longhurst AR, Pauly D. 1987.** Ecology of Tropical Oceans. Academic Press, San Diego, CA, 406 p.
- Mambona WB, Michael F. 1993.** Population parameters of *Stolothrissa tanganicae* and *Limnothrissa miodon* in the Northern part of Lake Tanganyika. *M11 Fisheries Production*, 19: 157-167.

- N’Goran YN. 1995.** Biologie, écologie et pêche de l’ethmalose : *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich, 1825) en lagune Aby (Côte d’Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 195 p.
- Otobo FO. 1979.** The fish fauna changes and the place of clupeids in Lake Kainji, Nigeria. *Hydrobiologia*, 64 (2): 99-103.
- Pauly D. 1979.** Theory and management of tropical multispecies stocks: a review with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. *Studies Review*. 35 p.
- Pauly D. 1984.** Length-converted catch curve: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *ICLARM Fishbyte*, 2: 17-19.
- Pauly D. 1985.** Population dynamics of short-lived species with emphasis on squids. *NAFO Science Council Studies*, 9: 143-154.
- Pauly D, Moreau J, Abad N. 1995.** Comparison of age-structured and length-converted catch curves of brown trout *Salmo trutta* in two french rivers. *Fisheries Research*, 22 : 197-204.
- Poinsard F, Le Guen JC. 1975.** Observations sur la définition d’une unité d’effort de pêche applicable à la pêcherie de thon de l’Atlantique Tropical Africain. *Conseil International pour l’Exploration de la Mer*, 168 : 39-43.
- Sidibé A. 2003.** Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée : exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. Thèse de Doctorat Halieutique, Ensa-Rennes, 320 p.
- Sokal R, Rohlf F. 1987.** Introduction to biostatistics, 2nd Edition. Freeman and Co, New York, 363 p.
- Sparre P, Venema SC. 1992.** Introduction to Tropical Fish Stock Assessment, part 1-Manual, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. FAO Fisheries Technical Paper, vol. 306/1, 376 p.
- Tah L, Joanny TG, N’Douba V, Kouassi NJ, Moreau J. 2010.** Preliminary estimates of the population parameters of major fish species in Lake Ayamé I (Bia basin; Côte d’Ivoire). *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 57-63.
- Uneke BI, Nwani CD, Okogwu O, Okoh F. 2010.** Growth, mortality, recruitment and yield of *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916 (Osteichthyes: Clupeidae) in a Tropical Flood River System. *Journal of Fisheries International*, 5(1): 19-26.
- Vanga AF. 2011.** Evolution de la pêche au lac d’Ayamé depuis l’expulsion des pêcheurs non nationaux (Côte d’Ivoire). *Tropicultura*, 29 (1) : 8 – 13.
- Villanueva MC. 2004.** Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l’Afrique de l’ouest : Adaptations aux pressions environnementales. Thèse de l’Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT), France, 272 p.
- Von Bertalanffy LV. 1938.** A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10: 181-213.

Influence des variables environnementales sur la variation temporelle de la chlorophylle *a* et état de pollution des lacs de Barrage Lokpoho et Morrisson (Haut-Bandama, Côte d'Ivoire)

Influence of environmental variables on the temporal variation of the chlorophyll *a* and pollution status of the Lokpoho and Morrisson dam lakes (Upper-Bandama, Côte d'Ivoire)

Soro TA • Komoé K • Etilé RN • Gooré BI G

Received: 14 October 2020 / Accepted: 04 June 2021 / Published online: 30 June 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé La chlorophylle *a* est un bon bioindicateur de la qualité des lacs. Cependant, les variations de celle-ci sont influencées par les paramètres physico-chimiques des eaux. Le présent travail a pour but d'identifier les paramètres physico-chimiques qui influencent les variations de la chlorophylle *a* dans les eaux des lacs de barrage Lokpoho et Morrisson, tout en déterminant leurs états de pollution. Pour ce faire, les paramètres physico-chimiques et la chlorophylle *a* ont été mesurés selon le protocole requis, pendant les saisons sèche et pluvieuse. L'échantillonnage a été fait sur deux stations dans chacun des lacs de barrage. Il ressort de l'analyse des données que les paramètres qui influencent le plus la production de la chlorophylle *a* varient en fonction des saisons. Pendant la saison sèche, la transparence, la conductivité et le pH, influencent significativement la production de la chlorophylle *a*. En saison des pluies, les principaux paramètres influençant la chlorophylle *a* sont le silicium, les nitrates et le potassium. Le chlorure, le nitrite et l'ammonium influencent la production de la chlorophylle *a* durant toute l'année. Par ailleurs, le lac Lokpoho est mésotrophe en saison sèche et eutrophe en saison des pluies, tandis que le lac Morrisson est eutrophe pendant les deux saisons. L'eutrophisation de ces lacs de barrage est en grande partie provoquée par les activités agropastorales et industrielles menées dans la région de Ferkessédougou.

Mots clés : Chlorophylle *a*, Pollution, Variables environnementales, Lac Lokpoho, Lac Morrisson.

Abstract Chlorophyll *a* is a good bioindicator of lake quality. However, its variation is influenced by the water physicochemical parameters. The present work aims to identify the physico-chemical parameters that influence the variations of chlorophyll *a* in the waters of the Lokpoho and Morrisson dam lakes, while determining their pollution states. To do this, the physico-chemical parameters and chlorophyll *a* were measured according to the required protocol, during the dry and rainy seasons. The sampling was done on two stations in each of the dam lakes. The data analysis showed that the parameters which most influence chlorophyll *a* production vary according to the seasons. During the dry season, transparency, conductivity and pH influence significantly chlorophyll *a* production. In the rainy season, silicon, nitrate and potassium influence chlorophyll *a* production. Chloride, nitrite and ammonium influence chlorophyll *a* production throughout the year. Lake Lokpoho is mesotrophic in the dry season and eutrophic in the wet season, while Lake Morrisson is eutrophic in both seasons. The eutrophication of these dam lakes is largely caused by agropastoral and industrial activities in the Ferkessédougou region.

Key words : Chlorophyll *a*, Pollution, Environmental Variables, Lokpoho Lake, Morrisson Lake.

Introduction

La Côte d'Ivoire compte plus de 500 petits barrages (Traoré, 1996). Dans la partie Nord du pays, on recense 290 barrages à vocation agropastorale, dont 19 barrages à vocation agricole et 271 à vocation pastorale (Gigou et Traoré, 1991). Parmi les lacs de barrage du Nord de la Côte d'Ivoire, les lacs de barrage Lokpoho (620 ha) et Morrisson (3700 ha) constituent les hydrosystèmes les plus importants de la région des savanes. Ils servent à l'irrigation des agrosystèmes, à l'abreuvement des troupeaux de bœufs et autres ruminants. Ces lacs de barrage servent aussi à la pêche artisanale et de subsistance et à l'adduction d'eau potable pour les villes de Ferkessedougou, de Sinématiali, de Korhogo et des complexes sucriers de la région (Ferké 1 et 2).

Cependant, depuis la création de ces deux lacs de barrage, les activités anthropiques (agriculture, élevage des bœufs, pêche, etc.) ne font que s'accroître aux alentours de ceux-ci. Ces activités entraîneraient une dégradation physique des eaux et probablement une perturbation des communautés aquatiques dans ces écosystèmes. En raison des risques de dégradation que courent ces deux lacs de barrage et vu leur importance, la connaissance de leurs états trophiques à travers la biomasse chlorophyllienne (chlorophylle *a*) s'avère nécessaire. En effet, la chlorophylle peut être utilisée pour estimer la biomasse algale (producteurs primaires : phytoplancton) des plans d'eau (Berland *et al.*, 1978). Elle est aussi

utilisée dans les études de qualité des eaux des lacs, en raison de son interaction directe avec les éléments polluants (nitrate, nitrite, ammonium, phosphore, etc.). C'est pour cela que, le suivi régulier des teneurs en chlorophylle *a* permet de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et de connaître leur état de santé (Devi-prasad et Siddaraju, 2012). En outre, le développement des populations algales est influencé par des facteurs chimiques, biologiques et physiques. Ces différents paramètres jouent un rôle plus ou moins décisif, suivant les périodes de l'année, dans la composition et l'abondance de la flore algale (Berrada *et al.*, 2000). De ce fait, la bonne gestion d'un lac nécessite la connaissance de l'évolution saisonnière de la chlorophylle *a*, ainsi que des facteurs qui influencent la production des algues microscopiques.

L'objectif général de cette étude est de mettre en évidence les paramètres physico-chimiques qui influencent les variations temporelles de la concentration de la chlorophylle *a* dans les eaux des lacs de barrage Lokpoho et Morrisson situés dans le bassin du Haut-Bandama. Les objectifs spécifiques sont (1) étudier les variations saisonnières des paramètres environnementaux, (2) étudier les variations temporelles de la chlorophylle *a*, (3) mettre en évidence l'influence des paramètres environnementaux sur la chlorophylle *a* et (4) enfin, évaluer la qualité des eaux des lacs de barrages Lokpoho et Morrisson.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

Le milieu étudié se situe dans la partie septentrionale du bassin du Bandama (Haut-Bandama) dans la région de Ferkessedougou et Korhogo (ex-région des savanes, Côte d'Ivoire). Il est situé entre la longitude 5°14' et 5° 19' Ouest et entre la latitude 9°26' et 9°36' Nord. Les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson servent à l'irrigation des parcelles de canne à sucre et des cultures maraichères. Ils servent aussi à approvisionner en eaux potables les villes de Ferkessedougou, Sinématiali, Korhogo et les villages A, B et C de la SUCAF-CI. Ces lacs de barrages subissent la pression de la pêche et des activités des éleveurs de bœufs. Le climat de la région est de type tropical sub-humide ou sub-soudanien de

transition (Lorenzen, 1967) avec deux saisons : une saison humide (juin à septembre) et une saison sèche (octobre à mai) (Péné et Kehé, 2005). La période de décembre à février, constitue un temps durant lequel la région est soumise à l'harmattan qui est un vent chaud et sec en provenance du Sahara. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1 200 mm avec un régime uni-modal centré en août-septembre où 600 à 700 mm de pluie sont enregistrées (environ 50 à 60 % de la pluviométrie annuelle totale) (Péné et Kehé, 2005).

Les échantillonnages ont été réalisés dans le lac de barrage Lokpoho, situé sur la rivière Lokpoho, et dans le lac de barrage Morrisson, situé sur le cours principal

du fleuve Bandama (Figure 1). Les stations L1 et L2 du lac de barrage Lokpoho et les stations M1 et M2 du lac de barrage Morrisson ont été échantillonnées pendant la saison sèche (début, pleine et fin saison sèche) et pendant la saison des pluies (début, pleine et fin saison des pluies). Le choix des stations a été fait en fonction des zones par lesquelles les lacs de barrage reçoivent les effluents en provenance de la ville de Ferké, des agrosystèmes et de l'usine de production de sucre SUCAF-CI. Nous avons tenu également compte de la position des stations d'adduction d'eau de la SUCAF-CI et de la SODECI, de l'accessibilité des stations et de la disponibilité permanente en eaux.

Échantillonnage, dosage de la chlorophylle *a* et mesures des paramètres physico-chimiques

Les échantillonnages ont été réalisés d'octobre 2017 à septembre 2018 dans quatre stations dont deux dans le lac de barrage Lokpoho (L1 et L2) et deux dans le lac de barrage Morrisson (M1 et M2) (Figure 1). Pour couvrir toutes les périodes hydrologiques de la région du Tchologo trois échantillonnages ont été réalisés en saison sèche (novembre 2017, janvier 2018, avril 2018), et quatre échantillonnages en saison des pluies (juin à septembre).

Au niveau de chaque station, les paramètres physico-chimiques ont été mesurés dans l'eau de surface. La température et l'oxygène dissous ont été mesurées avec un oxymètre de marque AZ 8403. La sonde de celui-ci est plongée dans l'eau de surface et après stabilisation des valeurs sur l'écran, celles-ci sont relevées sur un bloc note. Le pH et la conductivité ont été mesurés respectivement avec un pH-mètre et un conductimètre de marque PANCELENT. Pour leurs mesures, de l'eau de surface est prélevée dans un bocal. Puis, les deux appareils sont successivement plongés dans le bocal afin d'avoir les valeurs des paramètres. La transparence a été évaluée avec un disque de Secchi. Celui-ci est plongé dans l'eau jusqu'à sa disparition totale, puis remonté jusqu'à ce qu'il soit de nouveau visible. La longueur à laquelle le disque redevient visible correspond à la transparence. Pour le dosage des paramètres chimiques (nitrate, nitrite, phosphore, ammonium, chlorure, potassium, manganèse, zinc et silicium), un litre d'eau est prélevé à chaque station, conservé dans une glacière et transporté au laboratoire pour être ensuite dosé avec un spectrophotomètre de marque NALCO et de model DR 900.

La concentration de la chlorophylle *a* (Chl *a*) a été déterminée au cours des différentes campagnes d'échantillonnage dans chacune des stations. À cet

effet, un litre d'eau a été prélevé par site pour être filtré sous pression, avec du papier Whatman de maille 0,7 μm , par un auto-filtre au laboratoire. Avant la filtration au laboratoire, les échantillons sont emballés, sur le terrain, avec du papier aluminium et conservés dans une glacière au frais et à l'abri de la lumière. Le temps mis entre le prélèvement et la filtration n'a pas dépassé cinq heures. L'extraction de la chlorophylle *a* a été faite selon la méthode AFNOR NF T 90 117 (1999) modifiée. La méthode de calcul de la concentration de la chlorophylle *a* utilisée est celle de Lorenzen (1967).

Évaluation de l'état de pollution des lacs de barrage : utilisation de l'indice de Carlson

Dans cette étude, l'indice moyen d'état trophique de Carlson (1977) a été utilisé pour évaluer l'état d'eutrophisation des lacs de barrage Lokpoho et Morrisson. Celui-ci fait appel à l'indice d'état trophique de trois paramètres du milieu que sont : la chlorophylle *a* (chl *a*), la concentration des eaux en phosphore total (PT) et la transparence (Sd). La formule de la moyenne de l'indice d'état trophique (MIET) est :

$$\text{MIET} = [\text{IET} (\text{Sd}) + \text{IET} (\text{Chl } a) + \text{IET} (\text{PT})] / 3$$

Avec IET = indice d'état trophique,

a) $\text{IET} (\text{Sd}) = 10 [6 - (\ln \text{Sd} / \ln 2)]$, avec Sd = transparence

b) $\text{IET} (\text{Chl } a) = 10 [6 - (2,04 - 0,68 \ln \text{Chl } a) / \ln 2]$, avec Chl *a* = concentration de la chlorophylle *a*

c) $\text{IET} (\text{PT}) = 10 [6 - (\ln (48/\text{PT}) / \ln 2)]$, avec PT = phosphore total

L'état trophique des lacs est déterminé en fonction de la valeur de l'indice d'état trophique moyen (MIET) comme suit (Carlson, 1977 ; Devi-prasad et Siddaraju, 2012):

Lac oligotrophe pour $\text{MIET} < 40$

Lac mésotrophe pour $40 \leq \text{MIET} < 50$

Lac eutrophe pour $\text{MIET} \geq 50$

Analyses statistiques

Dans cette étude, la régression multiple pas à pas a été utilisée pour sélectionner les paramètres physico-chimiques qui influencent significativement la production de la chlorophylle *a* dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson. Après vérification de la normalité, le test de Student a été utilisé pour comparer les variables environnementales entre les saisons sèche et pluvieuse. Toutes ces analyses ont été faites avec le logiciel Statistica 7.1.

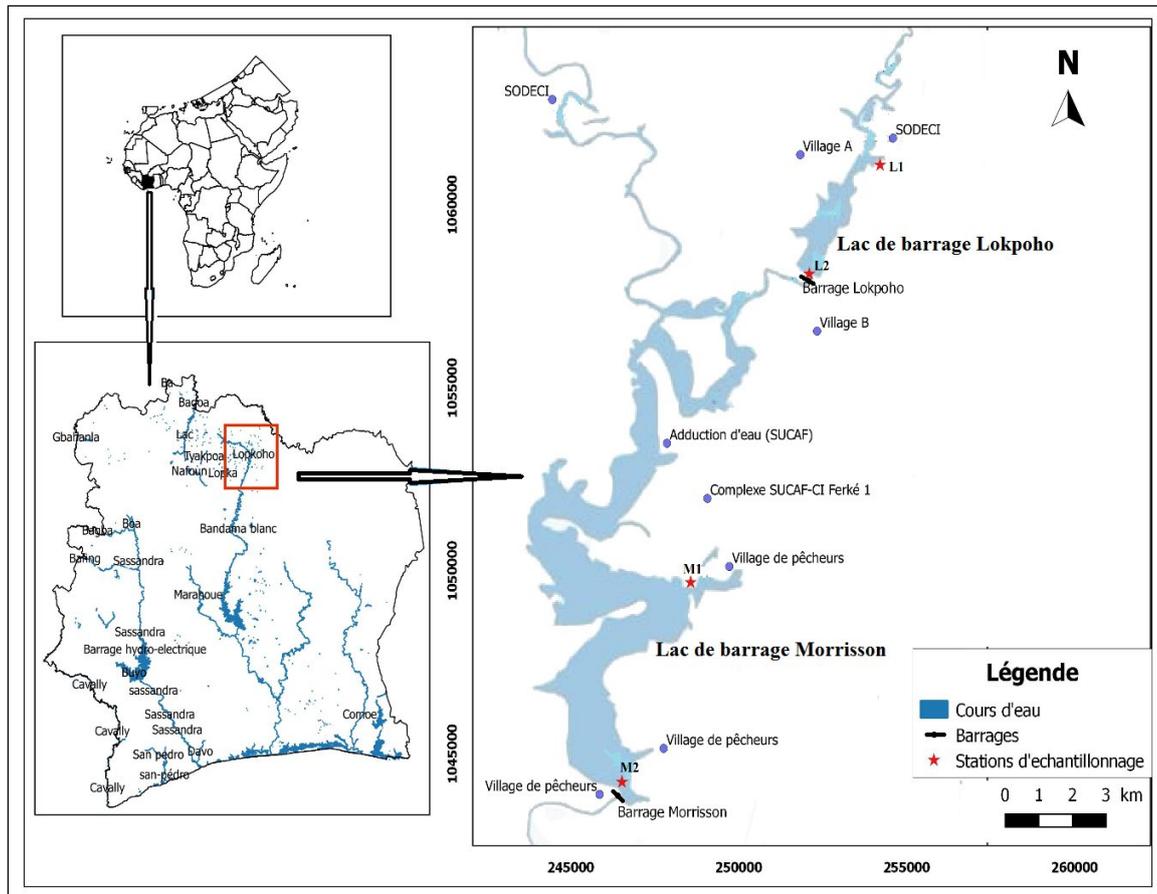


Figure 1 : Carte hydrographique montrant les stations d'échantillonnage dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson situés dans la partie septentrionale du Bassin du Bandama.

L1 et L2 = Station du lac de barrage Lokpoho ; M1 et M2 : Stations du lac de barrage Morrisson.

Résultats

Variables environnementales

Les valeurs moyennes et les écart-types des paramètres physico-chimiques sont présentées par le tableau 1 dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson en saison sèche et en saison des pluies. Les valeurs moyennes des paramètres tels que la température, l'oxygène dissous, le pH, le phosphore total, le chlorure, le potassium, le manganèse, le zinc et le silicium ne présentent aucune différence significative que ce soit entre les saisons ou entre les lacs de barrage (test-t ; $p > 0,05$). Dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson, le nitrite et le nitrate présentent des

valeurs moyennes significativement plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche (test-t ; $p < 0,05$). Cependant, les valeurs moyennes de la transparence sont significativement plus grandes en saison sèche qu'en saison des pluies dans les deux lacs de barrage (test-t ; $p < 0,05$). En outre, l'ammonium présente des valeurs moyennes significativement plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche uniquement dans le lac de barrage Lokpoho (test-t ; $p < 0,05$). En saison sèche, la valeur moyenne de l'ammonium dans le lac de barrage Morrisson est significativement plus grande que celle du lac de barrage Lokpoho (test-t ; $p < 0,05$).

Tableau 1 : Valeurs moyennes et écart-types des variables physico-chimiques des eaux des lacs de barrage Lokpoho et Morrisson (Haut-Bandama) d'octobre 2017 à septembre 2018.

Variables Physico-chimiques	Lac de barrage Lokpoho		Lac de barrage Morrisson	
	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des Pluies
Température (°C)	31,18±0,51	27,90±2,14	29,03±3,42	28,85±1,43
	29,39±2,31		28,94±2,50	
Oxygène dissous (mg.L ⁻¹)	3,63±1,94	4,67±2,99	4,95±1,63	4,26±3,15
	4,20±2,50		4,60±2,42	
pH	6,67±0,07	6,75±0,66	6,63±0,21	6,49±0,20
	6,71±0,47		6,56±0,21	
Transparence (m)	0,71±0,22*	0,25±0,03*	0,89±0,31*	0,22±0,05*
	0,46±0,28		0,55±0,40	
Potassium (mg.L ⁻¹)	4,01±0,70	3,20±0,61	3,18±0,57	3,20±0,47
	3,57±0,75		3,19±0,50	
Nitrate (mg.L ⁻¹)	0,03±0,004*	0,10±0,02*	0,03±0,01*	0,09±0,02*
	0,07±0,04		0,06±0,04	
Nitrite (mg.L ⁻¹)	0,003±<0,001*	0,01±0,003*	0,003±<0,001*	0,011±0,005*
	0,01±0,001		0,01±0,001	
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,20±0,12* #	0,36±0,02*	0,36±0,01 #	0,37±0,03
	0,29±0,12		0,36±0,02	
Phosphore (mg.L ⁻¹)	2,94±1,48	4,97±1,66	2,37±1,74	4,18±1,35
	4,05±1,84		3,28±1,76	
Chlorure (mg.L ⁻¹)	1,84±1,19	7,42±6,01	1,75±0,71	5,68±3,44
	4,88±5,21		3,72±3,14	
Silicium (mg.L ⁻¹)	12,94±1,72	17,98±5,40	14,63±2,16	27,63±23,19
	15,69±4,76		21,13±17,11	
Conductivité (µS.cm ⁻¹)	63,00±8,12	52,50±12,13	62,95±7,61	63,23±19,32
	57,27±11,40		63,09±14	
Zinc (mg.L ⁻¹)	0,02±0,02	0,05±0,05	0,01±0,00	0,02±0,02
	0,04±0,04		0,02±0,02	
Manganèse (mg.L ⁻¹)	0,29±0,21	0,41±0,47	0,22±0,29	0,26±0,10
	0,35±0,30		0,24±0,20	

(*) : La différence est significative entre les deux saisons pour un même lac

(#) : La différence est significative entre les deux lacs de barrage pour une saison donnée ou de façon annuelle

Variations de la Chlorophylle *a* dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson

De façon générale, la concentration de la chlorophylle *a* est plus élevée dans le lac de barrage Lokpoho que dans le lac de barrage Morrisson à toutes les périodes (DSS, PSS, DSP, PSP, FSP), à l'exception de la fin de la saison sèche (FSS), où celle-ci est plus élevée dans le lac de barrage Morrisson (FSS = 20,27 µg/L) que dans le lac de barrage Lokpoho (FSS = 14,79 µg/L). Le test-*t* de Student a montré une différence significative entre la concentration moyenne de chlorophylle *a* du lac de barrage Lokpoho (21,78 µg/L) et celle du lac de barrage Morrisson (10,90 µg/L) ($p < 0,05$).

Dans le lac de barrage Lokpoho, la concentration

minimale de chlorophylle *a* est enregistrée en pleine saison sèche (PSS = 7,25 µg/L) et la concentration maximale est déterminée pendant la pleine saison des pluies (PSP = 31,25 µg/L) (Figure 2). Le test-*t* de Student a montré que la valeur moyenne de chlorophylle *a* de la saison des pluies (27,20 µg/L) est significativement plus grande que celle de la saison sèche (15,28 µg/L) ($p < 0,05$).

Dans le lac de barrage Morrisson (Figure 2), la concentration minimale est atteinte en pleine saison sèche (PSS = 6,89 µg/L). La valeur maximale de la chlorophylle *a* est obtenue à la fin de la saison sèche (FSS = 20,27 µg/L). Les valeurs moyennes saisonnières sont de 11,86 µg/L en saison sèche et 9,94 µg/L en saison des pluies ($p > 0,05$).

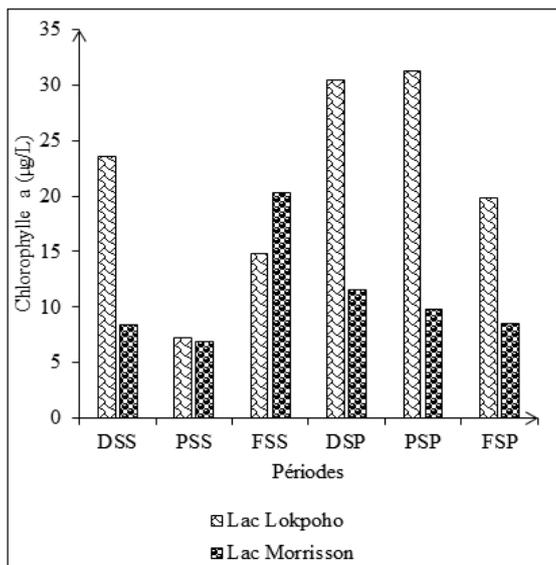


Figure 2 : Variations temporelles de la concentration de la chlorophylle *a* dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson (bassin du Haut-Bandama), d'octobre 2017 à septembre 2018.

DSS = début saison sèche, PSS = pleine saison sèche, FSS = fin saison sèche, DSP = début saison des pluies, PSP = pleine saison des pluies, FSP = Fin saison des pluies.

Influence saisonnière et annuelle des paramètres environnementaux sur la production de la biomasse Chlorophyllienne (Chl *a*) dans les lacs de barrage

Les Tableaux 2, 3 et 4 présentent les résultats des analyses de régressions multiples pas à pas

réalisées entre les paramètres physico-chimiques et la chlorophylle *a*.

En saison sèche (Tableau 2), les paramètres qui ont une relation positive et significative avec la production de la chlorophylle *a*, dans l'ordre décroissant, sont la transparence ($\beta = +0,99$; $R^2 = 70,23\%$), les ions Chlorures ($\beta = +0,91$; $R^2 = 52,89\%$), les nitrites ($\beta = +0,45$; $R^2 = 50,93\%$), le pH ($\beta = +0,47$; $R^2 = 45,63\%$) et l'ammonium ($\beta = +0,33$; $R^2 = 45,27\%$) ($p < 0,05$). La conductivité ($\beta = -0,75$; $R^2 = 80,67\%$) a une relation négative et significative avec la production de la chlorophylle *a* ($p < 0,05$).

En saison des pluies (Tableau 3), les nitrates ($\beta = +1,60$; $R^2 = 89,19\%$), le potassium ($\beta = +1,23$; $R^2 = 88,42\%$), les nitrites ($\beta = +0,91$; $R^2 = 85,68\%$) et l'ammonium ($\beta = +0,85$; $R^2 = 71,37\%$) ont une relation significativement positive avec la production chlorophyllienne ($p < 0,05$). Cependant, le silicium ($\beta = -1,00$; $R^2 = 79,52\%$) et les ions chlorures ($\beta = -1,50$; $R^2 = 94,15\%$) ont une relation négative et significative avec la production de la Chlorophylle *a* ($p < 0,05$).

Annuellement (Tableau 4), les ions chlorure ($\beta = +0,46$; $R^2 = 66,68\%$) et les nitrites ($\beta = +0,40$; $R^2 = 55,73\%$) ont une action positive et significative sur la production de la chlorophylle *a* dans les lacs de barrage du Haut-Bandama ($p < 0,05$). Par contre, la conductivité ($\beta = -0,43$; $R^2 = 52,85\%$) a une influence négative et significative sur la production de la chlorophylle *a* ($p < 0,05$).

Tableau 2 : Coefficient de la régression multiple pas à pas réalisée entre des paramètres physico-chimiques et la concentration de la chlorophylle *a* en saison sèche dans les lacs de barrage du Haut-Bandama (Côte d'Ivoire, Région des Savanes).

Variable dépendante	Variables indépendantes	Bêta	Corrélation partielle	R ²	p
Chlorophylle <i>a</i>	Chlorure	0,918	0,862	0,528	<0,001*
	pH	0,468	0,683	0,456	0,002*
	Transparence	0,991	0,825	0,702	<0,001*
	Conductivité	-0,747	-0,664	0,806	0,003*
	Nitrite	0,454	0,653	0,509	0,004*
	Ammonium	0,326	0,547	0,452	0,023*
	Zinc	-0,229	-0,316	0,711	0,216

(*) : $p < 0,05$

Tableau 3 : Coefficient de la régression multiple pas à pas réalisée entre des paramètres physico-chimiques et la concentration de la chlorophylle *a* en saison des pluies, dans les lacs de barrage du Haut-Bandama (Côte d'Ivoire, Région des Savanes).

Variable dépendante	Variabiles indépendantes	Bêta	Corrélation partielle	R ²	p
Chlorophylle a	Zinc	0,77	0,403	0,948	0,120
	Silicium	-1,00	-0,755	0,795	<0,001*
	Nitrate	1,60	0,801	0,891	<0,001*
	Ammonium	0,85	0,756	0,713	<0,001*
	Potassium	1,233	0,729	0,884	0,001*
	Chlorure	-1,495	-0,676	0,941	0,003*
	Nitrite	0,908	0,658	0,856	0,005*
	Température	-0,841	-0,431	0,950	0,095
	Conductivité	0,330	0,261	0,895	0,328

(*) : $p < 0,05$

Tableau 4 : Analyse annuelle de la régression multiple pas à pas réalisée entre des paramètres physico-chimiques et la concentration de la chlorophylle *a* dans les lacs de barrage du Haut-Bandama (Côte d'Ivoire, Région des Savanes), entre novembre 2017 et septembre 2018.

Variable dépendante	Variable indépendante	Bêta	Corrélation partielle	R ²	p
Chlorophylle a	Conductivité	-0,427	-0,377	0,528	0,016*
	Chlorure	0,462	0,348	0,666	0,027*
	Nitrite	0,400	0,347	0,557	0,027*
	Ammonium	-0,295	-0,306	0,386	0,054
	Transparence	0,284	0,236	0,621	0,141
	Potassium	0,239	0,217	0,552	0,178
	Manganèse	0,147	0,165	0,335	0,307
	Phosphates	0,053	0,047	0,592	0,772

(*) : $p < 0,05$

État de pollution des lacs de barrages du Haut-Bandama

La figure 3 présente les variations saisonnières de l'indice de Carlson dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrissou. Dans ces lacs de barrage, l'indice moyen de Carlson est plus élevé en saison des pluies (avec des valeurs respectives de 56,47

$\pm 2,43$ et $52,79 \pm 0,82$) qu'en saison sèche (avec des valeurs respectives de $45,44 \pm 5,68$ et $49,94 \pm 7,48$). Par ailleurs, le lac de barrage Lokpoho est mésotrophe en saison sèche et eutrophe en saison des pluies. Le lac de barrage Morrissou est eutrophe durant les deux saisons sèche et pluvieuse.

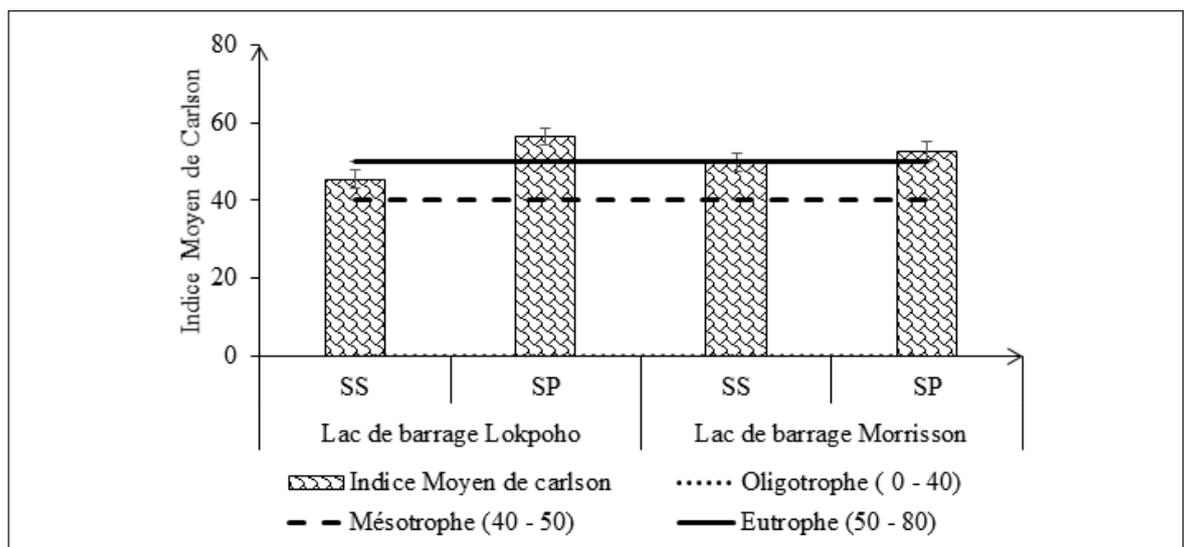


Figure 3 : Variations saisonnières de l'indice moyen de Carlson (1977) et détermination des niveaux d'eutrophisation des eaux des lacs de barrage Lokpoho et Morrissou, pendant les saisons sèche (SS) et pluvieuse (SP)

Discussion

La concentration moyenne de la chlorophylle *a* est plus élevée dans le lac de barrage Lokpoho que dans le lac de barrage Morrisson. Ce résultat pourrait être dû à la concentration des sels nutritifs qui est plus élevée dans le lac de barrage Lokpoho que dans le lac de barrage Morrisson. En effet, les stations du lac de barrage Lokpoho constituent des réceptacles pour les eaux de ruissèlement en provenance de la ville de Ferkessédougou et des agrosystèmes aux alentours de la ville. L'utilisation incontrôlée des fertilisants, par les paysans, dans les agrosystèmes et les activités anthropiques menées dans la ville de Ferké participent à enrichir en sels nutritifs les eaux du lac de barrage Lokpoho pendant la saison des pluies. D'après Dufour et Durand (1982), la concentration de la chlorophylle des cours d'eau dépend de la concentration en sels nutritifs de ceux-ci. Cela expliquerait aussi les valeurs maximales de chlorophylle *a* obtenues pendant la pleine saison des pluies dans le lac de barrage Lokpoho. Contrairement au lac de barrage Lokpoho, la concentration maximale de chlorophylle *a* est atteinte dans le lac de barrage Morrisson à la fin de la saison sèche. Ce maximum serait provoqué par l'entrée des eaux chargées de sels nutritifs en provenance de l'usine sucrière SUCAF-CI Ferké 1. Les valeurs minimales de la concentration de chlorophylle *a* obtenues en pleine saison sèche dans les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson seraient dues à la baisse générale des concentrations des sels nutritifs pendant la saison sèche. Cette explication corrobore les études de Berland *et al.* (1978) dans les eaux oligotrophes d'une aire côtière méditerranéenne (Calanque d'En-Vau, Marseille). En outre, la concentration moyenne de chlorophylle *a* obtenues dans le lac de barrage Lokpoho (21,20 µg/L) est plus élevée que les concentrations obtenues par Grogga (2012) (10,7 µg/L) dans les eaux du lac de Taabo et Lozo (2016) (12,46 µg/L) dans le lac de Kossou sur le fleuve Bandama. La concentration moyenne de chlorophylle *a* du lac de barrage Morrisson (10,90 µg/L) est plus faible que celle de Lozo (2016).

En saison des pluies, ce sont les sels nutritifs (les nitrates, le potassium, les nitrites et l'ammonium) qui influencent le plus la production de la Chlorophylle *a* dans les lacs de barrage. Plusieurs auteurs, dont Fuhs *et al.* (1972), Rhee (1978), Healey (1978), Pourriot *et al.* (1982) et Himmi *et al.* (2005), sont d'accord avec ces résultats. En effet, la

conséquence d'une légère diminution des teneurs en substances nutritives, par exemple, peut réduire la teneur en chlorophylle dans les cellules algales même en présence d'une intensité lumineuse favorable. À l'inverse, une augmentation des sels nutritifs favorise l'augmentation de la teneur en chlorophylle dans les cellules algales. En somme, le chloroplaste a besoin de lumière pour déclencher la photosynthèse mais, la photosynthèse ne peut véritablement se réaliser si le milieu est pauvre en nutriments. La transparence de l'eau, les nitrites et les nitrates font partir des éléments qui influencent le plus la production du phytoplancton et la production de la chlorophylle dans un milieu. En saison sèche, le paramètre qui influence le plus la concentration de la Chlorophylle *a*, dans les lacs de barrage, est la transparence de l'eau. Cela est dû au fait que pendant cette saison, les sels nutritifs devenant un facteur limitant pour la réalisation de la photosynthèse, la pénétration de la lumière (transparence des eaux) devient le seul paramètre qui influence significativement l'augmentation de la chlorophylle. En effet, pendant la saison sèche, les lacs de barrage ne reçoivent plus les ruissèlements des eaux de pluies. Ils deviennent pauvres en sels nutritifs. Tout ceci justifie aussi le fait que la concentration de la chlorophylle *a* soit plus petite en saison sèche qu'en saison des pluies.

Les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson sont eutrophes pendant la saison des pluies. Cela s'expliquerait par l'enrichissement du milieu en sels nutritifs. En effet, les lessivages des zones agricoles et pastorales, vers les lacs de barrage Lokpoho et Morrisson se font très rapidement à la première grande pluie. La zone Nord de la Côte d'Ivoire est dominée par des activités agricoles diverses dans lesquelles l'utilisation des engrais minéraux et organiques, des fumiers et des pesticides s'avèrent nécessaires pour assurer une bonne récolte. Face aux principales carences du sol en azote, phosphore, soufre, potassium et en magnésium, les restitutions minérales au sol proviennent presque exclusivement de la fumure animale (Akanvou, 1995), de l'engrais NPK et/ou de l'urée (Gigou et Traoré, 1991). Ainsi, l'utilisation obligatoire de tous ces intrants agricoles déficients pour le sol participent, par leurs ruissèlements, à rendre eutrophe les eaux des lacs de barrage Lokpoho et Morrisson au cours des quatre mois de la saison des pluies. En outre, la régression multiple pas à pas confirme les éléments chimiques responsables de l'eutrophisation des lacs de barrage du Haut-

Bandama en saison des pluies. Ces éléments sont : les éléments azotés (nitrates, nitrites, ammonium), le phosphore, le chlorure, le manganèse et le zinc. Ces éléments sont principalement les éléments chimiques déficients pour les sols du Nord de la Côte d'Ivoire.

Le lac de barrage Morrisson est eutrophe en saison sèche. En pleine saison sèche, l'usine de production de sucre (SUCAF-CI) commence sa campagne de production de sucre. Au cours de cette campagne, le lac de barrage Morrisson reçoit les effluents

en provenance de l'usine à partir de la station M1. Cette activité industrielle est un facteur de pollution du lac de barrage Morrisson en saison sèche. Contrairement au lac de barrage Morrisson, le lac de barrage Lokpoho est mésotrophe en saison sèche. Ce niveau mésotrophe s'expliquerait par une baisse de la concentration des sels nutritifs dans le milieu. En effet, les pluies ayant cessé d'arroser la région, le lac de barrage Lokpoho ne reçoit plus les effluents en provenance des agrosystèmes et de la ville de Ferkessédougou.

Conclusion

Les paramètres qui influencent le plus la variation de la chlorophylle *a* dans les eaux des lacs de barrage du Haut-Bandama sont fonction des saisons. En saison sèche, le pH, le chlorure, la transparence, la conductivité, les nitrites et l'ammonium sont les paramètres qui influencent la production de la chlorophylle *a*. En saison des pluies, les paramètres influents sont l'ion chlorure, le silicium, les nitrates, les nitrites, l'ammonium et le potassium. Certains paramètres comme les ions

chlorures, les nitrites et la conductivité influencent significativement la production de la chlorophylle *a* durant l'année. Au niveau de l'état trophique des lacs de barrage, le lac de barrage Lokpoho est mésotrophe en saison sèche et eutrophe en saison des pluies. Le lac de barrage Morrisson est eutrophe pendant les deux saisons. L'eutrophisation de ces lacs est en grande partie provoquée par les activités agropastorales et industrielles menées dans la région de Ferkessédougou.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université Félix Houphouët-Boigny et le complexe sucrier SUCAF-CI de

Ferkessédougou de nous avoir aidés dans l'exécution de nos différents travaux de recherche.

Références Bibliographiques

AFNOR NF T 90 117. 1999. Qualité de l'eau, dosage de la chlorophylle *a* et d'un indice phéopigments-Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. Association française de normalisation, France, 11p.

Akanvou RL. 1995. Production et valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest : actes du séminaire «Maïs prospère». CIRAD-SAR, Cotonou, Bénin, 304p.

Berland BR, Bonin DJ, Maestrini SY. 1978. Facteurs limitant la production primaire des eaux

oligotrophes d'une aire côtière méditerranéenne (Calanque d'En-Vau, Marseille). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 63(4) : 501 -531.

Berrada F, Berrada R, Benzekri A, Jabry E. 2000. Évolution saisonnière des peuplements phytoplanctoniques dans le lac-réservoir El Kansera (Maroc), en relation avec certains paramètres abiotiques et biotiques. *Hydroécologie Appliquée*, 1-2: 207-231

Carlson RE. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnologie Oceanographie*, 22(2) : 361 - 369

- Devi-prasad AG, Siddaraju. 2012.** Carlson's trophic state index for the assessment of trophic status of two lakes in Mandya district. *Advances in Applied Science Research*, 3(5) : 2992-2996.
- Dufour P, Durand JR. 1982.** La production végétale des lagunes de Côte d'Ivoire. *Revue d'Hydrobiologie. Tropicale*, 15(3) : 209 – 230.
- Fuhs GW, Demmerle SD, Canelli E, Chen M. 1972.** Characterization of phosphorus limited plankton algae (with reflection on the limiting-nutrient concept). In : Nutrients and eutrophication: the limiting-nutrient controversy. *Limnology Oceanography*, Inc., 113-133.
- Gigou J, Traoré S. 1991.** Rapport analytique des essais réalisés dans la région de Touba et de Korhogo. Côte d'Ivoire, 109 p.
- Groga N. 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 224p.
- Healey FP. 1978.** Physiological indicators of nutrient deficiency in algae. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 21 :34-41
- Himmi N, Hasnaoui M, Fekhaoui M, Foutlane A, Bourchich H, El Maroufy M, Bennazou T. 2005.** Variabilités des descripteurs physiques, chimiques et biologiques d'un réservoir de stockage (lagunage mixte, en Slimane - Maroc). *Revue des Sciences de l'eau*, 18 : 91 -107.
- Lorenzen CJ. 1967.** Vertical distribution of chlorophyll and phaeo-pigments: Baja California. *Deep-Sea Research*, 14 : 735-745.
- Lozo RN. 2016.** Composition floristique et distribution des peuplements de micro-algues du fleuve Bandama, Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 161 p.
- Péné CB, Kehé M. 2005.** Performances de trois variétés de canne à sucre et rationnement hydrique en prematuration au nord de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 17 (1) : 7-18.
- Pourriot R, Capblancq J, Champ P, Meyer JA. 1982.** Écologie du plancton des eaux continentales. Collection Ecology and Applied Environmental Science, éditon Masson, Paris, 16,198 p.
- Rhee GY. 1978.** Effects of N:P ratios and nitrate limitation on algal growth, cell composition and nitrate uptake. *Limnology Oceanography*, 23 : 10-25
- Traoré K. 1996.** État des connaissances sur les pêcheries continentales ivoiriennes. Rapport de consultation Avril 1996, Projet F.A.O. TCP/ IVC/ 4553, 135p.

Évaluation des impacts de l'orpaillage sur les composantes de l'écosystème naturel dans le Yaourè (Côte d'Ivoire)

Evaluation of illegal mining impacts on the constituents of natural ecosystem In Yaourè (Côte d'Ivoire)

Kouakou KG • Kambiré B • Alla DA

Received: 20 October 2020 / Accepted: 17 May 2021 / Published online: 30 June 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2021

Résumé La présente étude a identifié les différents impacts de l'orpaillage dans le Yaourè et a évalué leur niveau d'importance. La technique de collecte des données s'est appuyée sur les entretiens et l'observation directe de terrain. Les outils utilisés sont, les guides d'entretien, un dictaphone, un appareil photo, un décimètre, un GPS et des matrices d'identification des impacts. L'analyse des données a été possible grâce au logiciel Excel qui a permis de faire les graphiques et le logiciel ARC Gis pour le traitement des images satellitaires et les cartes d'occupation spatiale. Cette méthodologie a permis de montrer que l'activité d'orpaillage engendre divers impacts négatifs sur les composantes naturelles de l'environnement. Ceux-ci se manifestent par la disparition du couvert végétal, la destruction des espèces ligneuses qui induisent la perte d'habitat des espèces fauniques, la dégradation physique et chimique des sols, la pollution des eaux et la destruction de la flore et de la faune aquatique. L'évaluation du niveau d'importance des impacts a révélé que la phase de fonçage est celle qui cause le plus de dégâts environnementaux et le sol est le récepteur qui subit le plus d'impact. Ces différentes incidences perturbent l'équilibre écosystémique.

Mots clés : Évaluation, Impacts, Orpaillage, Écosystème, Côte d'Ivoire.

Abstract This current study has identified the different impacts of placer mining in Yaourè and has evaluated their level of importance. The data collection technique has used direct maintenances and observation of field. The tools used were: maintenance guides, dictation machine, a camera, a decimeter, a GPS and impact identification matrices. The analysis of the data has been possible thanks to the Excel software that made the graphics and the ARC Gis software for the processing of satellite images and spacecraft cards. This methodology helped to show that the activity of placer mining bring about various negative impacts on natural element of environment. All this is visible through forest disappearance, destruction of wood species that provoke the lost of animals living environment, physical and chemical degradation of soils, water pollution, marine fauna destruction. The evaluation of the level of impacts importance has shown that shift mining phase causes environmental damages and the soil that is the receptor has got most dangerous impact. These different incidences perturb the balance of ecosystem.

Key words : Evaluation, Impacts, Illegal mining, Ecosystem, Cote d'Ivoire

Introduction

L'exploitation artisanale de l'or communément appelée orpaillage est une activité ancienne dans les sociétés africaines. Elle est effective en Afrique de l'ouest depuis au moins le XV^e siècle (Bahbot, 2017). Les premières traces de cette activité en Côte d'Ivoire remonteraient au début du XVIII^e siècle (Goh, 2016). Cependant, ce métal précieux n'avait qu'une fonction socio-culturelle, par conséquent, il ne devait pas être commercialisé (Niangoran-Bouah, 1978). Aujourd'hui, ce rôle dévolu au métal jaune semble révolu et l'orpaillage est devenu une activité pourvoyeuse de revenu dans les localités où elle est pratiquée (Affessi *et al.*, 2016 ; Keita, 2017). Ce fait a entraîné son essor dans les zones rurales plus touchées par la pauvreté (Banque mondiale 2003). En Côte d'Ivoire, 24 régions sur les 31 que compte le pays sont touchées par cette activité (MIM., 2014). Parmi ces régions, se trouve celle de la marahoué qui abrite la localité

Yaouré dans le département de Bouaflé (Figure 1). Une étude menée en 2015 par 2D Consulting sur quatre villages de cette zone a montré que 27% des ménages de ces villages avaient l'orpaillage comme activité secondaire et environ 20% en faisaient leur activité principale et que les sites se comptaient en plusieurs dizaines (2D Consulting, 2015). Or l'orpaillage est connu pour sa contribution à la dégradation de l'environnement naturel. Nombreuses études en Côte d'Ivoire l'ont démontrée (Koffi, 2014 ; Hué *et al.*, 2020 ; Niamké *et al.*, 2020). Cependant, celles qui s'adonnent à l'évaluation de ces impacts sont quasi inexistantes. Cette étude vient donc combler ce manque. Elle vise à évaluer l'importance des effets induits de l'orpaillage sur l'environnement naturel. Pour atteindre cet objectif, elle identifie d'abord les impacts ensuite décrit leurs manifestations et enfin évalue leurs ampleurs.

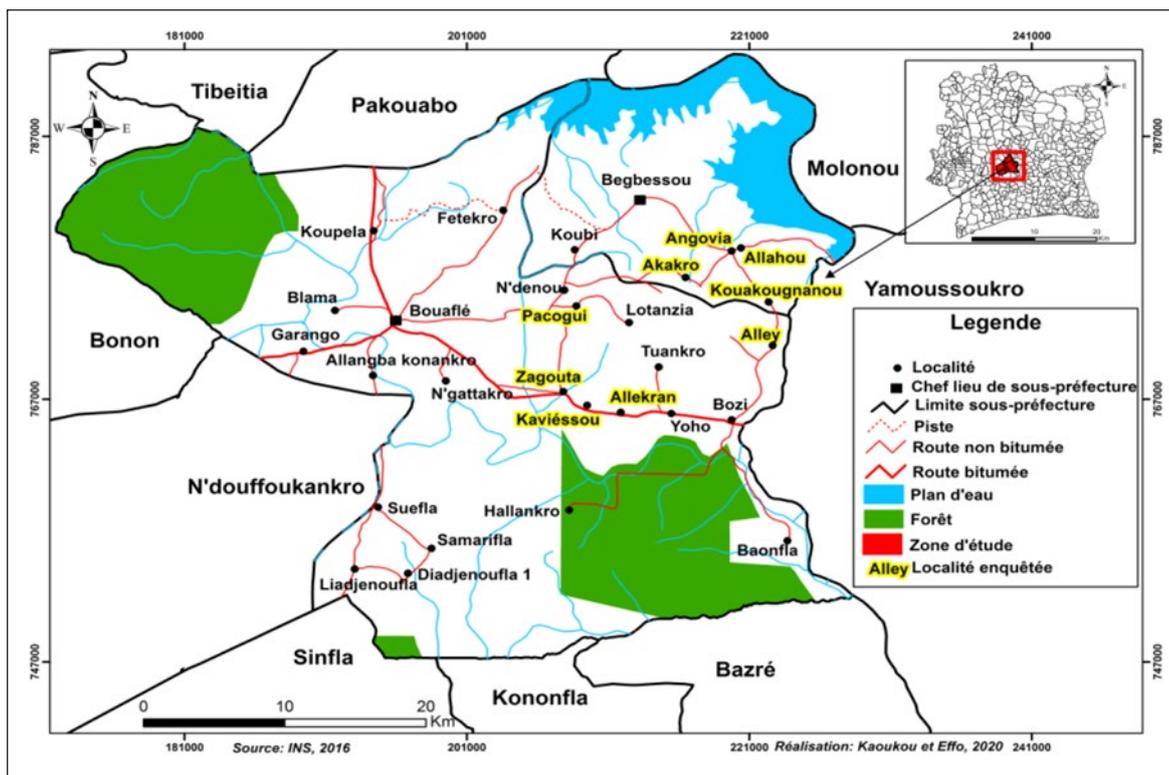


Figure 1 : Carte situant les localités concernées par l'étude.

Source : BNETD/CCT, 2011

Méthodologie

Méthodes et outils de collecte des données

Cette étude s'est basée sur les entretiens, les observations de terrain et l'élaboration des matrices d'évaluation des impacts pour obtenir les résultats. Les entretiens avec les orpailleurs ont permis de connaître les méthodes et techniques d'orpaillage. L'observation quant à elle s'est focalisée sur les sites d'orpaillage. Les unités observées étaient les puits, les bassins de lavage, les sites de traitement, les cours d'eau à proximité des sites, les sols ainsi que la végétation. Cette étape a été possible grâce à certains outils. Il s'agit d'un appareil photo numérique pour les prises de vue, d'un GPS (Global Positioning System) pour les levées de points et la délimitation des sites, d'un décamètre qui a servi à mesurer les profondeurs et les diamètres des puits et des bassins de lavage. L'identification des impacts s'est faite à l'aide de la matrice de Léopold (Tableau 1) qui associe à chaque étape de l'orpaillage le récepteur impacté (Sorgho, 2012). Les niveaux d'importance de ces impacts ont ensuite été évalués grâce à la matrice de Martin Fecteau (Tableau 2) (Fecteau, 1997). Cette évaluation s'est faite sur la base des critères que sont : la durée, l'intensité, l'étendue ou la portée. La durée de l'impact peut être courte (lorsque l'impact est temporaire et dure au plus quelques semaines ou mois), moyenne (lorsque l'impact dure quelques années et dont l'effet est réversible) ou longue (lorsque l'impact est permanent et l'effet est irréversible). L'intensité peut être faible, moyenne ou forte. Elle est faible lorsque l'impact affecte un ou deux aspects de l'environnement ; moyenne lorsqu'il affecte au moins trois aspects de l'environnement et forte lorsqu'il affecte tous les aspects de l'environnement. L'étendue peut être ponctuelle (limitée au site ou au comptoir), locale (l'impact du site arrive au comptoir et vice versa) ou régionale (l'impact atteint les villages environnants ou même aller au-delà). Cette évaluation a permis de trouver des niveaux d'importance majeure, moyenne et faible.

- un niveau d'importance majeure signifie que les modifications entraînées sont importantes sur la composante affectée, et se traduisent par des perturbations également importantes au niveau de son utilisation, de ses caractéristiques ou de sa qualité ;
- un niveau d'importance moyen signifie que l'impact entraîne des perturbations sur la composante du milieu touché qui modifie son utilisation, ses caractéristiques ou sa qualité ;

- un impact de niveau d'importance mineure signifie qu'il ne provoque que de faibles modifications sur la composante environnementale visée sans remettre en cause son utilisation, ses caractéristiques et sa qualité. Les différentes incidences identifiées ont enfin été classées en fonction de leur nature ou qualité (Q), de leur importance (I) et de leur probabilité d'occurrence (P). Ces critères définissent en fait la criticité (C) de l'impact qui selon Sorgho (2012) est évaluée par la formule suivante.

$$C = I \times Q \times P$$

La nature de l'impact peut être positive ou négative. Elle est positive (+) lorsqu'elle favorise le développement des composantes du milieu naturel. À contrario, lorsque l'impact dégrade un ou plusieurs de ces composantes, sa nature est alors négative (-).

L'importance de l'impact peut être mineure, moyenne ou majeure.

La probabilité d'occurrence est la possibilité de survenu de l'impact. Elle peut être inévitable, probable, ou rare.

- la probabilité d'occurrence inévitable indique que l'on peut avoir 90% à 100% de chance que l'évènement survienne, elle porte la côte 3 ;
- l'occurrence est probable quand on peut avoir 25 à 75% de chance que l'évènement survienne; elle porte la côte 2 ;
- la probabilité d'occurrence est dite rare quand on peut avoir moins de 25% de chance que l'évènement survienne, elle porte la côte 1.

Techniques d'analyse des données

Les informations enregistrées grâce au dictaphone lors de l'entretien ont été transcrites pour compléter les prises de notes afin d'établir une description plus détaillée du processus d'orpaillage. Les données recueillies avec le GPS ont été téléchargées dans le logiciel de cartographie ARC Gis pour constituer une base de données spatiales. Ce logiciel a servi à traiter ces données pour sortir des cartes d'occupation spatiale des sites d'orpaillage. Les mesures prises avec le décamètre ont permis de calculer les profondeurs moyennes et les surfaces des puits et des bassins de lavage ainsi que leur densité sur les sites. La formule suivante a été utilisée pour calculer le nombre d'arbres abattus :

$$Na = \frac{n \times l}{hm}$$

Na : nombre d'arbres abattus

n : nombre de tronc d'arbres

l : longueur moyenne des tronc d'arbre du tas

hm : hauteur maximale de la strate arbustive dans un milieu savanicole arboré selon Guillaumet et Adjanooum (1966).

Les graphiques et tableaux ont été réalisés grâce aux logiciels Excel et Word.

Tableau 1 : Matrice d'identification des impacts de Leopold

Activités source d'impacts	Impacts	Récepteurs				
		Faune	Flore	Sol	Eau	Air

Source : Sorgho (2012)

Tableau 2 : Matrice d'évaluation de l'importance des impacts de Martin Fecteau

Intensité	Portée	Durée	Importance
forte	régionale	longue	majeure
		moyenne	majeure
		courte	majeure
	locale	longue	majeure
		moyenne	moyenne
		courte	moyenne
ponctuelle	longue	majeure	
	moyenne	moyenne	
	courte	mineure	
moyenne	régionale	longue	majeure
		moyenne	moyenne
		courte	moyenne
	locale	longue	moyenne
		moyenne	moyenne
		courte	moyenne
ponctuelle	longue	moyenne	
	moyenne	moyenne	
	courte	mineure	
faible	régionale	longue	majeure
		moyenne	moyenne
		courte	mineure
	locale	longue	moyenne
		moyenne	moyenne
		courte	mineure
ponctuelle	longue	mineure	
	moyenne	mineure	
	courte	mineure	

Source : Fecteau (1997)

Résultats

Identification des impacts de l'orpaillage sur l'écosystème naturel

L'exploitation traditionnelle de l'or dans le Yaouré entraîne plusieurs incidences néfastes sur l'écosystème naturel (Tableau 3). Au regard de ce tableau, ces impacts se traduisent par la perte de la couverture végétale et la destruction des espèces ligneuses qui induisent la perte d'habitat des espèces fauniques et donc leur disparition. Quant au sol, il est physiquement et chimiquement dégradé. Les sources d'eau de surface sont également atteintes. Ces différents impacts sont associés à chaque étape de l'orpaillage.

Manifestation des incidences de l'orpaillage sur l'écosystème naturel

Disparition du couvert végétal et destruction de la flore ligneuse

L'orpaillage dans le Yaouré se pratique sur plusieurs sites disséminés dans toute la localité comme le montre la figure 2.

À l'observation de cette carte, il ressort une distribution spatiale inégale des sites entre les différentes localités. La localité de Kouakougnanou regroupe le plus grand nombre de sites d'orpaillage avec 28% de l'ensemble des sites. Elle est suivie par les localités d'Alley avec 16,67%, d'Allekran avec 14,28% et d'Angovia avec 11,90% des sites. Les autres localités possèdent entre 9,52% et 4,76% des sites. Pacogui est la localité qui possède le plus petit taux de site avec seulement 4,76%. L'ensemble de ces sites couvre une superficie totale de 58,33 hectares. Or l'orpaillage exige le déblayage des sites. Il va sans dire que 58,33 hectares de végétation ont disparu dans cette localité sous l'action de l'orpaillage. L'orpaillage est également une activité fort consommatrice en ressources ligneuses. En effet, les orpailleurs utilisent les bois pour le soutènement des puits, pour le feu et pour la construction d'abris. La coupure est souvent sélective. Les arbres les plus résistants sont les plus prisés. Pour palier toute rupture, ils constituent parfois des stocks de tronc d'arbres. La figure 3 illustre les différents usages de la flore ligneuse.

En observant ces images, l'on constate qu'il s'agit en général des arbustes. Sur un site d'orpaillage à Pacogui, plusieurs tas de troncs d'arbres ont été dénombrés. Le tableau 4 présente leurs caractéristiques.

Ce tableau montre que ce site contient 8 tas d'arbres. Chacun regroupe au moins 10 morceaux de bois de longueurs différentes. Dans cette zone de savane

arborée, la structure verticale des arbustes varient selon Guillaumet et Adjanohoun (1966), de 2 à 8 mètres. Ces tas de troncs d'arbres correspondent à un total de 66 arbustes qui ont été abattus sur ce site d'environ deux hectares. Ce nombre représente une grosse perte pour la flore ligneuse dans cette zone où les bosquets sont disséminés çà et là.

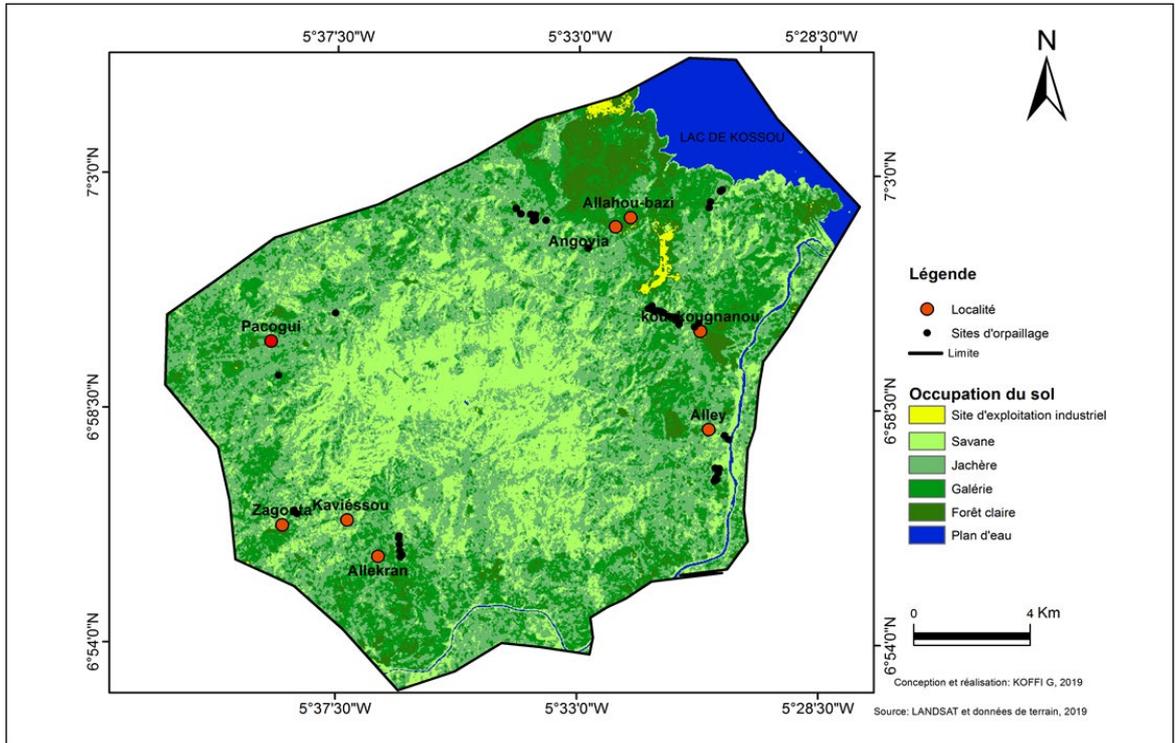


Figure 2 : Carte de répartition spatiale des sites d'orpaillage dans le Yaourè Source : Landsat et données de terrain 2019



3a) Tas de troncs d'arbres sur un site d'orpaillage à Pacogui

3b) Feu de bois sur un site à Pacogui

3c) Abris d'orpailleurs construit avec des troncs d'arbre

Figure 3 : Usages des arbres sur les sites d'étude

Tableau 3 : Différents impacts de l'orpaillage sur l'écosystème dans le Yaourè

Phase	Source	Récepteur	Impact	Manifestation de l'impact
Fonçage	Excavation	Faune	perte d'habitat des espèces fauniques	destruction de l'habitat faunique par défrichage du site pour le creusage des puits
		Flore	perte de la couverture végétale	disparition de la couverture végétale par déblayage du site
		Sol	dégradation physique du sol	présence des incisions sur les sites, lessivage et érosion des sols
			perte des terres agricoles	présence des incisions sur les sites qui constituent une entrave à l'agriculture
		Eau	destruction des lits des cours d'eau	creusage des puits dans le lit des cours d'eau
			destruction de la flore de la faune aquatique	dragage des cours d'eau
	augmentation de la turbidité de l'eau		déversement des stériles miniers dans les cours d'eau	
	Évacuation et mise en tas des stériles miniers	Sol	pollution visuelle	modification du paysage par les tas de stériles miniers
			formation de boues	effluents de boue sous l'action de la pluie
			réduction de terre agricole	indisponibilité des terres pour la pratique de l'agriculture à cause des tas de stériles miniers
	Évacuation de l'eau des puits	Sol	pollution du sol	déversement des eaux, huiles et carburant des motopompes sur le sol
		Eau	modification de la nappe	évacuation de grande quantité d'eau de la nappe
Soutènement	Flore	perte d'espèces végétales	coupures sélectionnées des espèces solides pour le soutènement des puits	
Lavage	Mise en place des bassins	Flore	destruction de la couverture végétale	défrichage de l'espace pour le creusage des bassins de retenue d'eau
		Sol	dégradation des sols	présence des espaces excavés sur le site
			réduction des terres agricoles	présence des excavations sur le site
	Remplissage des bassins	Eau	épuisement des sources d'eau	utilisation de grande quantité d'eau pour remplir les bassins de lavage
			baisse du régime hydrique des cours d'eau	utilisation de grande quantité d'eau
	Évacuation de la boue issue du lavage	Sol	pollution des sols	coulée de boue qui empêche l'usage du sol
		Flore	destruction du couvert végétal	asphyxie des végétaux par la coulée de boue
	Lavage dans les cours d'eau	Eau	augmentation de la turbidité de l'eau	déversement de la boue dans les cours d'eau
Broyage	Sol	pollution des sols	déversement d'hydrocarbures issus des moteurs des moulins	
Récupération du minéral	Amalgamation	Sol	pollution du sol	déversement de mercure ou du cyanure sur le sol
		Eau	pollution de l'eau	contamination des sources d'eau par entrainement de l'eau de ruissellement
Construction des camps et vie quotidienne	Élimination du mercure ou du cyanure	Sol	pollution du sol	contamination des sols par déversement du mercure résiduel dans la nature
		Flore	destruction des végétaux	destruction des végétaux du fait de la pollution du sol
	Installation des abris et commerce	Flore	déboisement	coupe de bois pour la construction des abris
	Vie quotidienne	Sol	compactage des sols	pression humaine sur les sols provoquant leur compactage
			pollution des sols	pollution par la présence des dépôts sauvages, des déchets plastiques et solides et de la matière fécale
	Flore	déstructure de la flore ligneuse	coupe des arbres pour le bois de feu	

Source : Données terrain, 2019.

Tableau 4 : Équivalent de nombre d'arbres par tas sur un site à Pacogui

Observation	Nombre de troncs d'arbre	Longueur des troncs d'arbres (m)	Longueur moyenne des troncs d'arbre (m)	Équivalent du nombre d'arbres
tas 1	23	[2 ; 2,5]	2,25	6
tas 2	20	[2 ; 3]	2,5	6
tas 3	10	[2 ; 3,5]	2,75	3
tas 4	15	[1,5 ; 3]	2,25	4
tas 5	30	[1 ; 3,5]	2,25	9
tas 6	50	[1 ; 3]	2	13
tas 7	35	[2 ; 3,5]	2,75	12
tas 8	40	[1,5 ; 3,5]	2,5	13

Des sols excavés

La destruction des sols par l'orpaillage est généralement causée au cours de la phase de fonçage des puits et des bassins de lavage. Au cours de cette phase, plusieurs excavations sont créées sur les sites. Malheureusement, aucune mesure de

rehabilitation n'est adoptée à la fin de l'exploitation en vue de les refermer. Il en résulte donc des espaces couverts de larges incisions. L'exemple du site de Trombonou dans la localité d'Angovia illustre cette réalité (Figure 4). Sur ce site de 42 000 m², la densité des puits miniers est estimée à 90 pour 10 000 m². L'espace occupé par un puits et sa terre végétale fait en moyenne 78,5 m². L'ensemble des puits sur ce site occupe donc en moyenne 31 321,5 m². À cela, il faut ajouter les 6664 m² couverts par les 24 bassins de lavage et leur tas de gravier, ce qui donne un total de 37 985, 5 m² soit 90,44% de la superficie totale du site qui est couvert par ces excavations et leurs emprises. Malheureusement, à la fin des activités, ces espaces excavés restent sans aucun soin. Cela défigure ces sols et les rend indisponibles pour la pratique de l'agriculture comme le montre la figure 5. À ce fait, il faut ajouter les tas de graviers et de stériles miniers qui jalonnent les sites et qui parfois donnent une allure de paysage accidenté (Figure 6).

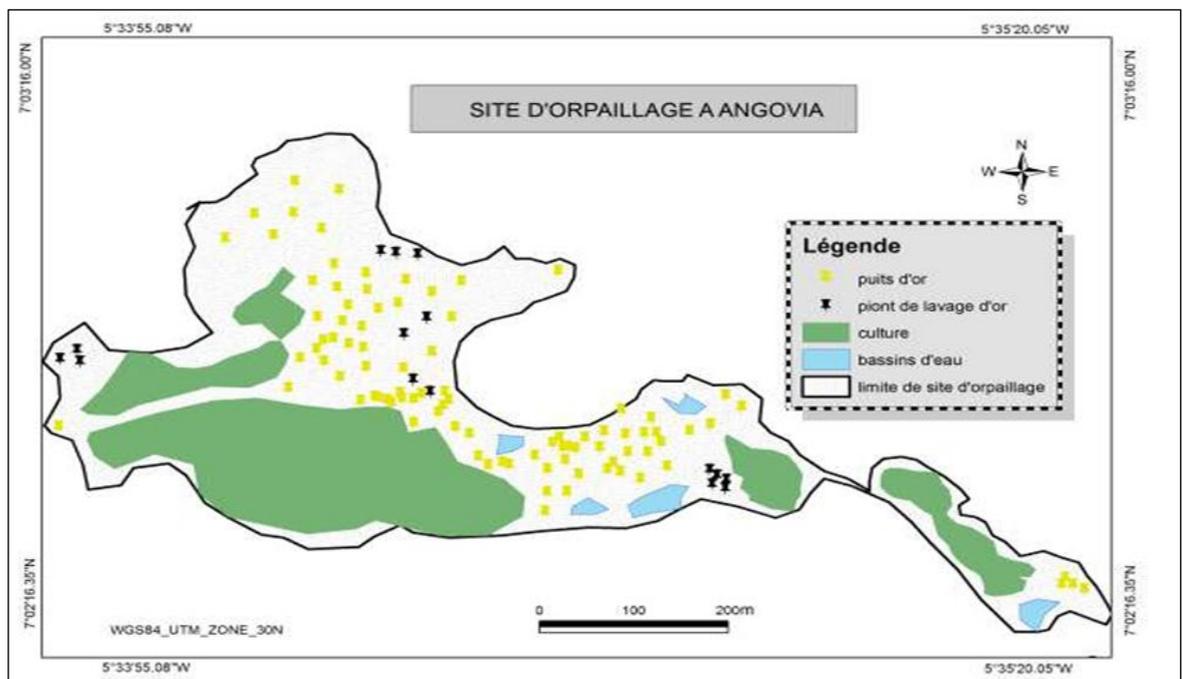


Figure 4 : Carte montrant les puits et bassins de lavage sur un site d'orpaillage Conception et réalisation : Gabin Koffi 2019



Figure 5 : Site d'orpaillage couvert d'excavations



Figure 6 : Tas de stériles miniers sur un site d'orpaillage à Zagouta

Destruction du lit des cours d'eau et perturbation du régime hydrique

L'orpaillage est une activité consommatrice d'eau. Dans le processus d'exploitation, l'usage de l'eau intervient au cours du lavage du minerai. Cette phase nécessite d'importante quantité d'eau. Cette eau provient soit des marais, soit des cours d'eau. Dans cette localité à l'interface de la savane et de la forêt, les cours d'eau sont moins denses et saisonniers pour la plupart. Le prélèvement d'importante quantité de ces rivières provoque une baisse de leur niveau et précipite leur tarissement bien avant que la saison sèche ne s'accroisse.

Cette exploitation traditionnelle s'effectue également dans les lits des cours d'eau, cela entraîne la destruction du lit perturbant ainsi l'écoulement normal. Le plus souvent, l'eau retenue grâce aux digues créées par les orpailleurs, se transforme en un lac, ce qui diminue le régime hydrique de la rivière en aval. La figure 7 illustre le cas d'une rivière à Akakro. Les Chinois y ont exploité l'or de façon traditionnelle avec des pelleteuses au cours de l'année 2018. Les différentes excavations faites dans le lit ont complètement défiguré la rivière créant en amont un lac puis en aval un presque ruisseau.



7a) Lit d'une rivière en amont d'un site d'orpaillage mécanique à Akakro

7b) Lit de rivière en aval du site

7c) Lit de rivière au lieu de l'exploitation

Figure 7 : Lit d'une rivière complètement modifié par l'orpaillage mécanisé

Augmentation de la turbidité des eaux de surface

Lorsque le site se trouve à proximité d'une source d'eau, l'eau de cette source est aspirée grâce à une moto-pompe pour remplir les bassins de lavage. La boue issue du lavage est entraînée par l'eau de ruissellement dans la source, ce qui cause son ensablement et augmente sa turbidité. C'est ce que présente la figure 8 prise sur un site à Pacogui. La coloration rouge ôcre de l'eau de la rivière caractérise l'importance de la turbidité causée par le déversement de boue issue du lavage du gravier dans le courant. Dans d'autres cas, le gravier est directement lavé dans la rivière.



Figure 8 : Source d'eau remplie de boue

Évaluation du niveau d'importance des incidences de l'orpaillage sur les composantes du milieu naturel dans le Yaourè

Cette évaluation se fonde sur les incidences décrites précédemment. Les niveaux d'importance des impacts identifiés sont soit mineurs, soit moyens ou forts (Figure 9).

À travers cette figure, l'on constate que les incidences qui ont un niveau d'importance moyen sont les plus nombreuses. Elles représentent 52,63% des impacts de l'activité. Ensuite viennent les incidences de niveau d'importance majeur représentées à 34,21%. Les incidences de niveau d'importance mineur sont les moins représentées. Ils constituent 21% des incidences de l'orpaillage sur l'écosystème naturel.

L'importance de ces impacts est fonction des phases de l'activité. Durant le déroulement de l'orpaillage, le fonçage est la phase qui affecte le plus le milieu. Il concentre 36,84% des impacts induits par cette activité sur l'environnement naturel. Il est suivi de la phase de lavage avec 21%. Les phases d'identification du site et la construction du camps des orpailleurs occasionnent chacune 13,5% des impacts. Les phases de concassage et de broyage du gravier ainsi que celle concernant la récupération du métal ont moins d'impact sur l'environnement. Elles ne concentrent chacune que 7,89% des impacts.

De tous les récepteurs, le sol est le récepteur qui est le plus endommagé par l'orpaillage. Il porte 42,14% des impacts. Il est suivi de la flore (herbeuse et ligneuse) et l'eau. Ces deux entités supportent chacune 21% des impacts. La faune est impactée dans une moindre mesure. Elle endosse

15,86% des impacts (Figure 10). Ces réalités telles qu'exposées, trouvent leurs explications dans la répartition des niveaux d'importance des incidences par récepteur (Figure 11).

À travers cette figure, il ressort que la majorité des activités soit 53,84% ont une incidence majeure sur le sol. De même, 30% des activités ont une incidence moyenne sur ce support. La flore et les ressources en eau qui endossent chacune 21% de l'ensemble des impacts, portent chacune 23% des incidences majeures. Au niveau des incidences d'importance moyenne, l'eau l'emporte sur la flore avec une différence de 5%.

La hiérarchisation de ces impacts qui a donné le tableau 5 révèle que, de toutes les incidences que l'orpaillage entraîne sur l'environnement dans le Yaourè, les plus préoccupantes sont la dégradation des sols, la modification du paysage et la perte des terres agricoles. La perte de la couverture végétale, la production de déchets (solides et liquides) sur les sites, la pollution des eaux et la destruction des ressources en eau ainsi que la perte des espèces ligneuses viennent au second plan. Le degré d'urgence des autres incidences est moindre.

À bien observer, les incidences prioritaires concernent celles qui touchent le sol. Ce constat entérine le fait que le sol est le récepteur le plus affecté par l'orpaillage. Les larges incisions laissées dans les sols ainsi que les tas de stériles miniers à l'allure de colline qui jonchent les sites modifiant le paysage visuelle, sont les principales manifestations de cette incidence. Dans cette zone rurale, cela représente une menace pour la pratique des activités agricoles.

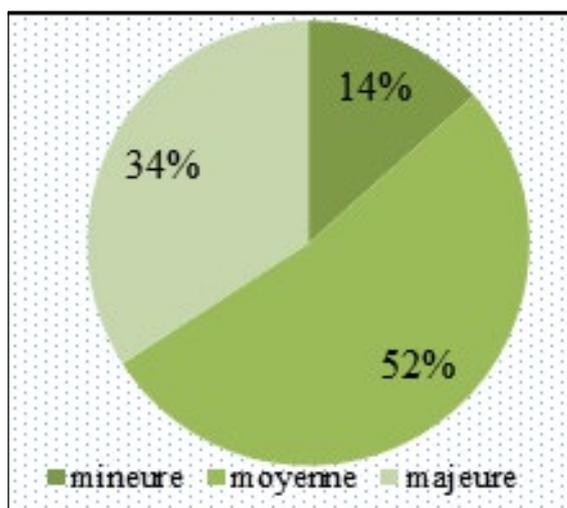


Figure 9 : Niveaux d'importance des impacts

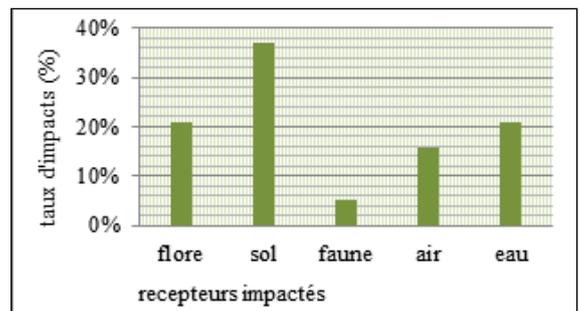


Figure 10 : Distribution des impacts par récepteur

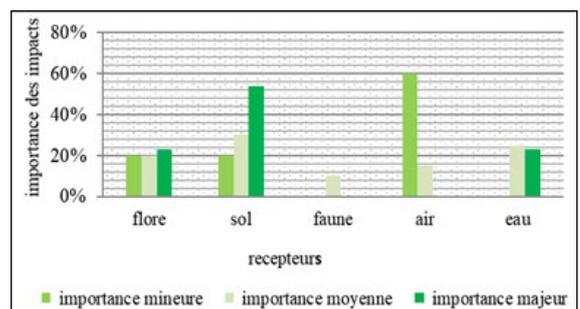


Figure 11 : Répartition de l'importance des impacts sur les récepteurs

Tableau 5: Hiérarchisation des incidences de l'orpaillage

Impacts	Qualité de l'effet	Importance	Probabilité d'occurrence	Criticité	Degré d'urgence
Dégradation du sol	-	3	3	-9	Prioritaire
Modification du paysage	-	3	3	-9	Prioritaire
Perte de terres agricoles	-	3	3	-9	Prioritaire
Perte de la couverture végétale	-	2	3	-6	Secondaire
Production de déchets	-	2	3	-6	Secondaire
Pollution des eaux et destruction des ressources en eau	-	2	3	-6	Secondaire
Déboisement	-	2	3	-6	Secondaire
Pollution des sols	-	2	2	-4	Final
Perturbation de l'écoulement des eaux de surface	-	2	2	-4	Final
Perte de la faune	-	2	1	-2	Final
Pollution de l'air	-	1	2	-2	Final
Perturbation des eaux souterraines	-	1	1	-1	Final

Discussion

Cette étude a permis de montrer la manifestation des incidences de l'orpaillage sur les composantes de l'environnement naturel dans le Yaourè. Ainsi, il ressort que le déblayage des sites ainsi que la coupe des arbres pour les besoins sur les sites occasionnent la disparition du couvert végétal et la destruction des espèces ligneuses. Dans son étude sur la question de la remédiation environnementale résultante de l'exploitation artisanale à petite échelle du diamant dans l'union du fleuve Mano, Yoboué (2017) est parvenu à ces mêmes résultats, bien que le minerai exploité ne soit pas l'or. Pour lui, toutes ces actions de coupe d'arbres, aboutissent à la fragilisation du couvert végétal et à la disparition progressive d'espèces protégées. Voilà pourquoi il affirme qu'on est en présence d'une véritable dégradation forestière. La perte de la couverture végétale expose les sols à l'érosion pluviale. Ceux-ci perdent leurs couches arables sous l'action de l'eau de ruissellement, devenant ainsi pauvres et improductifs pour les végétaux. Cette dénudation peut persister pendant plusieurs années. Bamba *et al.* (2013) sont parvenus à des résultats similaires dans leur étude sur l'impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso. Cependant, pour eux, cette incidence était modérée.

Outre l'érosion, l'orpaillage engendre la défiguration des sites, ce que Sorgho (2012) appelle la pollution visuelle. Les tas de stériles miniers et les larges excavations laissées béantes sur les sites, constituent l'expression de cette forme de dégradation qui a été également prouvée par Kambiré *et al.* (2018) dans une étude menée dans la localité de Hiré (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Ils conçoivent la présence des trous, et des galeries comme l'impact le plus visible sur les sites d'orpaillage. Bamba *et al.* (2013) reconnaissent également que le fonçage des puits a un impact très important car cela augmente le compactage des sols, ce qui entraîne par ricochet la perte de nutriments et de structure de ces sols. Toutefois, ils soulignent que cet impact reste limité à la zone d'orpaillage, par conséquent son importance est modérée.

En exploitant les fonds des rivières et en utilisant les sources d'eau pour le lavage du gravier, l'orpaillage engendre la perturbation du régime hydrique des cours d'eau, l'augmentation de la turbidité des différentes sources d'eau ainsi que la pollution par les produits chimiques utilisés. Cela pourrait induire la destruction de la faune et de la flore aquatique. Le groupe scientifique de l'eau explique cela par le fait que la hausse de la turbidité

s'accompagne aussi d'une augmentation des bactéries et des virus qui se fixent plus facilement sur les particules lorsqu'elles sont en nombre dans l'eau (Groupe scientifique de l'eau, 2003, cité par Robert, 2014). Ces éléments peuvent par la suite « contaminer » le milieu aquatique dans lequel les organismes se développent. Or, certaines espèces animales et végétales ne peuvent faire face à cette « contamination ». L'augmentation de la turbidité peut aussi irriter voire boucher les branchies, altérer le développement des œufs et des larves et ensabler les sites de nutrition ou de frai (Appleby et Scaratt, 1989 cités par Robert, 2014 ; Grasso *et al.*, 2011). Concernant la pollution des eaux par les produits chimiques, OMS (2007), Biswas *et al.* (2008) cités par Yoboué (2017) et Estrade *et al.* (2009), expliquent que le mercure utilisé lors de l'amalgamation, s'évapore et se dépose dans le sol et les sédiments des lacs, des cours d'eau, des baies et des océans où les micro-organismes anaérobies, le transforment en méthyl-mercure. Dans les étendues d'eau, ce méthyl-mercure est absorbé par le phytoplancton, ingéré par le

zooplancton et les poissons, contaminant ainsi la chaîne alimentaire.

L'évaluation de ces impacts a permis de réaliser que la phase de fonçage est celle qui cause plus de dégâts et le sol est le récepteur le plus endommagé. Ces résultats concordent avec ceux de l'étude réalisée par Sorgho (2012) sur le site de Mankarga, dans la commune de Boudry au Burkina Faso. Selon les résultats de cette étude, le sol est le récepteur le plus impacté. Kiemtoré (2012) a également évalué les impacts de l'orpaillage sur l'environnement et a identifié 17 impacts dont 3 d'importance majeure, 13 d'importance moyenne et 1 d'importance mineure. Les trois impacts majeurs concernent selon cette étude, la modification du paysage, la pollution des eaux et la déforestation. Procédant à la hiérarchisation de ces impacts, l'auteur a prouvé que la modification du paysage est l'impact prioritaire. Ces résultats diffèrent de celui de l'évaluation faite dans la présente étude. Cela serait lié au fait que les réalités géographiques ne sont pas les mêmes sur les espaces considérés dans ces deux études.

Conclusion

En définitive, l'orpaillage entraîne des incidences néfastes sur le milieu naturel dans la localité Yaourè. Les différentes étapes de cette activité affectent à des degrés divers, les composantes de l'environnement physique. Bien que les outils employés soient rudimentaires, la persistance de l'activité, qui se traduit par la multiplicité des sites, amplifie évidemment ces impacts. L'intensité de ces impacts diffère selon le récepteur. Le sol qui est le support de cette activité est le récepteur le plus endommagé. La hiérarchisation des impacts

a permis de comprendre que la dégradation du sol avec pour principal corollaire la perte des terres agricoles et la modification du paysage, constitue les incidences prioritaires. L'ampleur de cette dégradation impose l'adoption de mesures plus rigides afin de sauvegarder l'écosystème naturel de cette localité pour un développement local durable. Cependant, vue l'implication active de la population, serait-il possible d'endiguer l'expansion de l'orpaillage dans cette localité ?

Références Bibliographiques

USAID. 2017. Directives environnementales sectorielles : exploitation minière artisanale et à petite échelle, appui de l'USAID à la gestion de l'environnement mondial, 100 p.

AMEC. 2014. Rapport préliminaire de l'étude d'impact environnemental et social (EIES) du projet aurifère de Yaourè, Côte d'Ivoire, 162 p.

Bamba O, Pelede S, Sako A, Kagambega N, Miningou M. 2013. Impacts de l'artisanat minier

sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso. *Journal des Sciences*, 13 (1) :1-11.

Bohbot J. 2017. L'orpaillage au Burkina Faso : une aubaine économique pour les populations aux conséquences sociales et environnementales mal maîtrisées. *Echogéo*, 42 : 1-19.

2D Consulting. 2015. Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) du projet de mine d'or du Yaourè, Amara-Mining, rapport final, 601p.

- Fecteau M. 1997.** Étude d'impact environnementale: analyse comparée des méthodes de cotation. Université du Québec, rapport de recherche. 119p.
- Goh D. 2016.** L'exploitation artisanale de l'or en Côte d'Ivoire : la persistance d'une activité illégale. *European Scientific Journal*, 12 (3) :18-36.
- Guillaumet JL, et Adjanohoun E. 1966.** La végétation en Côte d'Ivoire. *Horizon IRD*, 104 p.
- Hué BBF, Kambiré B, Alla DA. 2020.** Mutations environnementales liées à l'orpaillage à Ity (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Annales de l'Université de Moundou*, 7(2) : 133-151
- Kambiré B, Tia L, Ouattara O. 2018.** Exploitations aurifères artisanales et dégradation des écosystèmes naturels à Hiré, Ouest de la Côte d'Ivoire, *Presse Universitaire de Lomé*, 1 :54-77.
- Kéita S. 2001.** Études sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle au Mali Mining. *Minerals and sustainable development report*, Mali, 80 : 58 p.
- Kientore I. 2012.** Impacts environnementaux et risques sanitaires de l'exploitation artisanale de l'or : cas du site aurifère de Bouéré dans la province du TUY (Burkina Faso), Mémoire de Master, Spécialité en gestion durable des mines. Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, 56 p.
- Koffi YD. 2014.** Impacts de l'exploitation minière artisanale de l'or sur les eaux de surface à Hiré (Côte d'Ivoire), Mémoire de Master, Université Nangui Abrogoua, (Abidjan, Côte d'Ivoire) 72p.
- Kouadio KN. 2008.** Exploitation artisanale de l'or dans le processus de mutation socioéconomique à Hiré (Sud Bandama, Côte d'Ivoire), Mémoire de DEA, Université de Bouaké (Côte d'Ivoire), 64 p.
- Maradan D, Ouedraogo B, Thiohiombiano N. 2011.** Analyse économique du secteur des mines liens pauvreté et environnement, Rapport final, Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 69 p.
- Ministère de l'Industrie et des Mines. 2014.** Progrès économique au niveau du secteur industriel et des investissements, 3p.
- Niamké KH, Effebi KR, N'dri BE, Gontonan KF, Oga YM-S. 2020.** Caractérisation des paramètres physiques et du taux de mercure des eaux dans un environnement d'orpaillage : cas de Kouamefla dans le Département d'Oumé (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Geological and Geophysics*, 8 (1), série III : 48-56.
- Robert E. 2014.** Turbidité et risque dans le bassin versant de la Doubegué (BF), *Bulletin de l'association des géographes français*, 91(3) : 356-372.
- Sorgho WRF. 2012.** Évaluation environnementale et sociale des sites d'orpaillage et stratégies de compensation: cas du site de Mankarga dans la commune de Boudry au Burkina Faso, Mémoire de fin d'étude de Master spécialisé en gestion durable des mines, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Burkina Faso, 68p.
- Yoboué KKM. 2017.** La question de la remédiation environnementale résultant de l'exploitation artisanale, à petite échelle du diamant : cas de l'Union du Fleuve Mano, Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse (France), 271p.

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.

S O M M A I R E

Ahoba A · Gueulou N · N'Guessan KAÉvaluation de la proportion d'aubier et de bois parfait pour la valorisation des rebuts de billons de *Tectona grandis* L. f. (Lamiaceae).....1**Baldé A · Kouamé NF · Diallo A · Kouassi KÉ**

Distribution des Melastomataceae et leurs utilisations dans la pharmacopée traditionnelle en République de Guinée.....9

Cissé M · Kamelan TM · Siaka B · Kouamelan EP

Paramètres de population des principales espèces de poissons du lac de barrage d'Ayamé 1 sept ans après le retour des pêcheurs allogènes.....23

Nangalire NO · Iragi CL · Cirhuza CS · Mushagalusa MM · Ntamwira NS

Caractérisation structurale des îlots forestiers de la partie anthropisée de Cirere, à l'Est de la République Démocratique du Congo.....37

Koné N · N'Da AS · Berté S · Kouamelan EPPêche, paramètres de croissance et d'exploitation de *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916, dans le lac de Barrage de Kossou (Fleuve Bandama, Côte d'Ivoire).....52**Soro TA · Komoé K · Etilé RN · Gooré BI G**Influence des variables environnementales sur la variation temporelle de la chlorophylle *a* et état de pollution des lacs de Barrage Lokpoho et Morrisson (Haut-Bandama, Côte d'Ivoire).....63**Kouakou KG · Kambiré B · Alla DA**

Évaluation des impacts de l'orpaillage sur les composantes de l'écosystème naturel dans le Yaourè (Côte d'Ivoire).....73