

REB PASRES

Revue de l'Environnement et de la Biodiversité - PASRES

N°
04



JANVIER-JUIN 2019

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 KONÉ Mamidou Witabouna, UNA Pr KASSI N'Dja Justin, UFHB Pr KONÉ Inza, UFHB 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

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, UFHB	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 des'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

MAKOUANZI EKOMONO CG, MAYINGUINDI UC, LOUBASSOU V

Expression différentielle de la valeur génétique de la croissance de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* sous contrainte nutritionnelle.....1

KPANGUI KB, SANGNE YC, VROH BTA, ASSI YJ †

État de la diversité floristique et valeur de conservation des fragments forestiers résiduels du domaine de la société des caoutchoucs de Grand Béréby (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire)....9

KOUAKOU K, YAPO BO, MEITÉ L, GNAGNE YA

Caractérisation du méthylparabène et du triclosan dans les eaux usées du canal d'Anoumabo (Côte d'Ivoire).....23

LOZO RN, BERTE S, OUATTARA NI, OUATTARA A, KOUAMELAN EP

Variation spatio-saisonnière des paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire)..... 34

AMANI KDS, AKE-ASSI E, YAO K

Étude ethnobotanique des plantes à potentialité décorative des formations naturelles utilisées en médecine traditionnelle au nord de la Côte d'Ivoire.....44

KASEREKA L, CHIFUNDERA KZ

Occurrence des amphibiens en forêt primaire et milieux dégradés des rives occidentales du lac Kivu, Est de la République Démocratique du Congo.....56

EXPRESSION DIFFÉRENTIELLE DE LA VALEUR GÉNÉTIQUE DE LA CROISSANCE DE *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* SOUS CONTRAINTE NUTRITIONNELLE

MAKOUANZI EKOMONO CG^{1, 2*}, MAYINGUINDI UC³, LOUBASSOU V²

RÉSUMÉ

Dans le but d'estimer les composantes de la variance phénotypique de l'hybride *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* dans deux environnements contrastés et de se rendre compte de l'expression différentielle de la valeur génétique sous contrainte hydrominérale, un test multi site de descendances pleins frères avec les copies végétatives de chacun des individus a été utilisé. Ce dispositif a été installé dans deux situations environnementales contrastées, un milieu peu contraint, puis un autre très contraint en termes d'acquisition de ressources hydrominérales. La situation de contrainte a été mimée par le changement de la densité de plantation, générant ainsi une interaction génotype × environnement. La valeur génétique des individus a été estimée par la meilleure prédiction linéaire non biaisée (BLUP). Les résultats montrent que la variance additive baisse avec l'augmentation de la contrainte nutritionnelle. L'interaction génotype × environnement varie en fonction du caractère et de la structure génotypique du matériel végétal. La hauteur est moins interactive avec l'environnement que la circonférence. Les corrélations entre BLUPs des différents milieux permettent de conclure que les variétés clones interagissent plus que les variétés familles.

Mots clés : Valeur génétique, Interaction génotype × environnement, Corrélation, Test de descendances clonées.

BREEDING VALUE AND GROWTH EXPRESSION OF *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* UNDER NUTRITIONAL CONSTRAINTS

ABSTRACT

The differential expression of breeding value of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* growth under nutritional constraint was studied by using a multilocal clonally replicated progeny test. The aim of study was to estimate different phenotypic component of variance and to determinate the trend of breeding value when the environmental conditions changes. The trees spacing generated the genotype-by-environment interaction. The individual breeding value was estimated by the best linear unbiased prediction (BLUP). Planting spacing affected the genetic parameter estimates. The nutritional constraint increasing leads to less additive variance. Genotype-by-environment varies according to trait and to the variety genotypic structure. Adverse effects of competition with neighboring trees occurred on both height and radial growth, but this effect is greater for radial growth. The correlations between BLUPs of the different environments show that clone variety interact more than families varieties.

Key words : Breeding value, Genotype-by-environment interaction, Correlation, Clonally replicated progeny test.

¹École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien NGOUABI, Brazzaville, République du Congo

²Institut National de Recherche Forestière (IRF), Brazzaville, République du Congo

³Centre de Recherche sur la Durabilité et la Productivité des Plantations Industrielles (CRDPI)

*Auteur de correspondance : garelmak@yahoo.fr

Introduction

Les espèces forestières de plantations sont soumises à de fortes variations spatiales et temporelles, sources d'interactions génotype \times environnement (G \times E). Le changement de caractéristiques entre deux environnements peut affecter de façon plus ou moins considérable l'expression des gènes. L'expression des gènes, le phénotype, est déterminée par des effets génétiques eux même et ceux du milieu. La part génétique peut elle-même être décomposée en une part due aux effets additifs de chaque gène, dite valeur génétique additive, et une composante liée aux interactions entre gènes au même locus (dominance) et entre différents loci (épistasie). Seule la valeur génétique additive se transmet d'une génération à l'autre, tandis que les interactions sont recrées aléatoirement à chaque génération. Dans un programme de sélection récurrente réciproque comme celui développé pour les eucalyptus du Congo, on cherche, entre autres à augmenter la valeur génétique additive, en retenant comme reproducteurs à chaque génération les individus à valeur génétique additive la plus élevée (Boichard *et al.*, 1992). Toutefois, la valeur génétique additive n'est pas une donnée observable. L'évaluation génétique a donc pour objectif d'estimer au mieux la valeur additive des reproducteurs potentiels. La valeur génétique d'un individu peut être estimée à partir d'une prédiction non biaisée (Henderson, 1975 ; Carvalho, 2012 ; Castro *et al.*, 2016) appelée BLUP (Best Linear unbiased Prediction). La méthode BLUP assume que les valeurs génétiques sont des effets non observables, mais les variances et covariances le sont également (Abu-Ellaïl *et al.*, 2018).

L'ultime objectif en amélioration génétique est la prédiction de la valeur génotypique des candidats à la sélection (Ramalho *et al.*, 2013 ; Apiolaza, 2014). Cet ultime objectif est bien conforté si on arrive à la fois à prédire de façon précise la valeur génétique et aussi, à se rendre compte de sa stabilité à différentes situations environnementales. Or, l'interaction G \times E complique la sélection dans les programmes d'amélioration des plantes en rendant inconsistant les gains génétiques espérés (Ades et Garnier-Géré, 1996). Tester les arbres dans différentes situations environnementales permet donc d'avoir des

larges connaissances sur le matériel végétal qu'on souhaite exploiter. Du point de vu de l'estimation des paramètres génétiques, si l'expérimentation est effectuée dans un seul et unique environnement, les effets génotypiques et d'interaction sont complètement confus et inséparables. De ce fait, la variance inter génotype est plus grande que si les génotypes sont testés sur plusieurs environnements (Wricke et Weber, 1986). Cela signifie que les héritabilités et les gains génétiques estimés dans un test à environnement unique sont biaisés à la hausse. L'approche multisite consiste donc à considérer l'expression d'un même caractère à travers différents environnements comme étant deux caractères différents reliés par un certain degré de corrélation génétique (Falconer, 1974).

En matière d'expérimentation en amélioration génétique, les études multi-environnementales peuvent être abordées sous plusieurs angles (répétition du matériel végétal dans plusieurs sites, contraste de conditions sylvicoles, essais de fertilisation etc.). Dans la présente étude, le changement de milieu est mimé par le changement de la densité de plantation, créant pour les plantes, une compétition accrue pour l'accès à la ressource hydrominérale. Des études sur les eucalyptus (Bouvet, 1997 ; Bouvet *et al.*, 2003) et sur d'autres espèces (Dreyfus, 1990 ; Xie *et al.*, 1995) traitent de l'effet de la densité de plantation sur la croissance ainsi que sur les paramètres génétiques. Cet article aborde ces questions, mais dans le cas d'une population d'hybrides *Eucalyptus urophylla* \times *Eucalyptus grandis* du Congo testée dans un dispositif à pédigrée complexe (comprenant des familles de demi-frères, des familles de pleins frères et des clones), permettant une meilleure prédiction de la valeur des ortets.

Les objectifs de cette étude sont de : (i) estimer les composantes de la variance phénotypique de la population hybride dans deux environnements contrastés ; (ii) mettre en évidence l'expression différentielle de la valeur génétique sous contrainte hydrominérale ; (iii) estimer l'importance de l'interaction G \times E en fonction de la structure génotypique de l'hybride *E. urophylla* \times *E. grandis*.

Matériel et Méthodes

Matériel végétal et dispositif expérimental

L'étude a été réalisée dans le massif forestier d'eucalyptus de Pointe-Noire en république du Congo, situé à 4° de latitude Sud et 12° de longitude Est. Le dispositif expérimental a été installé à la station de KISSOKO (11°59'21»E 4°45'51»S) situé à environ 20 km au nord-est de Pointe-Noire. Le matériel végétal utilisé provient des familles élites de plein-frères de l'hybride *E. urophylla* × *E. grandis*, obtenues par pollinisation contrôlée entre 13 géniteurs *E. urophylla*, utilisés comme parent femelle et 11 géniteurs *E. grandis*, utilisés comme parent mâle. Les descendants obtenus après hybridation ont été répliqués par multiplication végétative et installés dans deux environnements contrastés par la densité de plantation. Le dispositif mis en place est un test multisite des descendance de 64 familles de pleins frères avec 25 individus différents par famille, avec six copies végétatives de chacun des individus. Ce test multisite a été installé selon deux densités de plantation : 883 et 2500 tiges/ha. Dans chaque site l'essai installé est un dispositif en blocs complètement randomisés, comprenant 3 blocs. L'unité expérimentale est un plateau de 25 individus. Deux variables ont été considérées pour mesurer la croissance : la hauteur totale (HT) des arbres et la circonférence à 1,30 m (C). Les mesures ont été effectuées à 55 mois à l'aide d'un dendromètre (vertex III + transpondeur) pour la hauteur et à l'aide d'un mètre ruban pour la circonférence à 1,30 m.

Analyse statistique des données

Le dispositif expérimental exploité dans cette étude renferme des variétés familles de demi-frères (soit par le mâle, soit par la femelle), des familles de pleins frères et des clones. Ces familles représentent les différentes structures génotypiques.

Les BLUPs des variétés familles de demi-frères, familles de pleins frères et clones ont été estimés à partir du modèle d'analyse de variance en mono site (Piepho *et al.*, 2008).

Le modèle linéaire mixte utilisé prend en compte les effets environnementaux relatifs à la localisation des arbres sur une même ligne ou une même colonne et

aussi au sein d'un même plateau (effet plot) :

$$y = \mu 1_n + X_B + Z_{\text{col(B)}}^{\text{col(B)}} + Z_r^r + Z_M^M + Z_F^F + Z_{MF}^{MF} + Z_C^C + Z_{\text{plot}}^{\text{plot}} + \varepsilon$$

Où y est le vecteur de mesures relatif à chaque individu ; X et Z sont les matrices d'incidence liées respectivement à l'effet fixe et aux effets aléatoires ; B est le vecteur de l'effet fixe du bloc ; col(B) est le vecteur des effets aléatoires des colonnes dans les blocs, $\text{col(B)} \sim N(0, \sigma_{\text{col(B)}}^2 \text{Id})$; σ^2 désigne la variance ; Id désigne une modélisation par la matrice identité ; r est le vecteur des effets aléatoires liés aux lignes, $r \sim N(0, \sigma_r^2 \text{Id})$; M est le vecteur des effets aléatoires dus aux mâles, $M \sim N(0, \sigma_M^2 \text{Id})$; F est le vecteur des effets aléatoires dus aux femelles, $F \sim N(0, \sigma_F^2 \text{Id})$; MF est le vecteur des effets aléatoires d'interaction entre mâles et femelles, $MF \sim N(0, \sigma_{MF}^2 \text{Id})$; C est le vecteur des effets aléatoires des clones, $C \sim N(0, \sigma_C^2 \text{Id})$; plot est le vecteur des effets aléatoires liés aux parcelles, $\text{plot} \sim N(0, \sigma_{\text{plot}}^2 \text{Id})$; ε est le vecteur de l'erreur résiduelle, $\varepsilon \sim N(0, \sigma_e^2 \text{Id})$.

Les BLUPs générés par l'analyse de variance sont les équivalents des solutions du modèle mixte. Cette relation a été démontrée par Henderson (1975), et est largement utilisée en amélioration des plantes (Gilmour *et al.*, 2006 ; Piepho *et al.*, 2008).

La variance phénotypique (σ_p^2) a été calculée en sommant l'ensemble des variances des paramètres du modèle.

$$\sigma_p^2 = \sigma_{\text{col(bloc)}}^2 + \sigma_r^2 + \sigma_{\text{plot}}^2 + \sigma_M^2 + \sigma_F^2 + \sigma_{MF}^2 + \sigma_C^2 + \sigma_e^2$$

La variance additive (σ_A^2) a été calculée avec la formule classique de génétique quantitative :

$$\sigma_A^2 = \frac{1}{2}(\sigma_{A_m}^2 + \sigma_{A_f}^2)$$

$\sigma_{A_m}^2$ et $\sigma_{A_f}^2$ sont respectivement les variances additives mâle et femelle.

Les coefficients de corrélation de Pearson entre les BLUPs ont été obtenus en appliquant la formule classique suivante :

$$r(xy) = \text{cov}(x,y) / (\sigma_x \sigma_y)$$

$\text{cov}(x,y)$ désigne la covariance entre x et y , les caractères à corrélés ; $\sigma_x \sigma_y$ désigne le produit des écarts-types des variables x et y .

Résultats

Composantes de la variance

La hauteur moyenne des arbres est supérieure dans le test de descendances à faible densité comparativement au test de descendances à forte densité (Tableau 1). Les variances spatiales lignes et colonnes sont nulles. Le même résultat a été observé pour la variance plot (Tableau 2). La composante résiduelle de la variance est de loin la plus importante comparativement aux autres composantes du modèle (Tableau 2). Le rapport de la variance résiduelle sur la variance phénotypique

dans les deux situations environnementales est respectivement égal à 70 et 95% pour la hauteur et égal à 77 et 96% pour la circonférence. En dehors de la variance résiduelle de la hauteur et des variances nulles, toutes les composantes de la variance phénotypique baissent lorsqu'on passe de la faible à la forte densité. Quel que soit le caractère, la variance femelle est supérieure à la variance mâle. La variance clone (ou clone dans famille) s'annule dans le milieu le plus contraint. La variance additive baisse considérablement avec l'augmentation de la compétition (Tableau 2).

Tableau 1 : Statistiques descriptives.

Paramètres	HT55_833	HT55_2500	C55_833	C55_2500
Moyenne	18,30	17,36	39,46	29,93
Écart-type	4,92	5,14	13,21	10,72
Minimum	1,4	2,4	1	3
Maximum	29,3	27,6	73	64,5
Nombre d'échantillons	2000	2506	2000	2506

Légende : HT55_833 : Hauteur à 55 mois dans la densité 833 tiges/ha, HT55_2500 : Hauteur à 55 mois dans la densité 2500 tiges/ha, C55_833 : Circonférence à 55 mois dans la densité 833 tiges/ha, C55_2500 : Circonférence à 55 mois dans la densité 2500 tiges/ha.

Tableau 2 : Composantes de la variance phénotypique.

paramètres	833 tiges/ha		2500 tiges/ha		833 tiges/ha		2500 tiges/ha	
	HT55				C55			
	estimations	se	estimations	se	estimations	se	estimations	se
$\sigma^2_{col(bloc)}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_{plot}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ^2_M	1,41	1,02	0,33	0,29	2,00	2,11	0,00	0,00
σ^2_F	1,48	0,90	0,76	0,44	6,15	4,71	3,27	1,80
σ^2_{MF}	1,57	0,57	0,33	0,24	6,51	2,97	0,94	0,85
σ^2_C	3,03	0,62	0,00	0,00	25,00	4,78	0,00	0,00
σ^2_ε	17,75	0,73	25,43	0,73	135,83	5,57	111,75	3,20
σ^2_P	25,24		26,85		175,48		115,97	
σ^2_A	1,45		0,55		4,07		1,64	

Légende : $\sigma^2_{col(bloc)}$: variance colonne dans bloc, σ^2_r : variance entre les lignes, σ^2_{plot} : variance inter placeau, σ^2_M : variance mâle, σ^2_F : variance femelle, σ^2_{MF} : variance d'interaction mâle×femelle, σ^2_C : variance clone, σ^2_ε : variance résiduelle, σ^2_P : variance phénotypique, σ^2_A : variance additive, HT55 : hauteur à 55 mois, C55 : circonférence à 55 mois, se : standard error (écart-type).

Corrélations entre BLUPs

Le dispositif expérimental exploité dans cette étude renferme des familles de demi-frères (soit par le mâle, soit par la femelle), des familles de pleins frères et des clones. Pour chaque structure génotypique, les BLUPs des individus testés dans l'environnement le moins contraint ont été corrélés avec ceux des individus testés dans l'environnement

le plus contraint. Pour la hauteur et la circonférence, les corrélations entre BLUPs des familles de demi-frères ($r_{HT} = 0,70$; $r_C = 0,47$) sont supérieures aux corrélations entre BLUPs des familles de plein frères ($r_{HT} = 0,53$; $r_C = 0,44$) qui à leur tour sont supérieures aux corrélations entre BLUPs des clones ($r_{HT} = 0,00$; $r_C = 0,01$) (Figures 1, 2 et 3). Cela traduit une forte interaction G×E chez les clones, modérée chez les

familles de pleins-frères et un peu plus faible chez les familles de demi-frères. En fonction de la structure génotypique, les valeurs génétiques des individus testés changent plus ou moins de classement et/ou d'échelle lorsqu'on passe du milieu le moins contraint au milieu le plus contraint.

L'importance de l'interaction G×E est fonction du caractère considéré. Les résultats montrent que la hauteur ayant des corrélations entre BLUPs intersites plus fortes, est moins interactive que la circonférence.

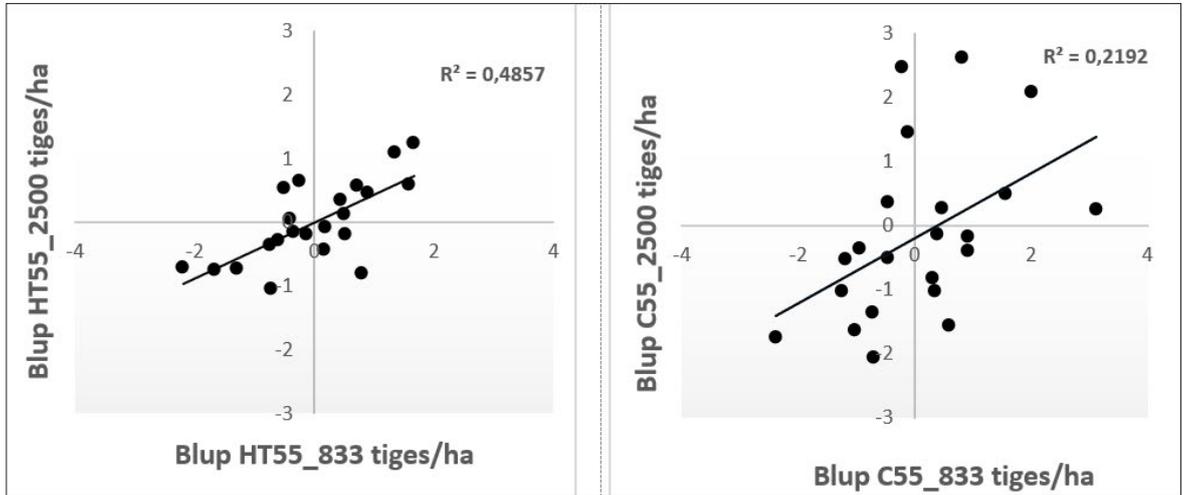


Figure 1 : Corrélations entre BLUPs pour les familles de demi-frères.

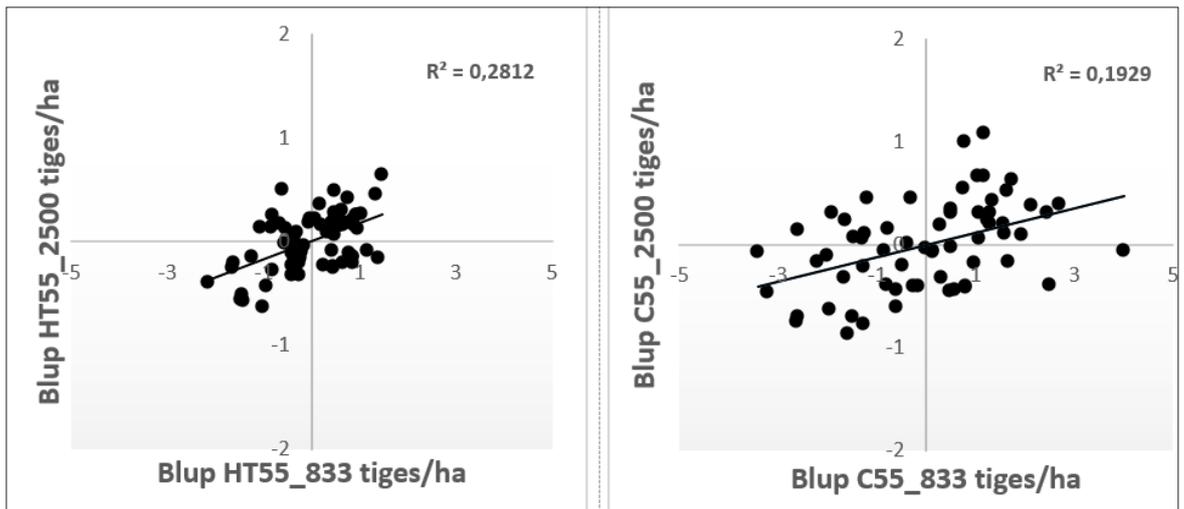


Figure 2 : Corrélations entre BLUPs pour les familles de pleins frères.

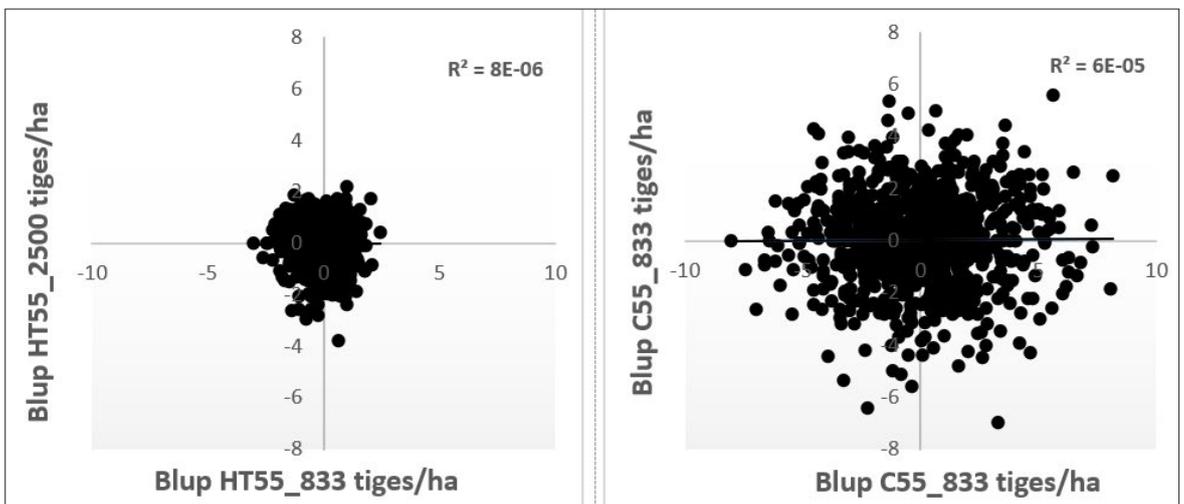


Figure 3 : Corrélations entre BLUPs pour les clones.

Discussion

Composantes de la variance

La croissance rapide de l'eucalyptus conduit à l'installation rapide de la compétition entre les individus. Il a été montré chez les arbres forestiers que l'effet de la densité affecte beaucoup plus la circonférence que la hauteur (Parde et Bouchon, 2009 ; Dhote, 1997 ; Bouvet *et al.*, 2003). La compétition entre arbres semble avoir plus d'impact sur la croissance secondaire que primaire.

Les effets environnementaux sont nuls à 55 mois, l'âge de la réalisation de la présente étude. Des études antérieures sur les eucalyptus du Congo ont montré que les effets environnementaux baissent avec l'âge des arbres (Bouvet *et al.*, 2009 ; Makouanzi *et al.*, 2017). En effet cette baisse de la variance environnementale est le fait de l'hétérogénéité locale. L'expression génétique des plants dans un essai dépend de la constitution des microenvironnements. Les plants expriment leur potentiel génétique dans des micro environnements plus ou moins hétérogènes, d'où une diversité de réponses et la présence d'une composante de la variance environnementale non nulle. Au fur et à mesure que les arbres croissent et que ceux-ci prospectent un milieu de plus en plus grand, les effets environnementaux s'atténuent au profit des effets génétiques.

La supériorité de la variabilité des *E. urophylla* sur les *E. grandis* est encore une fois mise en évidence dans le cas du programme d'amélioration génétique des eucalyptus du Congo. Cette supériorité a pour cause l'importante variabilité des populations de bases des *E. urophylla* par rapport à celle des *E. grandis* (Vigneron, 1991 ; Bouvet et Vigneron, 1996 ; Bouvet *et al.*, 2009).

L'effet de la densité sur les effets additifs est bien distinct. La compétition entraîne une baisse de la variance additive. Plusieurs études rapportent l'existence d'un effet densité de plantation sur les composantes de la variance dans un sens comme dans un autre, chez *Pseudotsuga menziesii* (St. Clair et Adams, 1991) ; *Pinus pinaster* (Kusnandar *et al.*, 1998) ; *E. urophylla* × *E. grandis* (Bouvet *et al.*, 2003), *E. nitens* (Volker *et al.*, 2008), *Zelkova serrata* (Tanabe *et al.*, 2019). Cela voudrait dire que l'adaptation à des milieux très contraints (forte compétition par exemple) est en partie sous contrôle additif.

Expression différentielle du BLUP et effet de la structure génotypique

Si l'expression des gènes change avec l'âge des arbres, elle change aussi avec la contrainte environnementale. Dans cette étude, les valeurs des BLUPs varient suivant l'environnement, mais l'importance de cette variation est fonction de la structure génotypique. Corréler les BLUPs de deux ou plusieurs milieux requiert une homogénéité des variances résiduelles (Costa e Silva *et al.*, 2005). En amélioration animale, plusieurs études ont montré que cette conditionnalité peut être négligée pour les traits de production et de conformation (Weigel et Lawlor, 1994 ; Doderhoff et Swalve, 1998). En amélioration des plantes, cette conditionnalité a aussi quelque fois été déconsidérée dans différents tests de descendance ayant des variances hétérogènes pour les caractères de croissances (White et Hodge, 1989).

L'importance de l'interaction G×E change avec le caractère considéré. La hauteur est moins interactive que la circonférence. Ce résultat s'explique par le fait que la hauteur, plus héritable, est moins affecté par les effets environnementaux (Makouanzi *et al.*, 2017). Des auteurs comme Dhote (1997), Bouvet *et al.* (2003), Parde et Bouchon (2009) rapportent que les caractères fortement héritables présentent une faible interaction G×E. Cela pourrait avoir un lien avec une différence de fonctionnement du méristème apical et du cambium sous l'effet de la compétition.

Les corrélations entre les BLUPs des parents (mâles ou femelles) traduisent les corrélations entre les BLUPs des familles de demi-frères. Ces dernières sont supérieures aux corrélations entre les BLUPs des familles de pleins frères, qui sont à leur tour supérieures aux corrélations entre les BLUPs des clones. Ce résultat explique la dépendance de la plasticité variétale à la variance intra population. Le constat à travers ce résultat est que l'interaction G×E (génotype × densité) augmente lorsque la variabilité intra variétale diminue et quand l'apparement entre variétés augmente, l'interaction G×E diminue. Donc la forte interactivité des clones est due à l'absence de variation génétique. Pour les variétés familles, la présence d'une variabilité intra variétale autorise une souplesse d'adaptation, et entraîne donc une faible interaction G×E. Des résultats similaires ont été précédemment trouvés sur *E. urophylla* × *E. grandis* (Bouvet *et al.*, 2003) et *E. globulus* (Costa e Silva *et al.*, 2005). La plasticité variétale est donc tributaire de la variance intra population.

Dans le cadre du programme d'amélioration de l'eucalyptus du Congo l'intérêt est porté sur des génotypes comportant un large éventail environnemental, c'est-à-dire des génotypes plastiques. Les variétés familles sont bien disposées à être déployer dans des environnements plus contraints en terme de compétition quant à l'accès aux ressources hydrominérales. À ce niveau, le changement de classement et/ou d'échelle de la valeur génétique s'annoncera moyen ou faible. Le

déploiement des clones dans un environnement offrant plus de compétition requiert le choix de quelques clones qui, en dépit de la forte interactivité générale de la variété avec l'environnement, offriraient une bonne plasticité. Toutefois, ce qui est en cause avec l'interaction $G \times E$, c'est la valeur prédictive d'un site pour un autre site. Cela implique que, pour optimiser le choix des génotypes, on puisse tester un maximum de clones dans de nouveaux environnements.

Conclusion

Il ressort de cette étude que la contrainte nutritionnelle affecte l'expression des gènes contrôlant la croissance, elle baisse la valeur génétique additive de la population. L'importance de l'interaction $G \times E$ est fonction de la structure génotypique. Avec l'environnement, les clones interagissent fortement, les familles de pleins frères et de demi-frères interagissent faiblement. Les variétés familles offrent une grande souplesse d'adaptation et sont à cet effet bien disposées à être déployées dans des environnements plus contraints. Pour mieux évaluer la réponse à la sélection des différentes structures génotypiques, le calcul des gains génétiques en fonction des différents scénarios possibles qu'offrent le

dispositif mis en place mérite d'être effectué. Hormis la densification de plantation, un autre moyen de générer l'interaction $G \times E$ est de mettre en place un dispositif plus ou moins similaire dans une localité autre que celle où la sélection a été effectuée, en vue d'une extension possible des plantations d'eucalyptus dans les autres régions du Congo. L'extension possible des plantations d'eucalyptus dans toutes autres régions que celle de Pointe-Noire nécessiterait un test préalable du matériel végétal sélectionné sur les sols sableux de cette région. L'étude préalable des interactions $G \times E$ peut conduire à remettre en question tout ou partie des gains génétiques obtenus à Pointe-Noire.

Remerciements

Nous adressons notre gratitude à la Fondation Internationale de la Science (FIS) pour avoir financé en partie cette étude. Nous remercions le Centre de Recherche sur la Durabilité et la Productivité des

Plantations Industrielles (CRDPI), pour la mise en place du dispositif expérimental et pour la récolte des données. Enfin, notre gratitude va à l'endroit du CIRAD pour l'appui scientifique et financier.

Références Bibliographiques

Abu-Ellaill FFB, Ghareeb ZE, Grad WE. 2018. Sugarcane family and individual clone selection based on best linear unbiased predictors (BLUPS) analysis at single stool stage. *Journal of Sugarcane Research*, 8(2): 155-168.

Ades PK, Garnier-Géré PH. 1996. Stability analysis for *Pinus radiata* provenances and its implications for genetic resource conservation. In: Tree improvement for sustainable tropical forestry. Proceedings QFRI-IUFRO Conference,

Queensland, Australia: 118-122.

Apiolaza LA. 2014. Linking changes to breeding objectives and genetic evaluation to genetic gain in New Zealand. *New Forests*, 45 (3): 439-448, doi: 10.1007/s11056-014-9425-9.

Boichard D, Bonaïti B, Barbat A, Briend M. 1992. Le modèle sous-jacent à l'évaluation des valeurs génétiques. *INRA Productions animales, hs (hs)*: 185-195.

- Bouvet JM. 1997.** Effect of spacing on juvenile growth and variability of Eucalyptus clones. *Canadian Journal of Forestry Research*, 27: 174–179.
- Bouvet JM, Vigneron Ph. 1996.** Variance structure in eucalyptus hybrid populations. *Silvae Genetica*, 45:2–3.
- Bouvet JM, Saya A, Vigneron Ph. 2009.** Trends in additive, dominance and environmental effects with age for growth traits in eucalypts hybrid populations. *Euphytica*, 165: 35–54.
- Bouvet JM, Vigneron Ph, Gouma R, Saya A. 2003.** Trends in variances and heritabilities with age for growth traits in Eucalyptus spacing experiments. *Silvae Genetica*, 52:121–133.
- Carvalho MP. 2012.** Efficiency of Among and Within Family Selection in Plant Breeding through Simulation. PhD. Dissertation, Federal University, Brazil, 67p.
- Castro RD, Resende MDV, Marinho CD, Costa PMA, Barbosa MHP, Moreira EFA. 2016.** Selection between and within full-sib sugarcane families using the modified BLUPIS method (BLUPISM). *Genetics and Molecular Research*, 15 (1): 1–10.
- Costa e Silva J, Dutkowski W, Borralho NMG. 2005.** Across-site heterogeneity of genetic and environmental variances in the genetic evaluation of *Eucalyptus globulus* trials for height growth. *Annals of Forest Science*, 62: 183–191.
- Dhote JF. 1997.** Effets des éclaircies sur le diamètre dominant dans des futaies régulières de hêtre ou de chêne sessile. *Revue Forestière Française*, XLIX (6): 557–579.
- Dodenhoff J, Swalve HH. 1998.** Heterogeneity of variances across regions of northern Germany and adjustment in genetic evaluation. *Livestock Production Science*, 53: 225–236.
- Dreyfus PH. 1990.** Interaction génotype-densité et compétition dans un dispositif clonal d'épicéa commun. *Annales des Sciences Forestières*, 47 : 1–16.
- Falconer DS. 1974.** Introduction à la génétique quantitative. Masson et C^{ie}, Paris, France, 284p.
- Gilmour AR, Gogel BJ, Cullis BR, Thompson R. 2006.** ASREML User Guide, Release 2.0. Hemel Hempstead, UK: VSN International, 342p.
- Henderson CR. 1975.** Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31, 423–447.
- Kusnandar DW, Galwey N, Hertzler GL, Butcher TB. 1998.** Age trends in variances and heritabilities for diameter and height in maritime pine (*Pinus pinaster* AIT.) in Western Australia. *Silvae Genetica*, 47:136–141.
- Makouanzi G, Chaix G, Nourissier S, Vigneron Ph. 2017.** Genetic variability of growth and wood chemical properties in a clonal population of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* in the Congo, *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 80 (2) : 151–158.
- Parde J, Bouchon J. 2009.** Dendrométrie-Forêt. 2ème édition **Agro Paris Tech / ENGREF**, France, 328p.
- Piepho HP, Möhring J, Melchinger AE, Büchse A. 2008.** BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, 161: 209–228.
- Ramalho MAP, Carvalho BL, Nunes JAR. 2013.** Perspectives for the Use of Quantitative Genetics in Breeding of Autogamous Plants. *ISRN Genetics*, 2013:1–6, DOI: 10.5402/2013/718127.
- St Clair JB, Adams WT. 1991.** Relative family performance and variance structure of open pollinated Douglas-fir seedlings grown in three competitive environments. *Theoretical and Applied Genetics*, 81: 541–550.
- Tanabe J, Endo R, Kuroda S, Ishiguri F, Narisawa T, Takashima Y. 2019.** Variance components and parent-offspring correlations of growth traits vary among the initial planting spacings in *Zelkova serrata*. *Silvae Genetica*, 68 :45–50.
- Vigneron Ph. 1991.** Création et amélioration des variétés hybrides d'eucalyptus au Congo. Proceedings of IUFRO congress « Intensive Forestry: the role of eucalyptus », Durban, Afrique du Sud: 345–360.
- Volker PW, Potts BM, Borralho NMG. 2008.** Genetic parameters of intra- and inter-specific hybrids of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens*. *Tree Genetics and Genomes*, 4:445–460.
- Weigel KA, Lawlor TJ. 1994.** Adjustment for heterogeneous variance in genetic evaluations for conformation of United States Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 77: 1691–1701.
- White TL, Hodge GR. 1989.** Predicting Breeding Values with Applications in Forest Tree Improvement, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 369p.
- Wricke G, Weber WE. 1986.** Quantitative genetics and selection in plant breeding. Walter de Gruyter, Berlin, Germany, 406p.
- Xie CY, Johnstone WD, Ying CC. 1995.** Spacing and provenance effects on the performance of shore pine (*Pinus contorta* var. *contorteta*): 20-year test results. *Canadian Journal Forestry Research*, 25: 567–57

ÉTAT DE LA DIVERSITÉ FLORISTIQUE ET VALEUR DE CONSERVATION DES FRAGMENTS FORESTIERS RÉSIDUELS DU DOMAINE DE LA SOCIÉTÉ DES CAOUTCHOUCS DE GRAND BEREBY (SUD-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE)

KPANGUI KB ^{1*}, SANGNE YC ¹, VROH BTA ², ASSI YJ ^{3†}

RÉSUMÉ

Dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire, l'expansion des cultures pérennes de rente a entraîné la fragmentation des habitats naturels dont les reliques forestières présentes dans les plantations industrielles restent encore peu connues sur le plan floristique. Cette étude a eu pour objectif d'évaluer la diversité de la flore et l'importance des fragments forestiers pour la conservation de la biodiversité locale. L'étude s'est appuyée sur un dispositif comprenant 44 placettes de 400 m² chacune, couplé à des transects linéaires dans quatre fragments forestiers. Au total, quatre types de formations végétales dominées par les forêts denses humides ont été identifiés. Ces habitats sont riches de 482 espèces végétales réparties entre 330 genres et 86 familles dominées par les Fabaceae (56 espèces) et les Rubiaceae (39 espèces). Cette flore renferme 100 espèces endémiques à trois régions phytogéographiques et 52 espèces menacées dont 42 sont inscrites sur la liste rouge de l'IUCN. Ces résultats indiquent que les fragments forestiers de la zone présentent un fort potentiel en matière de conservation de la flore de cette région. Ces fragments forestiers conservés dans les plantations industrielles devraient être pris en compte dans les stratégies de conservation de la diversité biologique dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire.

Mots clés : Plantation industrielle, Fragmentation forestière, Diversité floristique, Valeur de conservation, Côte d'Ivoire.

PLANT DIVERSITY AND CONSERVATION VALUE OF FOREST FRAGMENTS IN THE CONCESSION OF SOCIETE DES CAOUTCHOUCS DE GRAND BEREBY (SOUTH-WESTERN CÔTE D'IVOIRE)

ABSTRACT

In southwestern Côte d'Ivoire, perennial crops expansion has led to the fragmentation of natural habitats. Some forest fragments are maintained in rubber and palm oil industrial plantations but their flora still poorly known. This study aimed to assess plant diversity and conservation value of these forest fragments. Flora survey was carried out in four forests fragments with linear transect and 44 plots of 400 m². Four types of vegetation dominated by tropical evergreen forest were identified in all fragments. These habitats are rich of 482 plant species distributed among 330 genera and 86 families dominated by Fabaceae and Rubiaceae. This flora contained 100 endemic to three phytogeographic regions and 52 endangered species, of which 42 are listed on the IUCN Red list. These results indicate that the forest fragments of industrial plantations have a high potential for conserving the flora of this region. These forest fragments preserved in industrial plantations should be taken into account in biodiversity conservation strategies in South-West Côte d'Ivoire.

Key words : Industrial plantations, Forest fragmentation, Plant diversity, Conservation value, Côte d'Ivoire.

¹ Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, BPV 150 Daloa, Côte d'Ivoire

² Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³ Centre National de Floristique, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

*Auteur de correspondance : yedaliko@gmail.com

Introduction

En Côte d'Ivoire, la dégradation des grands massifs forestiers a débuté à l'Est du pays dès les années 1920 avec l'introduction de la culture cacaoyère (Oswald, 2005). Les migrations de l'économie cacaoyère ont entraîné une rapide et profonde mutation du paysage forestier ivoirien (Chatelain *et al.*, 2010). Même si les chiffres au niveau de la réduction des surfaces forestières varient d'un auteur à un autre, ils conduisent tous à une réalité unique qui est que, le massif forestier ivoirien est morcelé en de petits fragments de tailles variables (Achard *et al.*, 2002). L'une des régions les plus affectées par la fragmentation du paysage est le Sud-ouest forestier ivoirien où en dehors du Parc national de Tai, il n'existe presque plus de blocs forestiers intacts. En effet, bénéficiant de sols réputés riches du point de vue agronomique et d'un climat favorable, le Sud-ouest ivoirien a enregistré à partir de 1980, l'installation de nombreuses plantations industrielles et familiales de cacao, palmier à huile et d'hévéa (Aké-Assi *et al.*, 2005).

Face à la disparition du couvert forestier dans cette région, plusieurs travaux scientifiques se sont penchés sur l'importance des fragments forestiers résiduels pour la conservation de la biodiversité locale (Adou Yao et N'Guessan, 2005 ; Chatelain *et al.*, 2010 ; Bakayoko *et al.*, 2011). Ces études ont révélé que les fragments forestiers constituent d'excellents refuges pour la faune et la flore rares ou menacées et fournissent de nombreux biens et services aux populations locales. Malgré cette importance, ces études soulignent leur fragilité face aux mutations socioculturelles et à une demande de plus en

plus croissante de terres pour l'agriculture (Ibo, 2005 ; Barima *et al.*, 2016).

Dans les exploitations agro-industrielles de palmier à huile et d'hévéa du Sud-ouest, presque aucune étude n'a été réalisée sur la valeur des fragments forestiers maintenus lors de la création de ces plantations. Et pourtant, les travaux réalisés sur des fragments forestiers résiduels des entreprises privées d'autres régions ont montré qu'ils pourraient abriter une flore et une faune exceptionnelles (Vroh *et al.*, 2010 ; Zadou *et al.*, 2011 ; Adou Yao *et al.*, 2013). Ces initiatives connues sous le nom de Réserve Naturelle Volontaire (RNV) répondent aux soucis de préserver des fragments forestiers présents dans leur domaine sous la forme d'une aire protégée. C'est dans cette perspective que la Société des Caoutchoucs de Grand Béréby (SOGB), s'est inscrite dans la préservation de quatre fragments forestiers dont la superficie est évaluée à 2 000 hectares. Du fait de l'appartenance à l'ancien grand bloc de forêts denses humides sempervirentes de la région de Haute Guinée, ces fragments pourraient être le refuge d'importantes espèces de plantes à forte valeur pour la conservation.

La présente étude a été donc entreprise pour contribuer à la connaissance de la diversité de la flore des quatre fragments forestiers résiduels dans le domaine d'exploitation de la SOGB. Elle a eu pour objectifs spécifiques : (1) déterminer la diversité floristique des différentes formations végétales présentes ; (2) identifier les groupements végétaux dans ces fragments et (3) d'évaluer son potentiel en matière de conservation de la biodiversité.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

Le domaine d'exploitation de la Société de Caoutchouc de Grand-Béréby (SOGB) est situé au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire entre les latitudes Nord 4°40' et 4°45' et les longitudes Ouest 7°05' et 7°10' (Figure 1). Elle est limitée au nord par la ville de Grabo, au sud par l'océan atlantique, à l'Est par les villes de Grand-Béréby et San-Pedro et à l'ouest par la Forêt Classée de la Haute Dodo et la ville de Tabou. La SOGB exerce dans le secteur de l'hévéa et du palmier à huile et possède un domaine d'exploitation d'une superficie totale de 34 720 hectares. Dans ce domaine, les plantations sont parsemées de nombreux fragments de forêts dont quatre bénéficient de mesure de protection. Il s'agit de Koto (1450 ha), Dolé (75 ha), Héké (48 ha) et

enfin Baco (38 ha). La végétation de ces fragments appartient au secteur ombrophile du domaine guinéo-congolais. Ce secteur est caractérisé par la forêt dense humide sempervirente qui relève spécialement de l'association végétale à *Diospyro-Mapanietum* (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). Ce type de forêt abrite trois groupes d'espèces d'intérêt particulier : les endémiques à l'Afrique de l'Ouest, les endémiques ivoiriennes et les « Sassandriennes » comprises entre les fleuves Sassandra et Cavally (Chatelain *et al.*, 2011). Le climat est caractérisé par un régime pluviométrique bimodal et alterne deux saisons de pluies et deux saisons sèches. Le réseau hydrographique dans le domaine de la SOGB est composé de quatre cours d'eau : la Dodo, le Blé, le Gnébougbo et le Tiépé (Kamelan *et al.*, 2013).

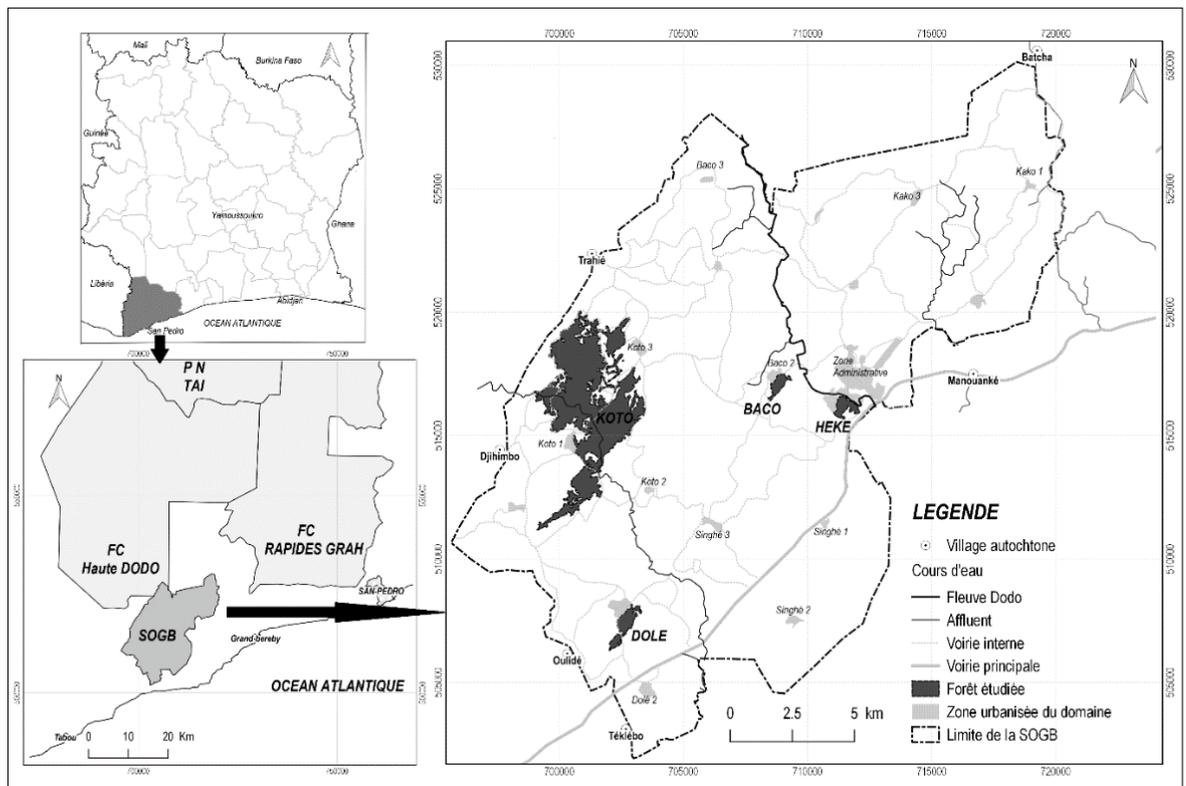


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude en Côte d'Ivoire

Dispositif et collecte des données

Un dispositif d'échantillonnage aléatoire stratifié a été utilisé lors de cette étude afin de tenir compte de l'effet de la variation spatiale des facteurs naturels et anthropiques dans le choix des sites. Il s'est appuyé sur des données spatiales comprenant le contour des fragments forestiers, les réseaux routier et hydrographique et les localités. Sur la base de ces différentes informations, des sites d'inventaire botanique ont été retenus dans les fragments forestiers. Dans chacun des sites, trois méthodes ont été combinées : des transects, des relevés de surfaces et itinérants comme utilisé par Missa *et al.* (2015). Des transects linéaires « virtuels » long de 200 m ont été sélectionnés à partir des coordonnées géographiques de départ et d'arrivée. Sur chacun des transects, les formations végétales traversées ont été identifiées. Des placettes de 400 m² (20 m

x 20 m) ont été disposées à l'intérieur de chacun des formations végétales pour un inventaire plus complet de la flore. Dans les placettes, toutes les espèces végétales rencontrées ont été identifiées et les individus des espèces arborescentes dont le diamètre à hauteur de poitrine (dbh) est supérieur ou égal à 2,5 cm ont été dénombrés. Cette taille minimale de dbh permet de maximiser la diversité des espèces dans les différents habitats (Vroh *et al.*, 2014). D'une formation végétale à une autre, les espèces non identifiées dans la placette sont recensées par une méthode itinérante pour compléter les listes floristiques du milieu traversé. Au total, 44 relevés floristiques ont été effectués. Il s'agit de 13 placettes pour Héké ; 14 pour Koto ; 11 pour Dolé et 6 pour Baco (Figure 2). Lors de cet inventaire, les spécimens d'espèces présentant des doutes ont été récoltés et identifiés plus tard au Centre National de Floristique (CNF).

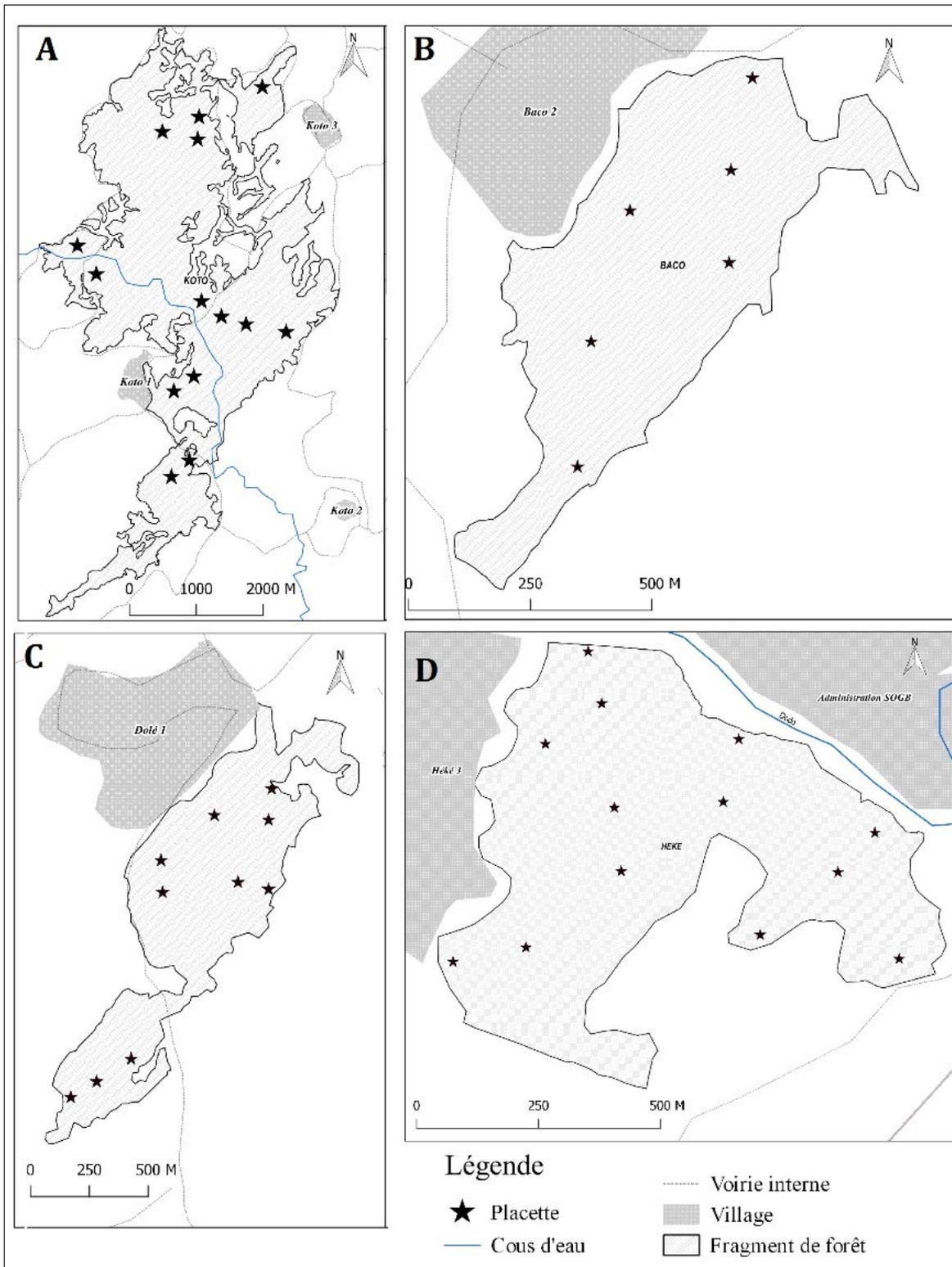


Figure 2 : Distribution des placettes dans les fragments étudiés

Analyse de la diversité floristique des fragments forestiers

Afin d'évaluer l'effort d'échantillonnage réalisé dans les différents fragments étudiés, des courbes aires-espèces ont été réalisées pour l'ensemble des relevés et individuellement pour chacun des fragments. Ces courbes ont permis d'apprécier

l'effort d'échantillonnage lors des inventaires des fragments (Nusbaumer *et al.*, 2005). La richesse floristique globale a été évaluée par le dénombrement des espèces recensées sans tenir compte de leur abondance. Les compositions de genres et familles des espèces recensées ont été déterminées en faisant référence à la classification

APG IV (2016). En prenant en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance des individus des espèces, la diversité quantitative a été évaluée à partir des indices de Shannon (1948) et d'équitabilité de Pielou (1966). Les formules mathématiques pour le calcul de ces deux indices sont les suivantes :

$$(1) \quad H' = -\sum (n_i / N) \ln (n_i / N)$$

Dans cette formule, H' désigne l'indice de Shannon ; n_i : le nombre d'individus d'une espèce i ; N : le nombre total d'individus de toutes les espèces.

$$(2) \quad E = H' / \ln S$$

Dans cette formule, E désigne l'indice d'équitabilité de Pielou ; H' : l'indice de Shannon et S : le nombre total d'espèces d'un milieu.

Une description plus détaillée de la diversité spécifique d'un échantillon est donnée par une représentation de la distribution des individus en espèces sous forme d'un diagramme rang-fréquence (Hwang *et al.*, 2009). Il s'agit d'une analyse dans laquelle les espèces sont classées par ordre d'abondances décroissantes. Le rang a été reporté en abscisse et les fréquences en ordonnée, les axes étant logarithmiques. Ainsi, selon leur allure, le diagramme rang-fréquence peut traduire le stade pionnier, le début maturité, le stade climacique ou un mélange de communautés (Marage et Bertrand, 2012). Au départ de la succession, la courbe est concave en haut à gauche et la partie droite

devient convexe. Pour une communauté mature la courbe devient entièrement convexe. La courbe devient linéaire lorsque la communauté devient mature. La courbe présente parfois une allure en bâton brisé. Cela traduit le mélange de plusieurs communautés végétales. Le calcul des indices de diversité et la construction des diagrammes ont été réalisés en utilisant le Package « Biodiversity R » du programme R (Kindt et Coe, 2005).

Détermination de la valeur des fragments pour la conservation de la biodiversité

La valeur des différents fragments pour la conservation a été déterminée à travers un dénombrement d'espèces à statut écologique particulier (Adou Yao *et al.*, 2013). Il s'est agi d'identifier les espèces endémiques et celles considérées comme menacées, rares et/ou en voie d'extinction de la flore ivoirienne. Pour l'endémisme, trois (03) régions phytogéographiques ont été considérées : le Bloc forestier ouest-africain (GCW), le territoire ivoirien (GCi) et la zone « Sassandrienne ». Les listes floristiques obtenues ont été croisées avec celles de différents auteurs (Aké-Assi, 2001, 2002 ; Chatelain *et al.*, 2011). Les espèces rares et/ou menacées d'extinction de la flore ivoirienne ont été identifiées en référence aux listes Aké-Assi (1998) et de l'UICN (2018).

Résultats

Richesse et diversité floristique des fragments

Les inventaires réalisés ont permis de recenser 482 espèces végétales dont 415 dans les placettes et 67 dans les relevés itinérants. Cette flore est répartie entre 330 genres et 86 familles. En considérant les différents fragments forestiers, la plus faible richesse floristique globale a été enregistrée à Baco avec 168 espèces. À l'opposée, Héké enregistre la plus forte richesse avec 231 espèces (Tableau 1).

Dans l'ensemble des fragments, l'on note la dominance de trois familles botaniques : les Fabaceae (56 espèces), les Rubiaceae (39 espèces) et les Malvaceae (23 espèces). La prépondérance de ces trois familles s'observe également dans chacun des fragments étudiés sauf à Dolé où Les Euphorbiaceae et les Apocynaceae s'ajoutent aux Fabaceae pour constituer les familles dominantes (Tableau 1).

Les courbes aire-espèces réalisées à partir de l'ensemble des observations des placettes (Figure 3) montrent que le plateau n'est pas atteint quel que soit le fragment de forêt et pour l'ensemble du site. Au niveau de Koto et Dolé, les courbes se situent en dessous de celle de l'ensemble des fragments étudiés.

Les indices calculés indiquent une grande diversité de la flore des différents fragments étudiés (Tableau 1). En moyenne dans les placettes, la richesse spécifique est de 25,1 espèces. Ce nombre moyen varie de 19,9 à 30,1 espèces respectivement pour Koto et Dolé (Tableau 1). L'indice de diversité de Shannon a une valeur moyenne globale de 3,1. Les valeurs de cet indice varient de 2,8 à 3,3 respectivement dans les fragments de Koto et Dolé. Cette tendance est également observée avec l'indice d'équitabilité de Pielou dont la valeur moyenne globale est 0,97.

Tableau 1 : Répartition des paramètres de diversité calculés dans les différents fragments

Site	Richesse globale	Richesse moyenne	Indice de Shannon	Équitabilité	Genre	Famille	Familles dominantes
Baco	168	25,16	3,12	0,99	96	48	Fabaceae (18*), Rubiaceae (12) et Annonaceae (10)
Dole	226	28,18	3,21	0,99	119	53	Fabaceae (27), Euphorbiaceae (12) et Apocynaceae (11)
Héké	231	26,61	3,19	0,98	162	63	Fabaceae (29), Rubiaceae (16) et Malvaceae (14)
Koto	211	20,07	2,78	0,96	107	50	Fabaceae (28), Rubiaceae (19) et Malvaceae (13)
Total général	482	24,72	3,06	0,97	330	96	Fabaceae (56), Rubiaceae (39) et Malvaceae (23)

* les chiffres entre parenthèses représentent le nombre d'espèces végétales par famille

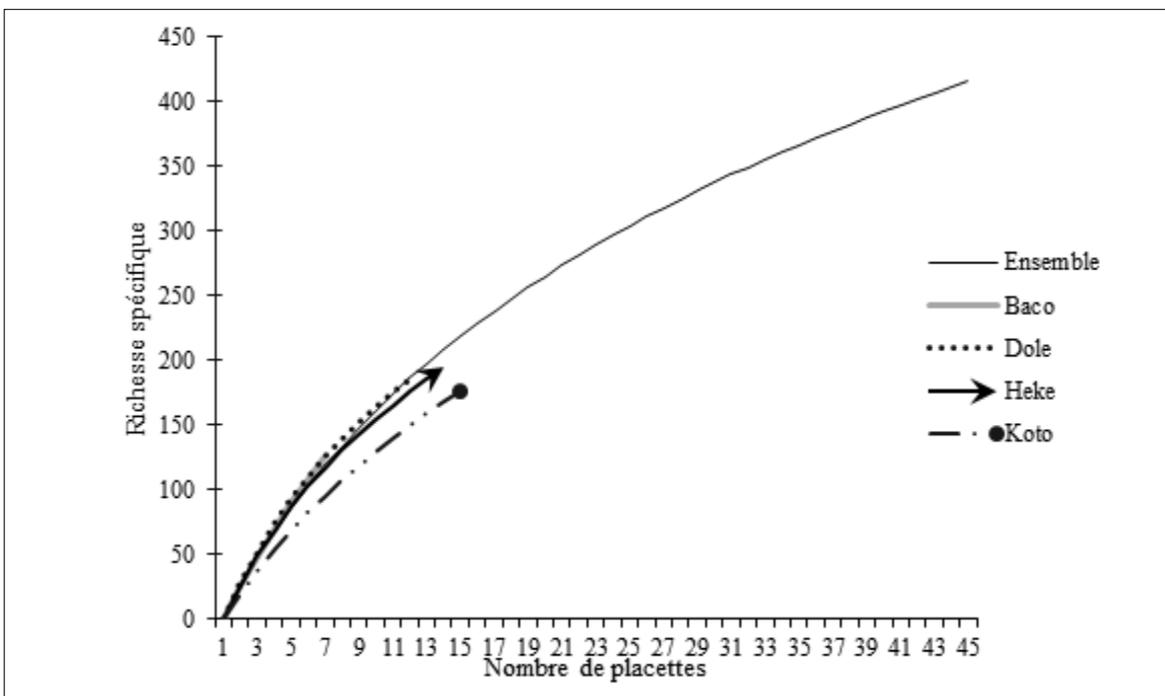


Figure 3 : Courbe aires-espèces de l'inventaire réalisé dans les fragments de la SOGB

Description de communautés végétales des fragments étudiés

Les courbes rang-abondances présentent une allure en bâton brisé pour tous les fragments étudiés, Pour l'ensemble des fragments forestiers, *Cynometra ananta* constitue l'espèce la plus abondante (Figure 4). Elle est suivie de *Dialium aubrevillei*, *Funtumia africana* et *Diospyros canaliculata*. La dominance de ces espèces varie d'un fragment à l'autre (Figure

4). Pour les fragments de Koto, Héké et Baco, *Cynometra ananta* demeure l'espèce dominante. Elle est suivie, selon les fragments, de *Scaphopetalum amoenum* et *Dialium aubrevillei* pour Héké, *Amphimas pterocarpoides* et *Piptadeniastrum africanum* pour Baco et *Funtumia africana* et *Diospyros sanza-minika* pour Koto. Dans le fragment de Dolé par contre, *Hymenostegia afzelii* constitue l'espèce la plus abondante. Elle est suivie de *Dialium aubrevillei*, *Strombosia pustulata* et *Diospyros canaliculata*.

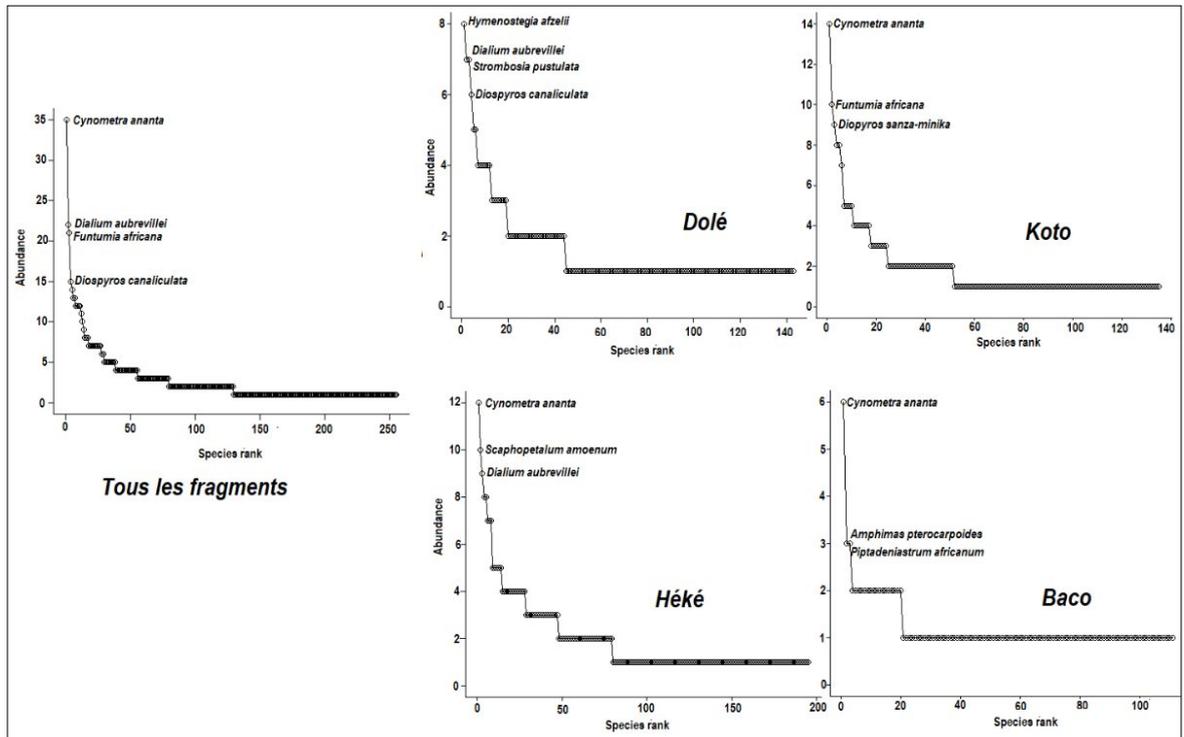


Figure 4 : Courbes abondance-rang des espèces recensées dans les fragments étudiés

Espèces à statut écologique particulier et valeur de conservation des fragments

Diversité des espèces endémiques

Lors de l'inventaire, 100 espèces endémiques ont été recensées dans l'ensemble des quatre fragments forestiers étudiés (Annexe). Leur répartition dans les différents fragments est inégale selon les listes établies (Tableau 2). Ainsi, 77 espèces endémiques aux blocs forestiers ouest-africains (GCW) ont été recensées dans l'ensemble des fragments. Le plus grand nombre d'espèces a été observé à Koto (39 espèces). Il est suivi de Baco et Héké avec 31 et 29 espèces respectivement. Le fragment forestier de Dolé enregistre le plus faible nombre soit 26 d'espèces. Pour cette catégorie de liste, les espèces les plus rencontrées sont *Decorsella paradoxa*, *Calpocalyx aubrevillei* et *Diospyros heudelotii*.

Les espèces endémiques à la flore ivoirienne (GCI) étaient au nombre de 09 espèces. Ce nombre varie suivant les fragments étudiés. Ainsi, seule une espèce a été recensée à Héké alors que celui de Koto abrite le plus grand nombre (06 espèces). Les espèces communes à ces fragments sont : *Albertisia cordifolia* et *Cassipourea nialatou*.

Les espèces endémiques à la zone « Sassandrienne » sont au nombre de 29. Suivant les catégories, ce nombre varie d'une espèce pour les S4 (l'ouest du fleuveassandra, Est du Libéria, Ouest du Ghana et Cameroun) à 13 espèces pour les S2 (l'ouest du fleuveassandra et Est du Libéria) (Tableau 1). Dans les fragments étudiés, Baco et Koto ont enregistré le plus grand nombre avec 16 espèces « Sassandrienne » chacun.

Tableau 2 : Répartition des espèces endémiques recensées dans les fragments forestiers étudiés

Endémisme	Fragments forestiers				Total espèces	
	Baco	Dolé	Héké	Koto		
Bloc forestier ouest africain (GCW)	31	26	29	39	77	
Côte d'Ivoire (GCI)	4	5	1	6	09	
Sassandrienne	S1	2	1	2	3	5
	S2	8	2	4	9	15
	S3	2	1	3	1	4
	S4	1	0	0	1	1
	S5	3	1	2	2	4
Total	16	5	11	16	29	

GCI : Endémique à la Côte d'Ivoire ; GCW : Endémique au bloc forestier ouest africain ; HG : Endémique à la Haute Guinée ; s1 : sassandrienne ; s2 (s1 + Libéria Est) ; s3 (s2 + Ghana Ouest) ; s4 (s2 + Cameroun) ; s5 (s3 + Cameroun)

Espèces rares et menacées

Sur l'ensemble des fragments, 52 espèces menacées ont été recensées (Annexe). Au niveau local, l'on dénombre 19 espèces qualifiées de « plantes rares, devenues rares et en voie d'extinction de la flore ivoirienne suivant la liste Aké-Assi. Il s'agit entre autres de *Schumanniphyton problematicum*, *Zanthoxylum mezoneurispinosum* et *Rhigiocarya peltata*. Le plus faible nombre d'espèces a été enregistré à Dolé avec deux espèces. Koto enregistre à l'opposé, le plus grand nombre d'espèces menacées selon cette liste.

Au niveau international, l'on enregistre la présence de 42 espèces végétales de la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature

(UICN) appartenant à trois catégories (Tableau 3). Dans la catégorie « En danger (EN), trois espèces ont été recensées. Il s'agit de *Tieghemella heckelii*, *Placodiscus pseudostipularis* et *Zanthoxylum mezoneurispinosum* que l'on a rencontré exclusivement dans les fragments de Baco et Koto. Dans la catégorie dite Vulnérable (VU), l'on dénombre 34 espèces dont le plus grand nombre est présent dans les fragments de Koto et Héké (Tableau 3). La dernière catégorie regroupe cinq (05) espèces considérées comme Quasi menacée (NT). Il s'agit de *Coffea humilis*, *Didelotia idae*, *Hymenostegia aubrevillei*, *Pellegriniodendron diphyllum* et *Raphia palma-pinus* que l'on rencontre dans les fragments de Koto et Héké.

Tableau 3 : Répartition des espèces devenues rares et/ou menacées rencontrées dans les fragments forestiers étudiés

Statut	Catégorie	Baco	Dolé	Héké	Koto	Total espèces
Aké-Assi (1998)		9	2	11	16	19
UICN (2018)	EN	2	-	-	2	3
	NT	-	-	1	4	5
	VU	15	10	19	16	34
Total		17	10	20	22	42

EN : En danger ; VU : Vulnérable ; NT : Quasi menacé

Discussion

État de la diversité de la flore des fragments forestiers étudiés

La richesse floristique des quatre fragments forestiers est estimée à 482 espèces végétales regroupées principalement dans les familles des Fabaceae, Rubiaceae et Malvaceae. La dominance de ces familles a également été observée par Goné *et al.* (2013). Ces fragments pourraient être le prolongement de la forêt classée de la Haute Dodo et du Parc national de Taï qui sont les deux forêts les plus proches. En effet, certaines espèces caractéristiques des formations végétales ont été retrouvées dans cette étude. La dominance de *Cynometra ananta* dans les fragments étudiés indique qu'il s'agit de relique de forêt très humide très caractéristique du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire (Van Rompaey et Oldeman, 1997). Ensuite, comparativement aux travaux de Aké-Assi *et al.* (2005) dans les Forêts Classées de Haute Dodo et Cavally, Adou Yao et N'Guessan (2005) et Bakayoko *et al.* (2011) respectivement au Sud et l'Est du Parc national de Tai, les espèces caractéristiques des différentes strates de végétation de ces forêts ont été observées comme étant les plus prépondérantes dans les fragments étudiés. Il s'agit entre autres de *Diospyros* spp. et *Strombosia pustulata*, *Scaphopetalum amoenum*, *Dialium aubrevillei* et *Hymenostegia afzelii*.

La richesse floristique obtenue dans cette étude est très élevée comparativement aux résultats de certains auteurs pour les mêmes initiatives de création de RNV. En effet, Ouattara *et al.* (2013) dans deux fragments de la réserve de Dékpa (12,19 ha) ont recensé 372 espèces végétales ; 188 espèces végétales ont été recensées par Adou Yao *et al.* (2013) dans la Forêt sacré de Bokasso (54,9 ha) ; Missa *et al.* (2015) avec 432 espèces inventoriées dans la Forêt des Marais Tanoé (12 000 ha). Cette forte richesse spécifique pourrait s'expliquer par la diversité des formations végétales inventoriées. Il s'agit de formations naturelles (forêts conservées sur terre ferme et sols temporairement inondés) et des formations anthropiques (jachères et forêts secondaires) dont la présence témoigne de l'intrusion récente ou passée des populations dans les fragments. En effet, le processus de recolonisation des espaces anthropisés s'effectue suivant plusieurs étapes successives qui se caractérisent par un cortège floristique particulier qui s'ajoute à celui des formations naturelles conservées. Ainsi, la présence de cette diversité de ces formations végétales pourrait favoriser la prolifération d'une flore particulière à chacune d'elles (Djégo *et al.*, 2012).

Cette richesse floristique reste néanmoins faible au regard des résultats des travaux similaires réalisés dans des espaces domaniaux du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. En effet, dans les forêts classées de la Haute Dodo et du Cavally, Aké-Assi *et al.* (2005) ont recensé, à travers des inventaires itinérants, 716 et 639 espèces végétales respectivement. Dans le Sud du Parc national de Taï, Adou Yao et N'Guessan (2005) ont identifiés 908 espèces végétales en combinant des inventaires itinérants et des placettes. L'une des explications à cette richesse floristique peu élevée serait due au fait que les travaux de ces auteurs ont été réalisés dans des grands blocs de forêts continues alors que notre étude s'est déroulée dans des fragments de forestiers isolés et de superficie relativement faible. En effet, la fragmentation des habitats naturels le plus souvent est associée à une perte importante de la diversité biologique (Fuentes-Montemayor *et al.*, 2013). Elle réduit la qualité d'habitat ou isole les populations, modifiant ainsi le comportement des individus et les processus écosystémiques tels que la dispersion des graines ou la stabilité des écosystèmes (Sarmiento *et al.*, 2014 ; Jones *et al.*, 2015).

En considérant la richesse et la superficie de l'ensemble des fragments étudiés, la densité des espèces végétales est de 28,69 espèces/ Km². Cette densité d'espèces est supérieure à celle de 1,2 espèce / Km² au niveau nationale (Aké-Assi, 2001) et de 2,91 espèces / Km² pour le Parc national d'Azagny (Kouamé *et al.*, 2008) et 0,24 espèces / Km² pour le Parc national de Tai (Scoupe, 2011). Cette forte concentration pourrait signifier que la stratégie d'échantillonnage et l'utilisation de plusieurs méthodes de collecte de données auraient permis de recenser une part importante de la flore de ces fragments étudiés.

En analysant l'accumulation des espèces, l'on a noté cependant une absence de palier au niveau des courbes aire-espèces. Ceci suggère que les aires minimales n'ont pas été atteintes et donc la richesse serait encore plus grande si les inventaires se poursuivent. Ces résultats sont semblables à ceux de nombreux auteurs qui attribuent l'allure de la courbe aire-espèces à l'abondance des espèces rares dans les forêts tropicales lors des inventaires (Adou Yao et N'Guessan, 2005 ; Goné *et al.*, 2013). Cette abondance d'espèces rares dans les forêts tropicales s'observe également dans cette étude grâce aux courbes rang-fréquence qui présentaient toutes une allure en bâton brisé. L'allure des courbes peut être le signe que l'échantillonnage a été réalisé sur une surface trop importante englobant plusieurs sous-communautés composées des mêmes espèces

mais présentant une distribution des abondances différentes (Marage et Bertrand, 2012). Dans notre cas, le mélange de communautés végétales proviendrait certainement de la cohabitation de plusieurs espèces présentes à différents stades de l'évolution dans les formations végétales depuis les jachères jusqu'aux forêts anciennes conservées.

Valeur des fragments pour la conservation de la biodiversité végétale

La particularité de la flore recensée dans les fragments étudiés est la forte concentration d'espèces végétales ayant une grande valeur pour la conservation de la biodiversité. En effet, environ un quart des espèces (126 espèces sur 482) appartient à plusieurs centres d'endémisme et sont signalées comme menacées et/rare autant sur les listes de Aké-Assi (1998) et de l'UICN (2018). Ces résultats confirment ainsi le caractère particulier des formations végétales du Sud-ouest ivoirien en matière de conservation de la biodiversité (Myers *et al.*, 2000 ; Adou Yao et N'Guessan, 2005 ; Aké-Assi *et al.*, 2005 ; Bohoussou *et al.*, 2018).

La forte concentration de ces espèces à statut écologique particulier qui caractérisent cette région et singulièrement les fragments forestiers étudiés serait due à une combinaison de facteurs naturels et humains. Au niveau naturel, le Sud-ouest forestier ivoirien se caractérise par des facteurs écologiques exceptionnels qui ont favorisé l'installation de formations végétales particulières abritant une flore exceptionnelle convoitée pour l'agriculture et l'exploitation forestière (Hawksworth et Kalin-Arroyo, 1995). L'expansion des cultures pérennes et de l'exploitation forestière incontrôlée ont eu pour conséquence une perte considérable de la biodiversité locale dans cette région (Bakayoko *et al.*, 2011). Il convient de souligner les efforts mis en œuvre par les responsables de la SOGB pour assurer la protection presque intégrale de ces fragments forestiers malgré l'absence de statut juridique particulier. En effet, des pancartes portant le nom et les superficies ont été disposées autour des fragments pour faciliter leur reconnaissance. Plusieurs campagnes de sensibilisation ont été menées auprès des populations pour interdire la création de culture vivrière et pérennes dans les fragments protégés. En compensation à cette mesure, d'autres fragments ont été mis à leur disposition pour l'installation des cultures vivrières. Malgré ces dispositions, le nombre d'espèces à statut particulier recensées dans cette étude est relativement faible comparativement aux études réalisées dans la région. En effet, Aké-Assi

et al. (2005) ont recensé 165 espèces endémiques ouest-africaines, 17 espèces endémiques ivoiriens et 60 espèces « Sassandrienne » dans la forêt classée de la Haute Dodo. Quant au Sud du Parc national de Taï, Adou Yao et N'Guessan (2005) ont recensé 175 espèces endémiques dont 11 à la Côte d'Ivoire, 164 pour le Bloc forestier ouest-africain et 61 espèces « Sassandrienne ». Les faibles valeurs observées dans cette étude confirment bien que la fragmentation des habitats constitue l'un des facteurs les plus importants de la régression de biodiversité dans les zones tropicales (Fuentes-Montemayor *et al.*, 2013). En effet, les espèces endémiques sont hautement vulnérables à la perturbation humaine et aux autres formes de changements environnementaux (Adou Yao *et al.*, 2013) d'où certainement leur forte présence sur les listes des espèces menacées. Malgré le morcèlement de la végétation originelle, les fragments forestiers de Sud-ouest abritent de manière générale, une plus grande proportion d'espèces à statut particulier que des forêts

communautaires et des espaces domaniaux d'autres régions de la Côte d'Ivoire.

Contrairement à la diversité globale, l'abondance de ces espèces à statut particulier semble être liée à la superficie car le plus grand nombre d'espèce a été rencontré dans le fragment principal de Koto quelle que soit la liste considérée. Cette tendance n'est cependant pas respectée lorsque l'on considère les trois derniers fragments autour du bloc principal. L'on note un plus grand nombre d'espèces endémiques à Baco (38 ha), Dolé (48 ha) et Héké (75 ha) enregistrent le plus faible nombre d'espèces endémiques. Le bon niveau de conservation de Baco pourrait être l'une des raisons de l'abondance des espèces endémiques malgré leur faible superficie. En effet, il a été observé une grande proportion des forêts naturelles conservées à Baco (50%) contrairement à Héké à Dolé où les espaces anthropisés occupent respectivement 70% et 65% des sites inventoriés.

Conclusion

Dans le domaine d'exploitation de la Société des Caoutchoucs de Grand Béréby (SOGB), quatre reliques des forêts tropicales ont été érigés localement en « Aires protégées ». L'inventaire floristique réalisé a permis de recenser 482 espèces végétales réparties entre 330 genres et 86 familles de plantes dominées par les Fabaceae (56 espèces), les Rubiaceae (39 espèces) et les Malvaceae (23 espèces). Cette flore dominée par *Cynometra ananta* appartient à quatre formations végétales : des forêts denses, temporairement inondées, secondaires et des jachères. Malgré leur superficie relativement faible pour l'ensemble, chaque fragment forestier

abrite une flore particulière qui lui est pratiquement exclusive tant au niveau de sa diversité que dans l'abondance des individus des espèces recensées. Un grand nombre d'espèces présentant un grand intérêt pour la conservation de la flore endémique, rare et/ou menacée a été recensé. Ces résultats révèlent donc que ces fragments de forêt présentent un fort potentiel en matière de conservation de la diversité floristique. Ces fragments dispersés dans l'espace agricole devraient être pris en compte dans les stratégies de conservation de la diversité biologique.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la création d'une Réserve Naturelle Volontaire (RNV). Elle a bénéficié d'un financement accordé par la Direction de la Protection de la Nature (DEPN) du Ministère

de l'environnement. Les auteurs remercient les responsables du Service Environnement de la SOGB pour la facilitation des déplacements dans la zone d'étude.

Références Bibliographiques

- Achard F, Eva HD, Stibig HJ, Mayaux P, Gallego J, Richards T, Malingreau JP. 2002.** Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297 (5583) : 999-1002.
- Adou Yao CY, N'Guessan KÉ. 2005.** Diversité floristique et végétation dans le Sud du Parc National de Tai. *Afrique SCIENCE*, 01(2) : 295 – 313.
- Adou Yao CY, Kpangui KB, Kouao KJ, Adou LMD, Vroh BTA, N'Guessan KÉ. 2013.** Diversité floristique et valeur de la forêt sacrée Bokasso (Est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation. *VertigO* 13 (1).
- Aké-Assi L. 1998.** Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la biodiversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le flamboyant*, 46 : 20-22.
- Aké-Assi L. 2001.** Flore de la Côte d'Ivoire 1 : catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. *Boisseria* n° 57, 396p.
- Aké-Assi L. 2002.** Flore de la Côte d'Ivoire 2 : catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. *Boisseria* n°58, 401p.
- Aké-Assi L, Lebbie A, Kouassi KÉ. 2005.** La flore des Forêts Classées de la Haute Dodo et du Cavalley, Côte d'Ivoire. Dans une évaluation biologique de deux forêts classées du sud-ouest de la Côte d'Ivoire. In Alonso LE, Lauginie F, Rondeau G. (eds). *Bulletin RAP d'Évaluation Rapide* 34 : 35-38.
- Bakayoko A, Martin P, Chatelain C, Traore D, Gautier L. 2011.** Diversity, family dominance, life forms and ecological strategies of forest fragments compared to continuous forest in southwestern Côte d'Ivoire. *Candollea*, 66 : 255 -262.
- Barima YSS, Kouakou ATM, Bamba I, Sangne YC, Godron M, Andrieu J, Bogaert J. 2016.** Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecology and Conservation*, 8 : 85-98.
- Bohoussou KH, Akpatou KB, Kouassi YWR, Kpangui KB. 2018.** Diversité des Mammifères et valeur pour la conservation des reliques forestières au sein d'une concession agro-industrielle au sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *VertigO*, 18(1). DOI :10.4000/vertigo.19947.
- APG IV. 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1): 1-20.
- Chatelain C, Aké -Assi L, Spichiger R, Gautier L. 2011.** Cartes de distribution des plantes de Côte d'Ivoire. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. *Boisseria* n° 64, 327 p.
- Chatelain C, Bakayoko A, Martin P, Gautier L. 2010.** Monitoring tropical forest fragmentation in the Zagné-Taï area (west of Taï National Park, Côte d'Ivoire). *Biodiversity and conservation*, 19 (8): 2405-2420.
- Djogo J, Gibigaye M, Tente B, Sinsin B. 2012.** Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (2) : 705-713.
- Fuentes-Montemayor E, Goulson D, Cavin L, Wallace JM, Park KJ, 2013.** Fragmented woodlands in agricultural landscapes: The influence of woodland character and landscape context on bats and their insect prey. *Agric. Ecosyst. Environ*, 172 : 6–15.
- Goné 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 of Applied Biosciences*, 71 (1) : 5753-5762.
- Guillaumet J-L, Adjanohoun É. 1971.** La végétation de la Côte d'Ivoire. In Avenard JM, Eldin E, Girard G, Sircoulon J, Touchebeuf P, Guillaumet J-L, Adjanohoun É, Perraud A. (eds.). Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, ORSTOM 50 : 157-263.
- Hawksworth DL, Kalin-Arroyo MT. 1995.** Magnitude and distribution of biodiversity. In. UNEP, Global biodiversity assessment. Cambridge University Press, UK: 108-191.
- Hwang JS, Souissi S, Dahms HU, Tseng LC, Schmitt FG, Chen QC. 2009.** Rank-abundance allocations as a tool to analyze planktonic copepod assemblages off the Danshuei river estuary (Northern Taiwan). *Zoological Studies*, 48(1): 49-62.
- Ibo GJ. 2005.** Contribution des organisations non gouvernementales écologistes à l'aménagement des forêts sacrées en Côte d'Ivoire : l'expérience de la Croix Verte. *VertigO*, 6 (1). URL : <http://vertigo.revues.org/2813>.
- Ibo GJ. 2011.** Valeur de la forêt des Marais Tanoé-Ehy (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation : dimension socio-anthropologique. *Tropical Conservation Science* 4 (4) : 373-385.

- Jones NT, Germain RM, Grainger TN, Hall AM, Baldwin L, Gilbert B. 2015.** Dispersal mode mediates the effect of patch size and patch connectivity on metacommunity diversity. *Journal of Ecology*, 103(4) : 935-944.
- Kamelan TM, Yao SS, Kouamé KA, N'Zi KG, Kouamélan EP. 2013.** Ichtyofaune de la rivière Dodo (Côte d'Ivoire, Afrique de l'ouest) : mise à jour et influence des variables environnementales sur la distribution des espèces. *Journal of Applied Biosciences*, 71 (1): 5773-5785.
- Kindt R, Coe R. 2005.** Tree diversity analysis: a manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1993.7684>.
- Kouamé D, Adou Yao CY, Kouassi KE, N'Guessan KÉ, Akoi K. 2008.** Preliminary floristic inventory and diversity in Azagny National Park (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 23 : 537 - 547.
- Marage D, Bertrand R. 2012.** Typification et évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers français et de leurs espèces végétales associées. ENGREF, AgroParisTech, Paris, France, 426 p.
- Martin P. 2008.** Influence de la fragmentation forestière sur la régénération des espèces arborées dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Genève (Suisse), 306p.
- Missa K, Ouattara D, Koné M, Bakayoko A. 2015.** Étude floristique et diversité de la forêt des Marais Tanoé-Ehy (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25 (3): 3917-3938.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GA, Kent J. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772) : 853-858.
- Nusbaumer L, Gautier L, Chatelain C, Spichiger R. 2005.** Structure et composition floristique de la Forêt Classée du Scio (Côte d'Ivoire). Étude descriptive et comparative. *Candollea* 60 : 393-443.
- Oswald J. 2005.** Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) : Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de doctorat de Géographie, Université des Sciences et Technologies de Lille(France), 304p.
- Ouattara D, Vroh BTA, Kpangui KB, N'Guessan KÉ. 2013.** Diversité végétale et valeur pour la conservation de la réserve botanique d'Agbaou en création, Centre-ouest, Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 20 (1): 3034 - 3047.
- Pielou EC. 1966.** Shannon's formula as a measure of specific diversity: Its use and measure. *American Naturalist*, 100 (914): 463-465.
- Sarmiento R, Alves-Costa CP, Ayub A, Mello MAR. 2014.** Partitioning of seed dispersal services between birds and bats in a fragment of the Brazilian Atlantic Forest. *Zoologia (Curitiba)*, 31: 245-255.
- Scoupe, M. 2011.** Composition floristique et diversité de la végétation de la zone Est du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire). Master Université de Genève, Suisse, 194p.
- Shannon CE. 1948.** The mathematical theory of communications. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379 - 423.
- IUCN, 2018.** The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T61788148A136108433.
- Van Rompaey RSAR, Oldeman RAA. 1997.** Analyse spatiale du gradient floristique arborescent dans les forêts de plaine du SE Liberia et SW Côte d'Ivoire. *Phytogéographie tropicale. Réalités et perspectives*, 353-364.
- Vroh BTA, Adou Yao C.Y, Kouamé D, N'Da DH, N'Guessan KÉ. 2010.** Diversités floristique et structurale sur le site d'une réserve naturelle volontaire à Azaguié, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 45 (3) : 411-421.
- Vroh BTA, Ouattara D, Kpangui KB. 2014.** Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 76: 6386 - 6396.
- Zadou DA, Koné I, Mouroufié VK, Adou Yao CY, Gléanou KE, Kablan YA, Coulibaly D,**
- Ibo JG. 2011.** Valeur de la Forêt des Marais Tanoé-Ehy (sud-est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation : dimension socio-anthropologique. *Tropical Conservation Science*, 4 (4) : 373-385.

Annexe : Liste des espèces à statut particulier recensées dans les fragments forestiers de la SOGB.

N°	Espèces végétales	Endémisme					Rares ou menacées			Site											
		Bloc Forestier Ouest africain (GCW)	Côte d'Ivoire (GCI)	Sassandrienne					UICN (2018)			Aké Assi (1998) r	Baco	Dole	Heke	Koto					
				S1	S2	S3	S4	S5	EN	VU	NT										
1	<i>Adenia dinklagei</i> Hutch. & Dalz.	X																			
2	<i>Aframomum exscapum</i> (Sims) Hepper	X																			
3	<i>Afzelia bella</i> var. <i>gracilior</i> Keay	X																			
4	<i>Alafia whitei</i> Stapf.										X										
5	<i>Albertisia cordifolia</i> (Mangenot & Miège) Forman		X																		X
6	<i>Albertisia mangenotii</i> (Guillaumet & Debray) Forman		X	X																	X
7	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.										X										
8	<i>Androsiphonia adenostegia</i> Stapf	X				X									X	X	X	X	X	X	X
9	<i>Anisophyllea meniaudi</i> Aubrév. & Pellegr.	X				X									X		X	X	X	X	X
10	<i>Anthocleista nobilis</i> G. Don	X																			X
11	<i>Anthonotha sassandraensis</i> Aubrév. & Pellegr.		X			X															X
12	<i>Anthonotha vignei</i> (Hoyle) J. Léonard	X									X					X					X
13	<i>Aristolochia goldieana</i> Hook.f.										X		X								
14	<i>Aubrevillea platycarpa</i> Pellegr.								X				X								
15	<i>Berlinia occidentalis</i> Keay	X				X					X				X						
16	<i>Bombax brevicuspis</i> Sprague										X				X						
17	<i>Buforrestia obovata</i> Brenan	X																			X
18	<i>Caloncoba echinata</i> (Oliv.) Gilg	X																		X	
19	<i>Calpocalyx aubrevillei</i> Pellegr.	X				X															X
20	<i>Campylospermum amplexctens</i> (Stapf) Farron	X									X				X						
21	<i>Campylospermum schoenleinianum</i> (Klotzsch) Farron	X															X				
22	<i>Cassipourea nialatou</i> Aubrév. & Pellegr.					X															X
23	<i>Cleidion gabonicum</i> Baill.												X			X					
24	<i>Coffea humilis</i> A. Chev.	X				X						X				X					X
25	<i>Coffea mannii</i> (Hook.f.) A.P.Davis												X								
26	<i>Cola buntingii</i> Bak.f.	X				X									X	X	X	X	X	X	X
27	<i>Cola caricifolia</i> (G. Don) K. Schum.	X														X	X	X			
28	<i>Cola reticulata</i> K. Schum.	X									X				X	X	X				
29	<i>Copaifera salikounda</i> Heckel	X									X									X	
30	<i>Crossostemma laurifolium</i> Planch. ex Benth.	X														X					
31	<i>Crotonogyne caterviflora</i> N.E. Br.	X																			X
32	<i>Crotonogyne chevalieri</i> (Beille) Keay	X																			X
33	<i>Cryptosepalum tetraphyllum</i> (Hook.f.) Benth.	X									X								X	X	
34	<i>Culcasia liberica</i> N.E. Br.	X													X						
35	<i>Cussonia bancoensis</i> Aubrév. & Pellegr.										X				X						
36	<i>Cynometra ananta</i> Hutch. & Dalz.	X													X	X	X	X	X	X	X
37	<i>Daniellia thurifera</i> Benn.	X													X	X	X				
38	<i>Decorsella paradoxa</i> A. Chev.	X													X		X				
39	<i>Delpyodora gracilis</i> A. Chev.	X				X									X		X				
40	<i>Desmostachys vogelii</i> (Miers) Stapf	X													X						X
41	<i>Dialium aubrevillei</i> Pellegr.	X													X	X	X	X	X	X	X
42	<i>Dicranolepis persei</i> Cummins	X													X	X	X	X	X	X	X
43	<i>Didelotia idae</i> Oldeman de Wit & Léonard	X				X						X						X			
44	<i>Diospyros chevalieri</i> De Wild.	X																			X
45	<i>Diospyros heudelotii</i> Hiern	X													X	X					X
46	<i>Dorstenia turbinata</i> Engl.								X						X						
47	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker-Gawl.					X									X						
48	<i>Dracaena praetermissa</i> Boss		X												X	X					
49	<i>Dracaena scabra</i> Boss		X												X						
50	<i>Drypetes afzelii</i> Hutch.	X									X				X						
51	<i>Drypetes aubrevillei</i> Léandri	X																			X
52	<i>Drypetes aylmeri</i> Hutch. & Dalz.	X													X						
53	<i>Entada gigas</i> (L.) Fawc&t &-Rendle												X								
54	<i>Entandrophragma angolense</i> C.DC.										X				X						
55	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms										X										
56	<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague										X				X						
57	<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague										X				X						
58	<i>Eriocoelum pungens</i> Radlk. ex Engl.	X																			X
59	<i>Friesodielsia velutina</i> (Sprague ex Hutch.) van Steenis												X		X						
60	<i>Garcinia afzelii</i> Engl.										X		X								
61	<i>Gilbertiodendron bilineatum</i> (Hutch. & Dalz.) J. Léonard	X									X								X		
62	<i>Gilbertiodendron splendidum</i> (A.Chev. ex Hutch. & Dalz.) J. Léonard	X									X								X	X	
63	<i>Guarea thompsonii</i> Sprag. et Hutch.										X				X						

Annexe : Liste des espèces à statut particulier recensées dans les fragments forestiers de la SOGB. (Suite et fin)

N°	Espèces végétales	Endémisme					Rares ou menacées			Site							
		Bloc Forestier Ouest africain (GCW)	Côte d'Ivoire (GCI)	Sassandrienne					UICN (2018)			Aké Assi (1998)	Baco	Dole	Heke	Koto	
				S1	S2	S3	S4	S5	EN	VU	NT						r
64	<i>Gymnostemon zaizou</i> Aubrév. & Pellegr.		X		X					X		X					X
65	<i>Heritiera utilis</i> Sprague	X															X
66	<i>Hutchinsonia barbata</i> Robyns	X			X											X	X
67	<i>Hymenostegia aubrevillei</i> Pellegr.	X								X	X						X
68	<i>Idertia morsonii</i> (Hutch. & Dalziel) Farron	X			X								X				
69	<i>Inhambanella guereensis</i> (Aubrév. & Pellegr.) T.D.Penn.	X			X						X	X					
70	<i>Isolona cooperi</i> Hutch. & Dalz. ex Cooper & Record	X											X				X
71	<i>Ixora aggregata</i> Hutch.	X			X								X				
72	<i>Keayodendron bridelioides</i> (Hutch. & Dalz.) Léandri				1												
73	<i>Kolobopetalum leonense</i> Hutch. & Dalz.	1											X				
74	<i>Landolphia membranacea</i> (Stapf) Pichon	1											X				
75	<i>Lanea nigritana</i> (Sc. Elliot) Keay var. <i>nigritana</i>										X	X					
76	<i>Leplaea cedrata</i> (A.Chev.) E.J.M.Koenen & J.J.de Wilde								X				X				
77	<i>Leptoderris miegei</i> Aké Assi & Mangenot		X										X	X			
78	<i>Lychnodiscus dananensis</i> Aubrev. et Pellegr.	X			X									X			
79	<i>Maesobotrya barteri</i> var. <i>sparsiflora</i> (Sc. Elliot) Keay	X															X
80	<i>Memecylon afzelii</i> G.Don	X												X			
81	<i>Milicia regia</i> (A. Chev.) Berg	X							X		X				X	X	X
82	<i>Millettia lucens</i> (Se. Elliot) Dunn	X															X
83	<i>Mischogyne elliotianum</i> (Engl. & Diels) R. E. Pries var. <i>elliotianum</i>	X											X				
84	<i>Mitragyna ledermannii</i> (K.Krause) Ridsdale (K.Krause) Verdc.I									X			X				
85	<i>Napoleonaea leonensis</i> Hutch. & Dalz.	X											X	X			
86	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A.Chev.) R.Capuron								X				X				
87	<i>Newtonia duparquetiana</i> (Baill.) Keay						X						X				
88	<i>Omphalocarpum ahia</i> A.Chev.	X											X				X
89	<i>Oncinotis pontyi</i> Pichon var. <i>pontyi</i>						X						X				
90	<i>Pellegriniodendron diphyllum</i> (Harms) J.Léonard										X						
91	<i>Penianthus patulinervis</i> Hutch. & Dalz.	X											X		X	X	
92	<i>Piptostigma fugax</i> A.Chev. ex Hutch. & Dalziel				X				X				X				
93	<i>Placodiscus bancoensis</i> Aubrév. & Pellegr.	X							X				X	X			X
94	<i>Placodiscus boya</i> Aubrév. & Pellegr.	X							X		X				X		
95	<i>Placodiscus oblongifolius</i> J.B.Hall.	X															
96	<i>Placodiscus pseudostipularis</i> Radlk.	X						X					X				X
97	<i>Platysepalum hirsutum</i> (Dunn) Hepper	X											X	X	X	X	
98	<i>Pterygota macrocarpa</i> K.Schum.								X								
99	<i>Pycnocomia angustifolia</i> Prain	X			X								X				
100	<i>Raphia palma-pinus</i> (Gaertn.) Hutch.									X	X						
101	<i>Rhaptopetalum beguei</i> Mangenot	X										X			X		
102	<i>Rhigiocarya-peltata</i> J.Miége		X														
103	<i>Rinorea kibbiensis</i> Chipp	X															X
104	<i>Rinorea welwitschii</i> (Oliv.) Kuntze	X												X			X
105	<i>Robynsia glabrata</i> Hutch.								X		X	X					
106	<i>Rourea solandei</i> Beker (accepte)				X												
107	<i>Samanea dinklagei</i> (Harrns) Keay	X															
108	<i>Scaphopetalum amoenum</i> A. Chev.	X											X		X	X	
109	<i>Schumanniohyton problematicum</i> (A.Chev.) Aubrév.	X							X		X						X
110	<i>Scytopetalum tieghemii</i> A.Chev. ex Hutch. & Dalziel	X											X	X			X
111	<i>Stachyothyrsus stapfiana</i> (Aubrev.) J.Léonard et Voorhoeve	X			X								X				
112	<i>Sterculia oblonga</i> Mast.								X				X				
113	<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.								X								
114	<i>Tetracera alnifolia</i> Willd.	X															
115	<i>Tieghemella heckelii</i> (A.Chev.) Pierre ex Dubard								X				X				
116	<i>Tiliacora dinklagei</i> Engl.	X												X	X	X	
117	<i>Triclisia patens</i> Oliv.	X													X	X	
118	<i>Tristemma coronatum</i> Benth.	X														X	
119	<i>Uvariadendron calophyllum</i> R.E.Pries										X						
120	<i>Vitex phaeotricha</i> Mildbr. ex W.Piep.					X							X				
121	<i>Whitfieldia colorata</i> C.B. Clarke. ex Stapf	X			X												
122	<i>Zanthoxylum mezoneurispinosum</i> (Aké Assi) W.D.Hawth	X							X			X					X

GCi : Endémique à la Côte d'Ivoire ; GCW : Endémique au bloc forestier ouest africain ; s1 : Sassandrienne ; s2 : (s1 + Liberia Est) ; s3 : (s2 + Ghana Ouest) ; s4 : (s2 + Cameroun) ; s5 : (s3 + Cameroun) ; EN : En danger ; VU : Vulnérable ; NT : Quasi menacé ; r : rare

CARACTÉRISATION DU MÉTHYLPARABÈNE ET DU TRICLOSAN DANS LES EAUX USÉES DU CANAL D'ANOUMABO (CÔTE D'IVOIRE)

KOUAKOU K^{1*}, YAPO BO^{1,2}, MEITÉ L¹, GNAGNE YA¹

RÉSUMÉ

Les substances chimiques présentes dans les produits cosmétiques telles que les parabènes et le triclosan sont employées respectivement en tant qu'antiseptique et agent conservateur dans les produits de soins corporels. Leur usage génère des inquiétudes sur leur devenir dans l'environnement et leur effet potentiel sur la faune et la flore. Des systèmes d'assainissement (douches et latrines), des rejets d'eaux usées domestiques et des ordures ménagères où elles tirent leurs sources, les substances cosmétiques (méthylparabène et triclosan) auraient polluées le canal d'Anoumabo. L'objectif de ce travail est de déterminer le niveau de contamination des eaux usées du canal d'Anoumabo par le méthylparabène et le triclosan. Les substances cosmétiques ont été mesurées dans ces eaux par analyse au HPLC. La concentration de méthylparabène obtenue entre l'amont et l'aval est de 0,327 mg/L. Les valeurs de triclosan obtenues varient de 0,263 à 0,504 mg/L à tous les points choisis de la zone d'étude. Le méthylparabène et le triclosan introduits dans ces eaux seraient d'origine anthropique. Ce sont des perturbateurs endocriniens qui auraient pollués les eaux de la lagune Ebrié qui regorgent une diversité de ressources biologiques.

Mots clés : Méthylparabène, Triclosan, Eaux usées, Canal d'Anoumabo

CHARACTERIZATION OF METHYLPARABEN AND TRICLOSAN IN WASTEWATERS OF ANOUMABO CHANNEL (CÔTE D'IVOIRE)

ABSTRACT

The chemicals in cosmetics such as parabens and triclosan are used respectively as an antiseptic and preservative in personal care products. Their use generates concerns about their fate in the environment and their potential impact on fauna and flora. Indeed, they are introduced into the receiving environment by effluents from wastewater systems (shower and toilet), discharges of domestic wastewater and garbage. Thus the cosmetic substances (triclosan and methylparaben) are introduced into the channel Anoumabo. The objective of this work is to determine the level of contamination of wastewater Anoumabo channel methylparaben and triclosan. The cosmetic substances were measured in the water by the HPLC analysis. The concentration of methyl paraben obtained between the upstream and downstream is 0.327 mg / L. Triclosan values obtained vary from 0.263 to 0.504 mg / L at all points of the selected study area. Methylparaben and triclosan introduced into these waters come from anthropogenic activities. They are endocrine disruptors that have polluted the waters of the Ebrié lagoon which is rich in biological resources.

Key words : Methylparaben, Triclosan, Wastewater, Anoumabo channel.

¹ Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), Unité de Formation et de Recherches en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE), Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

² Laboratoire Central de l'Environnement du Centre Ivoirien Anti-pollution (LCE-CIAPOL), 20 BP 650 Abidjan 20, Côte d'Ivoire.

*Auteur de correspondance : kkyan24@yahoo.com

Introduction

L'anthropisation croissante du siècle dernier a conduit à l'émission, dans l'environnement aquatique, d'un grand nombre de contaminants chimiques de nature et d'origine diverses (Creuset, 2011). Parmi ces contaminants, certaines substances (cosmétiques, pharmaceutiques), dites émergentes, inquiètent actuellement la communauté scientifique (Collette-Bregand et al., 2009). Aussi, l'utilisation fréquente des produits, comme les savons, les déodorants, les crèmes, les dentifrices, etc., conduit-elle à l'introduction de certains composés organiques dans l'environnement. Ceci génère des inquiétudes sur leur devenir notamment leur effet potentiel sur la faune et la flore (Quintana et Reemtsma, 2004 ; Peck, 2006 ; Bazin et al., 2010). En effet, des composés utilisés comme antiseptiques ou conservateurs, sont introduits dans le milieu récepteur principalement via les rejets d'eaux usées domestiques et les rejets urbains de temps de pluie (McAvoy et al., 2002 ; Agüera et al., 2003). Aussi, les fuites au niveau des collecteurs dans les réseaux d'assainissement ainsi que les décharges d'ordures ménagères constituent-elles des sources supplémentaires importantes de ces polluants dans l'environnement (Coogan et al., 2007).

Parmi ces contaminants, les parabènes sont utilisés comme agents conservateurs pour prévenir la contamination des produits alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques du développement de bactéries (Lee et al., 2005 ; Jonkers et al., 2009). Le triclosan est utilisé comme antiseptique, désinfectant et agent de conservation dans les savons, les déodorants, les crèmes et les dentifrices (Ying et Kookana, 2007).

La présence de ces molécules dans les systèmes aquatiques fait craindre un risque pour l'environnement et des impacts sanitaires potentiels en relation avec la consommation de la ressource en eau. Certaines de ces molécules montrent une activité biologique à partir d'une concentration de 1 ng par litre d'eau. Depuis une dizaine d'années, ces substances sont recherchées dans les eaux de

surface. Leurs métabolites sont identifiés dans les organismes aquatiques il y a quelques années (Bocquene, 2013).

La lagune Ebrié située au Sud de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire, est devenue depuis quelques années un véritable dépotoir à ciel ouvert. Chaque jour, la quantité d'ordures ménagères, industrielles et pharmaceutiques ne cessent d'augmenter sur les berges de l'étendue d'eau (Monde et al., 2011). Du côté de la commune de Marcory, la situation a atteint la côte d'alerte du fait qu'elle reçoit des effluents drainés par le canal d'Anoumabo. Aujourd'hui, ce canal se trouve dans un état de pollution avancé car il constitue un milieu récepteur de divers polluants. Creusé dans les années 80, il sert de drainage aux eaux pluviales des communes de Marcory et de Koumassi vers la lagune Ebrié. Il reçoit les eaux usées de toutes les concessions environnantes. Il constitue également le réceptacle des vendeurs installés sur les berges. Toute sorte de déchets solides produits aux alentours s'y trouve ; les eaux stagnantes des environs sont entraînées dans la lagune par les eaux de ruissellements.

En l'absence de données en Côte d'Ivoire, il a semblé pertinent de chercher dans les eaux usées du canal d'Anoumabo la présence de ces polluants émergents reconnus comme des perturbateurs endocriniens selon certains auteurs (Bazin et al., 2010 ; Creuset ; 2011). Notre étude s'inscrit dans le cadre de la recherche ou de l'analyse du méthylparabène et du triclosan dans le canal d'Anoumabo. Notre intérêt serait de prévenir les populations des risques sanitaires sur le milieu aquatique abidjanais.

L'objectif de notre travail de recherche consiste à déterminer le niveau de contamination des eaux usées du canal d'Anoumabo vers la lagune Ebrié par le méthylparabène et le triclosan. Il s'agira, de façon spécifique, d'une part, d'identifier les sources de pollution du méthylparabène et du triclosan et, d'autre part, de mesurer les quantités de méthylparabène et de triclosan dans les eaux usées du canal d'Anoumabo et à l'entrée de la lagune Ebrié.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

La ville d'Abidjan capitale économique de la Côte d'Ivoire est située au Sud. Sa superficie est de 2 119 km² soit 0,6% du territoire national. Elle est localisée entre les latitudes 5°10 et 5°38 Nord et les longitudes 3°45 et 4°21 Ouest. Abidjan est subdivisée en deux parties (Abidjan nord et Abidjan sud) de part et d'autre de la lagune Ebrié. Elle regroupe dix communes dont Marcory, située à Abidjan sud avec une superficie de 12,5 km². La commune de Marcory comprend 12 quartiers et 3 villages dont le village d'Anoumabo situé entre deux flans d'eau de la lagune Ebrié (Ahoussi et al., 2013). Sa population actuelle est estimée à 350000 habitants selon les autorités. Dans un souci d'hygiène et pour prévenir les risques d'inondation dans les communes de Marcory et Koumassi, un canal d'évacuation des eaux pluviales a été creusé dans le village d'Anoumabo de 1978 à 1984. Ce canal dénommé canal d'Anoumabo est long de 1005 m, a une profondeur de 7 m et une largeur d'environ 100 m. Les eaux pluviales des communes de Marcory et Koumassi arrivent dans ce canal par le biais d'un réseau d'assainissement et sont rejetés par la suite dans la lagune. Aujourd'hui, ce canal a perdu sa fonction première et ces eaux se trouvent dans un état de pollution très avancé qui justifie la conduite du présent projet d'étude.

Notre zone d'étude est située du côté Ouest du canal d'Anoumabo, 100 m après le pont d'Anoumabo jusqu'à la lagune Ebrié (Figure 1). Le choix du tronçon est basé sur le principe de la représentativité de la masse d'eau et de la population installée le long du canal.

Matériel d'étude

Le support de notre étude est constitué des eaux usées du canal d'Anoumabo et de la lagune Ebrié. Le matériel de terrain est composé d'une fiche d'enquête qui a été élaborée afin de savoir le lieu de rejet des ordures ménagères et des eaux usées domestiques. Aussi, savoir si les systèmes d'assainissement installés en bordure du canal étaient dotés d'étanchéité. Un appareil photo numérique de marque SAMSUNG ZOOM LENS

nous a permis de faire des prises de vue. Des flacons en verre de PIREX de 250 mL ont servi à la conservation de nos échantillons. Une glacière, pour le stockage des échantillons. Un broc plastique gradué (3 L) de marque RENSON a servi pour le prélèvement des eaux usées dans le canal et dans la lagune. Deux multimètres de marque HACH et HANNA nous ont aidés à faire les mesures *in situ*.

Matériel de laboratoire

À ce niveau nous avons utilisé des membranes filtrantes : filtre en fibre de verre Whatman GF/F (diamètre de 45 mm ; taille de pores : 0,7 µm), filtre en fibre de nylon 0,2 µm (Millipore SUPELCO (0.2 µm x 4.7 mm)) et des cartouches SPE : Cartouche oasis HLB (hydrophilic-lipophilic-balance, 150 mg, 6 ml, Waters). Une seringue d'une capacité de 20µl de type Syringe Perfection (SGE. Réf. C 670-12554-03). Enfin, nous avons utilisé une HPLC (Chromatographie Liquide à Haute Performance) associé à un spectromètre de masse en tandem. L'ensemble formant une chaîne HPLC-MS/MS, de type SHIMADZU LC20AD pour l'analyse des échantillons.

Visites et enquêtes

Les visites effectuées sur le canal d'Anoumabo ont pour objectif d'apprécier l'état de contamination des eaux de ce site. Ainsi, à travers une fiche d'enquête, cinquante-quatre personnes des populations installées de façon anarchique sur la berge du canal d'Anoumabo ont été interrogées de façon aléatoire. Les questionnaires ont permis de vérifier si les populations étaient raccordées au réseau d'assainissement de la ville d'Abidjan et de savoir le milieu récepteur des ordures ménagères. Pour atteindre ces objectifs, la procédure d'approche a été individuelle. A la suite, l'identification de certaines activités de contamination humaines des eaux du canal a été effectuée. Le choix des quatre points de prélèvement (Amont, Intermédiaire, Aval et Lagune) a été effectué par rapport aux sources de pollution identifiées. Et un puits à usage domestique d'environ un (1) mètre situé à trois (3) mètres du canal a été identifié pour vérifier la présence des deux substances cosmétiques.

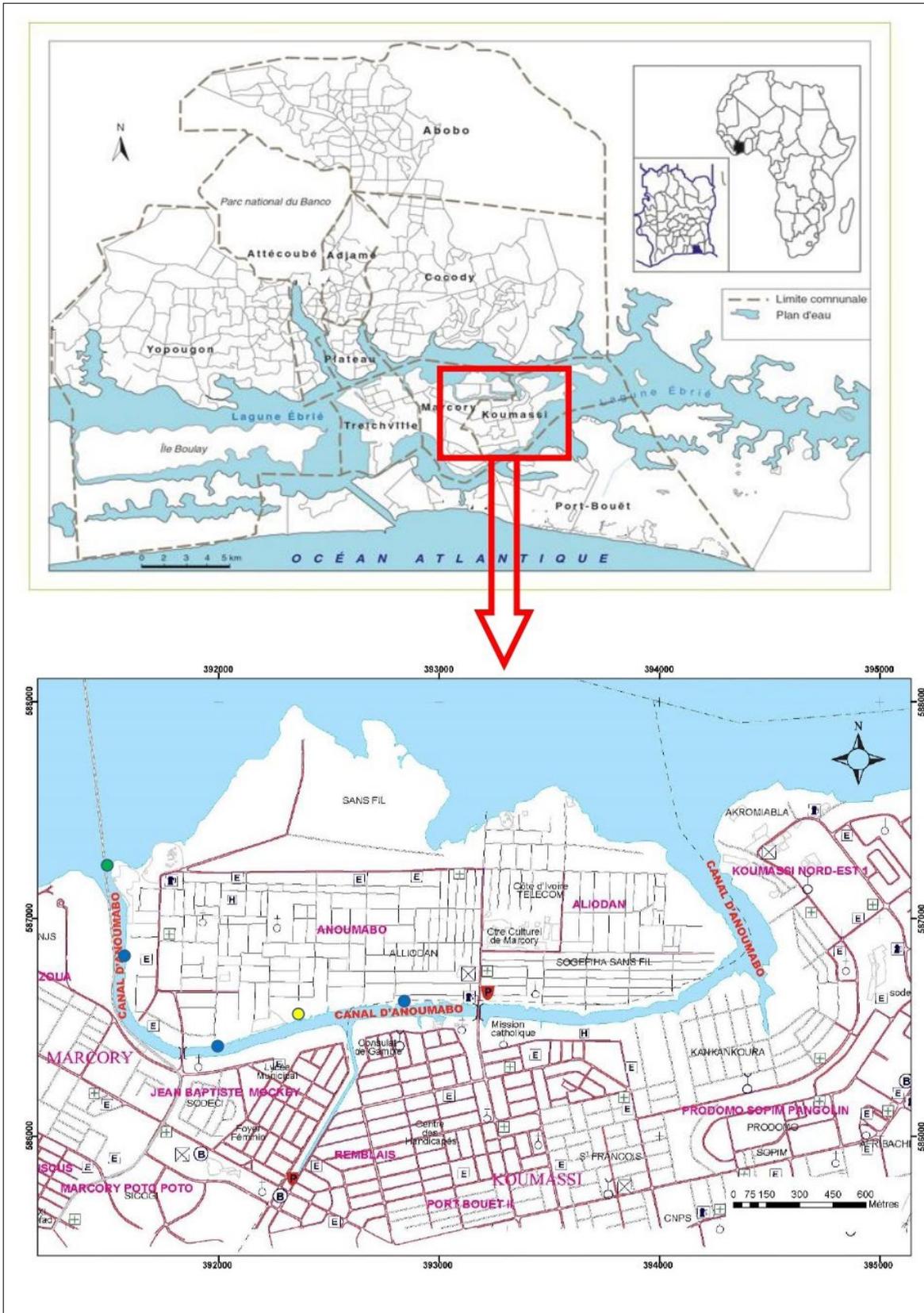


Figure 1 : Carte de la ville d'Abidjan avec la localisation du canal d'Anoumabo (Koné *et al.*, 2013)

● Points de prélèvements dans le canal ; ● point de prélèvement de puits ; ● point de prélèvement lagune

Échantillonnage

Les prélèvements d'eau effectués lors de cette étude ont été menés en deux campagnes. La première campagne a été réalisée pendant la grande saison sèche (Janvier 2014) et la seconde pendant la grande saison de pluie (Juin 2014). Ces différentes campagnes de prélèvements d'eau ont été effectuées sur les cinq (5) points choisis. Tous les prélèvements se sont déroulés entre 09 heures et 10 heures du matin. Des flacons en verre de PIREX de 250 mL préalablement nettoyés à l'eau distillée ont été utilisés pour les prélèvements. Chaque flacon a été rincé trois fois avec l'eau du canal avant le prélèvement. Ainsi, le broc plastique est plongé à 20 cm environ sous la surface de l'eau pour chaque prélèvement. Ces échantillons d'eaux prélevés ont été stockés dans une glacière à 4°C à l'abri de la lumière. Ils sont ensuite transportés au laboratoire pour être conservés dans un réfrigérateur à 4°C. La mesure *in situ* de certains paramètres a été effectuée sur le site d'étude. Ainsi, la température, le pH, l'oxygène dissous, le potentiel redox, la conductivité électrique, la salinité et la turbidité ont été mesurés (Figure 1).

Analyse du méthylparabène et du triclosan

Le système HPLC/MS/MS a permis de doser les analytes dans les échantillons. La séparation chromatographique a été réalisée sur une colonne de silice greffée octadécyle (C18) (ODS; 250 x 3.0 mm ; 5µm) à la température de 25 °C. La phase mobile du méthylparabène est composée d'un mélange tétrahydrofuran/méthanol/eau bidistillée avec une longueur d'onde de 280 nm. Pour le triclosan, elle est composée d'un mélange méthanol/eau avec une longueur d'onde de 290 nm. Le volume d'injection de l'échantillon était de 20 µL. Le temps de rétention était fixé à 2,421 mn à un débit constant. La détection des composés a été réalisée à l'aide d'un spectromètre de masse, avec un mode d'ionisation électrospray, en mode positif (ESI⁺). Les données MS/MS ont été acquises en mode MRM (Multiple Réaction Monitoring). La tension de capillaire, la température de la source et la température de désolvatation ont été calibrées respectivement à 3,5 kV, 120°C et 350°C. Les paramètres MS/MS à savoir le fragmenteur (Frag) et l'énergie de collision (CE) ont été optimisés à l'aide du logiciel Agilent Optimizer.

Filtration

Des volumes de 100 mL d'échantillons d'eaux usées

ont été filtrés successivement sur des filtres en fibre de verre 0,7 µm (GF/F, Whatman) puis en nylon 0,2 de µm (Millipore).

Extraction, purification et détection

La procédure d'extraction des molécules de méthylparabène et de triclosan, méthode développée au laboratoire, s'est faite en plusieurs étapes. Elle a consisté à utiliser 250 mL d'eau usée prélevée dans une ampoule à décanter. À cette quantité, nous avons ajouté 50 mL de dichlorométhane que nous avons agité fortement puis laissée décanter. La décantation de ce mélange nous a permis d'obtenir deux phases. Une phase organique, inférieure contenant notre molécule que nous allons récupérer et une phase aqueuse. À l'aide d'un évaporateur, la phase organique recueillie sera évaporée à sec. Ensuite, nous avons ajouté 5 mL de méthanol (MeOH) pour récupérer les molécules de méthylparabène et de triclosan. Une étape de purification sur cartouche Oasis HLB (200 mg) a suivi la procédure d'extraction. Elle a consisté à éliminer les produits qui peuvent interférer avec les molécules de méthylparabène et de triclosan réalisé sur colonne de silice. Enfin, un détecteur placé à la sortie de la colonne couplé à un enregistreur permet d'obtenir un tracé appelé chromatogramme.

Étalonnage

L'étalonnage est nécessaire à toute expérience afin de déterminer la relation qui lie la concentration de l'analyte à la grandeur mesurée. Une solution mère est d'abord réalisée en dissolvant un sel de chaque molécule correspondant dans un mélange d'éthanol/eau préparé au préalable. À partir de ces solutions mères, cinq dilutions sont préparées à l'aide de pipettes de 2, 10, 20, 30 et 40 mL. Nous obtenons donc cinq étalons pour chaque parabène dont les concentrations sont respectivement 02, 04, 06, 08 et 10 mg/L (les concentrations pouvant varier légèrement en fonction de la masse de molécule prise au départ). Après le passage dans la HPLC, on obtient cinq chromatogrammes de référence pour chaque molécule.

Traitement des données

Les résultats sont obtenus grâce à un logiciel incorporé dans le HPLC, ce que nous avons appelé logiciel HPLC. De plus, il a été nécessaire d'utiliser la courbe d'étalonnage et les hauteurs de pics des conservateurs et des antimicrobiens à doser pour calculer leurs concentrations dans chaque échantillon.

Résultats

État des lieux des sources de pollution

Les investigations menées (visites et enquêtes) sur la zone d'étude ont permis de recenser neuf latrines individuels et treize, douches (Figure 2a). Les latrines ne sont dotées d'aucune étanchéité et les eaux des douches sont directement drainées dans le canal. Les berges sont marquées par la présence d'ordures ménagères (Figure 2b). Elles y sont déposées d'une

part par les populations riveraines et d'autre part par le drainage des eaux de pluie à travers des caniveaux (Figure 2c). Ces caniveaux réceptionnent également les eaux usées qui sont directement déversées dans la lagune en transitant par le canal. Aussi, les berges sont le lieu de diverses activités de production de produits alimentaires (Attiéké) et d'élevage de porcs (Figure 2d).



Figure 2 : Quelques sources potentielles de pollution des eaux du canal : (a) Latrines et douches, (b) dépôt d'ordures ménagères, (c) caniveaux, (d) élevage de porcs.

Paramètres physiques des effluents

Campagne en saison sèche

Les résultats des mesures *in situ* sont rapportés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres caractéristiques physiques des effluents en saison sèche

Points de prélèvements	Paramètres						
	pH	T (°C)	Potentiel redox (mv)	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (mS/cm)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)
Amont	7,30	28,60	-0,90	0,40	25,70	12,90	58,10
Intermédiaire	7,30	29,50	-6,70	0,20	21,70	10,90	83,50
Puits	6,19	28,90	58,80	3,62	0,33	0,17	0,95
Aval	7,28	29,60	-5,20	0,45	24,30	12,10	44,00
Lagune	7,64	29,70	-26,50	3,91	25,20	12,60	18,50

Les valeurs de pH des eaux analysées varient entre 6,19 à 7,64. La température des eaux de cette campagne varie de 28,60 à 29,70°C. La valeur la plus faible a été enregistrée en Amont. La maximale enregistré était en Lagune. Quant au potentiel redox, il varie de -26,50 à 58,80 mv. Ces eaux présentent des quantités d'oxygène

dissous très faibles (0,20 mg/L). La conductivité électrique mesurée sur les cinq (5) points montre que les eaux du canal sont faiblement minéralisées (de 0,33 à 25,70 mS/cm). Les valeurs de salinité sont comprises entre 0,17 et 12,90 ‰. Les mesures montrent aussi que l'eau du canal est trouble (83,50 NTU).

Campagne en saison de pluie

Les résultats des mesures *in situ* sont mentionnés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Paramètres caractéristiques physiques des effluents en saison de pluie

Points de prélèvements	Paramètres						
	pH	T (°C)	Potentiel redox (mv)	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (mS/cm)	Salinité (‰)	Turbidité (NTU)
Amont	6,65	26,40	-0,60	0,52	0,47	0,24	49,40
Intermédiaire	6,58	26,40	3,30	0,66	0,46	0,23	61,30
Puits	6,58	28,20	3,60	2,57	0,98	0,49	0,76
Aval	6,63	26,50	0,50	4,28	0,33	0,16	38,50
Lagune	6,86	26,70	-12,6	6,69	0,31	0,16	20,20

Les valeurs de pH varient entre 6,58 et 6,86 proches au pH neutre. Les températures oscillent entre 26,40 et 28,20 °C. Le potentiel redox de cette eau est généralement faible. Les valeurs varient de -12,6 à 3,60 mv. Aussi, la saturation en oxygène est faible (0,66 à 6,69 mg/L). La conductivité électrique présente des valeurs très faibles (0,31 à 0,98 mS/cm). Les résultats montrent que les eaux sont troubles aux différents points de prélèvement sur le tronçon du

canal à l'exception des eaux du puits.

Paramètres chimiques des effluents

Campagne en saison sèche

La figure 3 ci-dessous montre les résultats des analyses de méthylparabène et de triclosan dans les eaux usées du canal d'Anoumabo.

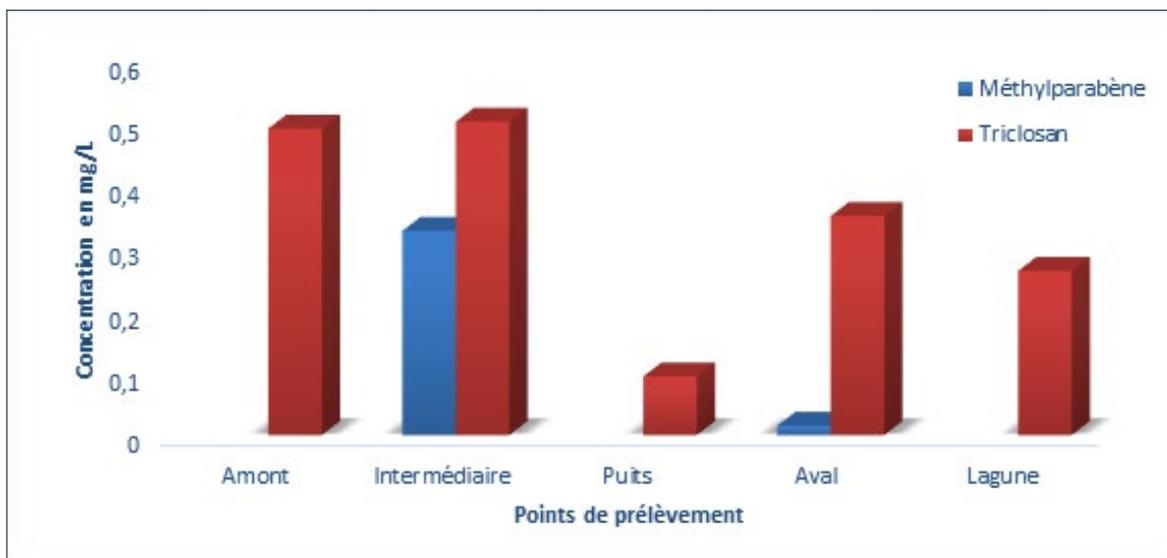


Figure 3 : Concentration du méthylparabène et du triclosan dans le canal d'Anoumabo vers la lagune Ebrié et le puits (saison sèche).

Nous constatons la présence de méthylparabène et de triclosan dans les eaux usées du canal d'Anoumabo et de la lagune Ebrié. Les mesures de méthylparabène sont comprises entre 0,015 et 0,327 mg/L. Les

valeurs sont plus élevées pour le triclosan. Elles sont comprises entre 0,094 et 0,502 mg/L. Le maximum est observé au point intermédiaire (0,502 mg/L) et le minimum au niveau du puits (0,092 mg/L).

Campagne en saison de pluie

En saison de pluie, les analyses des effluents (méthylparabène et triclosan) sont représentées par la figure 4 ci-dessous.

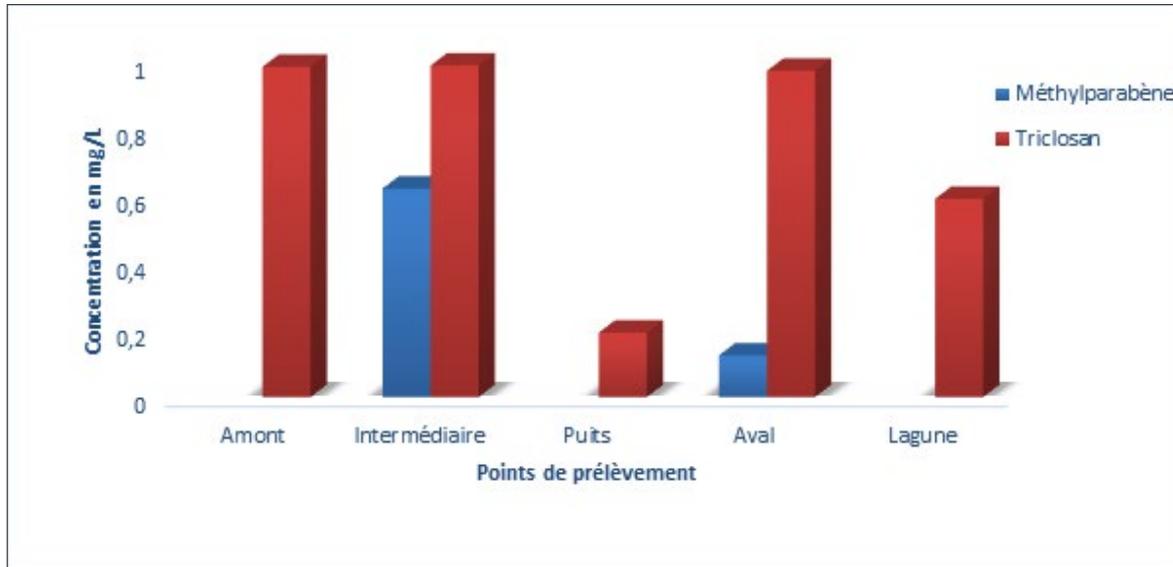


Figure 4 : Concentration du méthylparabène et du triclosan dans le canal d'Anoumabo vers la lagune Ebrié (saison de pluie).

Les mesures obtenues de la seconde campagne (Figure 4) révèlent également la présence de méthylparabène et de triclosan dans les eaux usées du canal d'Anoumabo et dans la lagune Ebrié. Le méthylparabène est présent à des concentrations variant de 0,124 à 0,621 mg/L. Les concentrations de triclosan varient de 0,192 à 0,987 mg/L. Les fortes concentrations sont également obtenues au

point intermédiaire. La plus faible observée en aval pour le méthylparabène et au niveau du puits pour le triclosan.

Concentration moyenne du méthylparabène et du triclosan dans les eaux du canal d'Anoumanbo sur toute l'année

Le tableau 3 présente les concentrations moyennes des résultats obtenus au cours de l'année.

Tableau 3 : Concentration moyenne du méthylparabène et du triclosan sur l'année dans les eaux usées du canal d'Anoumabo.

Effluents (mg/L)	Points de prélèvements				
	Amont	Intermédiaire	Puits	Aval	Lagune
Méthylparabène	0,00	0,474	0,00	0,0695	0,00
Triclosan	0,737	0,7445	0,143	0,661	0,5815

Les valeurs moyennes obtenues sont élevées au point intermédiaire. Elles sont respectivement de 0,474 mg/L et de 0,7445 mg/L pour le méthylparabène et le triclosan.

Discussion

Les valeurs de méthylparabène (0,015 et 0,621 mg/L avec une moyenne de 0,271 mg/L) et de triclosan (entre 0,263 et 0,987 mg/L avec une moyenne de 0,619 mg/L) ont été détectés dans les eaux du canal d'Anoumabo. Cela peut être non seulement consécutif au rejet dans le canal des eaux usées issues des ménages, des latrines et douches, mais aussi à la présence d'ordures ménagères, de porcheries sur les berges. Cette hypothèse est confirmée par les travaux de Zedek, (2016) qui stipule que la présence de méthylparabène et du triclosan dans le milieu aquatique est la résultante de l'utilisation des produits cosmétiques dans les ménages, du lixiviat des eaux des décharges. Quant à Geara-Mata (2012) selon son étude comparative des eaux usées de France et du Liban, les contaminants émergents polluent l'environnement par les eaux usées non traitées. Elle a obtenu des valeurs moyennes respectives de 15522 ng/L et de 10660 ng/L de méthylparabène, de 3024 ng/L et de 9432 ng/L de triclosan. En ce qui nous concerne les valeurs moyennes obtenues dans les eaux du canal d'Anoumabo, en méthylparabène (0,271 mg/L) et en triclosan (0,619 mg/L) sont respectivement faibles et élevées. Les concentrations de triclosan peuvent être élevées car cette substance est relativement persistante. Ses teneurs sont également très élevées comparativement à celles obtenues (entre 30 et 4160 ng/L) par Santé Canada (2012) dans un étang d'épuration d'eaux usées.

Le pic des valeurs moyennes observées au point intermédiaire dans les deux périodes de cette étude est lié à l'environnement proche de ce point. En effet, cette zone recouvre une quantité importante d'ordures ménagères, un nombre important de systèmes d'assainissement et une porcherie. Ainsi, le rejet des effluents domestiques, de latrines, douches à cet endroit peut justifier ces concentrations élevées. Ces sources de pollution sont confirmées par les travaux d'Eriksson *et al.* (2009) qui ont montré que les échantillons d'eau provenant des lavabos et douches sont riches en méthylparabène (0,1 à 41 µg/L) et en triclosan (0,6 à 59 µg/L).

En juin (saison des pluies) de fortes concentrations observées de l'amont vers la lagune peut se traduire par des ruissellements d'eau de pluie. En effet, le déguerpissement des installations précaires sur la berge du canal d'Anoumabo à la faveur de la construction du pont Henri Konan BEDIE peut contribuer à la modification des concentrations. Aussi peut-il faciliter l'écoulement des eaux de ruissellement vers le canal contenant des effluents de substances cosmétiques laissés ou infiltrés dans le sol. C'est pourquoi Mboula (2012) affirme que les valeurs élevées des deux substances cosmétiques à cette

période est lié aux rejets des effluents des lixiviats issues des dépôts d'ordures dans le milieu aquatique.

Les faibles concentrations obtenues en janvier (saison sèche) peuvent s'expliquer par la dilution des molécules cosmétiques contenues dans les eaux domestiques et l'infiltration des eaux de ménages dans le sol. Les valeurs du traitement des échantillons prélevés en janvier peuvent avoir pour origine la quantité d'eau présente dans le canal qui tarit en laissant les effluents se répartir dans les sédiments. Car selon Santé Canada (2012), les substances cosmétiques une fois dans l'eau, 60% restent dans l'eau et 40% se répartissent dans les sédiments.

Les teneurs de méthylparabène détectées dans les eaux du canal leur confèrent un caractère toxique pour les organismes aquatiques. Ainsi, Bazin *et al.* (2010), ont montré que ces valeurs sont suffisantes pour entraîner une toxicité chez les poissons. Leurs études ont révélé des effets à partir de 0,18 mg/L. Ce qui peut entraîner la féminisation des poissons exposés au méthylparabène comme pour être un perturbateur endocrinien selon Gross-Sorokin *et al.* (2006). Par ailleurs, il est supposé moins toxique pour certains organismes. Car Chen *et al.* (2007) ont montré que cette molécule inhibe l'activité de la testostérone à 40% à partir d'une concentration minimale de 1,13 mg/L.

Les concentrations de triclosan mesurées dans les eaux du canal peuvent être très toxiques pour certaines espèces aquatiques. En effet, les études de Veldhoen *et al.* (2006) ont montré qu'il y a une modification de la fonction thyroïdienne des amphibiens à des concentrations de triclosan inférieures à 0,15 µg/L. Adolfsson-Erici *et al.* (2002) ont à leur tour classé cette molécule très toxique pour les poissons et pour l'environnement aquatique à partir d'une teneur minimale de 0,39 mg/L. Ces auteurs ont montré que le taux de mobilité des poissons les plus atteints diminue de 50 à 70%. Cette molécule qui s'accumule dans les algues selon Orvos *et al.* (2002) peut s'accumuler dans les poissons. Ainsi, Dulio et Morin (2009) ont détecté dans les graisses des poissons des rivières 3,1 à 63 ng/g de triclosan.

Les concentrations moyennes de triclosan sont élevées par rapport à celles du méthylparabène observées dans les eaux usées du canal d'Anoumabo. Cette différence de concentration serait liée au fait que le triclosan est persistant dans les eaux que le méthylparabène selon les études faites par Santé Canada (2012). De plus, il agirait à long terme sur les organismes selon Heberer (2002). Corre *et al.*, (2009) ont affirmé que le méthylparabène se métabolise rapidement et ne s'accumule pas.

Conclusion

Les concentrations de méthylparabène mesurées sont de 0,327 mg/L en saison sèche et 0,621 mg/L en saison de pluie. En aval, sa teneur est plus faible et est de 0,124 mg/L en saison de pluie. Cependant, il peut à quelque niveau influencer certains organismes aquatiques à de très forte dose. Quant au triclosan, il est détecté tout au long du canal avec des valeurs comprises entre 0,263 et 0,502 mg/L en saison sèche. En saison de pluie, elles sont de 0,590 à 0,987 mg/L. Les mesures les plus élevées de triclosan ont été également obtenues au point de prélèvement intermédiaire, point ou les sources éventuelles de pollution les plus abondantes. Compte tenu

des ressources halieutiques de la lagune Ebrié, l'introduction de ces molécules dans le milieu aquatique doit être surveillée du fait de leur caractère pseudo-persistant. Cette contamination peut provenir en partie des activités humaines des populations installées sur les berges du canal. Ainsi, le méthylparabène et le triclosan peuvent pénétrer dans l'environnement par les systèmes d'assainissement autonome, les rejets d'eaux usées domestiques, le lixiviat d'ordures ménagères. Ces molécules reconnues comme des perturbateurs endocriniens peuvent modifier la santé des organismes aquatiques présents dans les eaux du canal d'Anoumabo jusqu'à la lagune Ebrié.

Références Bibliographiques

- Adolfsson-Erici M, Pettersson M, Parkkonen J, Sturve J. 2002.** Triclosan, a commonly used bactericide found in human milk and the aquatic environment in Sweden. *Chemosphere*, 46 (9-10): 1485-1489.
- Agüera A, Fernandez-Alba RA, Piedra L, Mezcua M, Gomez J. M. 2003.** Evaluation of triclosan and biphenylol in marine sediments and urban wastewaters by pressurized liquid extraction and solid phase extraction followed by gas chromatography mass spectrometry and liquid chromatography mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 480 (2) : 193-205.
- Ahoussi KE, Loko S, Koffi YB, Soro G, Oga YMS, Soro N. 2013.** Evolution spatio-temporelle des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) *Int. J. Pure App. Biosci.*, 1 (3): 45-60.
- Bazin I, Gadal A, Touraud E, Roig B. 2010.** Hydroxy Benzoate Preservatives (Parabens) in the Environment: Data for Environmental Toxicity Assessment. *Environmental Pollution*, 16 : 245-257.
- Bocquene G. 2013.** Contamination des écosystèmes aquatiques par les médicaments, les produits cosmétiques et leurs résidus. *Anses. Bulletin de veille scientifique*, 21 (174) :305-15.
- Chen J, Ahn K, Gee NA, Gee SJ, Hammock BD, Lasley BL. 2007.** Antiandrogenic properties of parabens and other phenolic containing small molecules in personal care products. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 221 (3): 278-284.
- Collette-Bregand M, James A, Munshy C, Bocquene G. 2009.** Contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques et cosmétiques. *Etat des lieux et perspectives*, 38p.
- Coogan A, Melinda ER, La Point WT, Venables JB. 2007.** Algal bioaccumulation of triclocarban, triclosan, and methyl-triclosan in a North Texas wastewater treatment plant receiving stream. *Chemosphere*, 67: 1911-1918.
- Corre C, Dalvai J, Dampfhofer M, Lamberlin M, Terrasson R. 2009.** Les parabens : quelle problématique pour la Santé Publique ? Ecole des Hautes Études en Santé Publique (EHESP), 52p.
- Creuset N. 2011.** Contribution de l'approche effect directed analysis à l'identification de perturbateurs endocriniens dans les milieux aquatiques, Thèse à l'Université Bordeaux I Ecole Doctorale des Sciences Chimiques, 247p.
- Dulio V, Morin A. 2009.** Les substances émergentes dans l'environnement, note de synthèse sur l'état de l'art concernant les produits pharmaceutiques, les cosmétiques et les produits d'hygiène corporelle, Convention de partenariat ONEMA-INERIS 2008, 41p.
- Eriksson E, Andersen HR, Madsen TS, Ledin A. 2009.** Greywater pollution variability and loadings. *Ecological Engineering*, 35 (5): 661-669.
- Geara-Matta D. 2012.** Flux et sources des parabènes, du triclosan et du triclocarban en milieux urbains denses : comparaison entre Paris et Beyrouth, Thèse à l'Université Paris-Est, Ecole Doctorale Sciences, Ingénierie et Environnement, 179p.

- Gross-Sorokin MY, Roast SD, Brighty GC. 2006.** Assessment of feminization of male fish in English rivers by the Environment Agency of England and Wales. *Environmental Health Perspectives*, 114 Suppl 1: 147-151.
- Heberer T. 2002.** Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters* 131 (1-2): 5-17.
- Jonkers N., Kohler H.-P. E., Dammshäuser A. et Giger W. 2009.** Mass flows of endocrine disruptors in the Glatt River during varying weather conditions. *Environmental Pollution*, 157 (3): 714-723.
- Koné AB, Konan YL, Coulibaly ZI, Fofana D, Guindo-Coulibaly N, Diallo M, Doannio JMC, Ekra KD, Odehoury-Koudou P. 2013.** Évaluation entomologique du risque d'épidémie urbaine de fièvre jaune survenue en 2008 dans le district d'Abidjan, Côte d'Ivoire. *Med Santé Trop*, 23 : 66-71.
- Lee H-B, Peart TE, Svoboda ML. 2005.** Determination of endocrine-disrupting phenols, acidic pharmaceuticals, and personal-care products in sewage by solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 1094 (1-2): 122-129.
- Mboula MV. 2012.** Devenir de polluants émergents lors d'un traitement photochimique ou photocatalytique sous irradiation solaire. École des Mines de Nantes, 242p.
- McAvoy D, Schatowitz B, Jacob M, Hauk A, Eckhoff W. 2002.** Measurement of triclosan in wastewater treatment systems. *Environmental Chemistry*, 21 (7): 1323-1329.
- Monde S, Coulibaly AS, Wango T-E, Aka K. 2011.** Hydrodynamique de l'estuaire de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Revue Paralia*, 4. : 1.1-1.14.
- Orvos DR, Versteeg DJ, Inauen J, Capdevielle M, Rothenstein A, Cunningham V. 2002.** Autotoxicity of triclosan. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21: 1338-1349.
- Peck AM. 2006.** Analytical methods for the determination of persistent ingredients of personal care products in environmental matrices. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 386: 907-939.
- Quintana JB, Reemtsma T. 2004.** Sensitive determination of acidic drugs and triclosan in surface and wastewater by ion-pair reverse-phase liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid communications in mass spectrometry*, 18: 765-774.
- Santé Canada. 2012.** Évaluation préliminaire : Triclosan Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 3380-34-5, 156p.
- Veldhoen N, Skirrow RC, Osachoff H, Wigmore H, Clapson DJ, Gunderson MP, Van Aggelen G, Helbing CC. 2006.** The bactericidal agent triclosan modulates thyroid hormone-associated gene expression and disrupts postembryonic anuran development. *Aquatic Toxicology*, 80 (3): 217-227.
- Ying G-G, Kookana RS. 2007.** Triclosan in wastewaters and biosolids from Australian wastewater treatment plants. *Environment International*, 33 (2): 199-205.
- Zedek S. 2016.** Dynamique de polluants émergents (parabènes, triclosan et triclocarban) dans le continuum eaux grises - milieu récepteur, Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 244p.

VARIATION SPATIO-SAISONNIÈRE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU FLEUVE BANDAMA (CÔTE D'IVOIRE)

LOZO RN^{1*}, BERTE S¹, OUATTARA NI¹, OUATTARA A², KOUAMELAN EP¹

RÉSUMÉ

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres. Basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres (pH, température, conductivité, oxygène dissous, transparence, nitrite, nitrate, orthophosphates, azote ammoniacal et silice, etc.). Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi pour rétroagir sur la gestion des eaux. Ainsi, une étude de la variation spatio-saisonnière des paramètres physico-chimiques effectués sur le fleuve Bandama a été réalisée de février à octobre 2013. Les stations des lacs (B4, B5 et B8) se distinguent des autres stations de la partie fluviale par des valeurs élevées des paramètres de minéralisation (pH, température, conductivité, sels nutritifs) et des faibles valeurs d'oxygène dissous. Quant aux stations de la partie fluviale, elles sont caractérisées par une teneur en oxygène dissous et silice plus élevée. Les stations de l'amont (B1, B2 et B3), les moins oxygénées et riches en silice, se distinguent des stations (aval et entre les lacs : B6, B7, B9 et B10) influencées par les deux lacs Kossou et Taabo.

Mots clés : Physico-chimie, Fleuve Bandama, Saison, Côte d'Ivoire.

SPATIO-SEASONAL VARIATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF BANDAMA RIVER (CÔTE D'IVOIRE)

ABSTRACT

The physico-chemical quality of water provides information on the location and assessment of a pollution level, according to a set of parameters. Based on reference values, it is assessed by using several parameters (pH, temperature, conductivity, dissolved oxygen, transparency, nitrite, nitrate, orthophosphates, ammoniacal nitrogen and silica, etc.). These parameters make it possible to acquire basic knowledge, to develop monitoring to detect disturbances and set up monitoring to retroact on water management. From February to October 2013, a study of the spatial-seasonal variation of physico-chemical parameters was carried out on the Bandama River. The lake stations (B4, B5 and B8) differ from the other stations in the river lotic section. These have higher values of mineralization parameters (pH, temperature, conductivity, nutrient salts) and lower values of dissolved oxygen. As for the river lotic section stations, they are characterized by a higher dissolved oxygen and silica. The upper stations (B1, B2 and B3), which are the least oxygenated and rich in silica, are distinguished from the stations (downstream and between lakes: B6, B7, B9 and B10) which are influenced by the two lakes (Kossou and Taabo).

Key words : Physico-chemistry, Bandama River, Season, Côte d'Ivoire.

¹Laboratoire d'hydrobiologie, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, CÔTE D'IVOIRE.

²Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, CÔTE D'IVOIRE.

*Auteur de correspondance : lozoromeo85@yahoo.fr

Introduction

Le réseau hydrographique très dense de la Côte d'Ivoire se compose de fleuve, de plusieurs bassins côtiers, de ruisseaux et de lacs (Avit *et al.*, 1999; Tazi *et al.*, 2001). Ces milieux aquatiques sont des réceptacles importants des polluants utilisés dans leur bassin versant. L'intégrité des cours d'eau se trouve donc impactée. Tel est le cas du fleuve Bandama qui, en Côte d'Ivoire, a le bassin versant le plus important avec une superficie de 97 000 Km² (Savané, 2010). Le développement de cultures intensives dans son bassin versant a entraîné un accroissement très important des apports en fertilisants et en pesticides (Lévêque *et al.*, 1983). Un tel accroissement des apports peut modifier l'évolution des paramètres physico-chimiques du milieu. Compte tenu de l'intensité de ces influences, la préservation de la qualité

des eaux du fleuve Bandama devient donc une préoccupation majeure. Selon Zinsou *et al.* (2016), une bonne connaissance des caractéristiques physico-chimiques, permet d'apprécier le degré de productivité et la qualité de l'écosystème. Abordant dans le même sens, Bli-Effert et Perraud (2001) affirment, que l'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs de la qualité de l'eau. C'est dans ce contexte que des travaux sont réalisés afin de connaître la variation spatio-saisonnière des paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve Bandama. Aussi, les résultats obtenus serviront de références pour l'évaluation des changements climatiques au niveau de nos cours d'eaux.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

Le bassin du fleuve Bandama qui est notre milieu d'étude est entièrement situé en Côte d'Ivoire et occupe l'axe central du territoire entre 3°50 et 7° O, 5° et 10°20 N. Long de 1 050 km pour une superficie de 97 500 km², le fleuve Bandama se compose de son cours principal (Bandama blanc) et de ses deux grands affluents qui sont la Marahoué (Bandama rouge) et le N'Zi. Deux barrages ont été construits sur le cours principal à savoir le barrage de Kossou en 1972 à 296 km de l'embouchure et celui de Taabo en 1978, construit à 195 km de l'embouchure (Traoré, 1996).

Les stations de prélèvement se répartissent comme suit : les stations B1 et B2 en amont du lac Kossou ; B4 et B5 sur le lac de Kossou ; B6 sur la Marahoué ; B7 entre le lac de Kossou et le lac Taabo ; B8 sur le lac de Taabo et B3, B9 et B10, respectivement en amont et aval du confluent du N'Zi (Figure 1).

Mesure des paramètres physico-chimiques

Au cours de cette étude, divers appareils ont été utilisés pour la mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau de février à octobre 2013. Les mesures du pH, de la température de l'eau (°C), de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et de l'oxygène dissous (en mg/l) ont été effectuées *in situ* à l'aide d'un multiparamètre portable HANNA modèle HI9828. Cinq minutes après la mise sous tension de l'appareil, la sonde était plongée dans l'eau. La sélection des fonctions permet l'affichage automatique de la valeur du paramètre sélectionné. Un disque de Secchi de diamètre 29 cm, a servi à la détermination de la transparence de l'eau.

Le dosage des sels nutritifs (nitrite, nitrate, phosphate, ammonium et silice) contenus dans l'eau a été effectué grâce à un photomètre multiparamètre HANNA modèle HI 83200 série 2008. Les échantillons d'eau prélevés étaient conservés au frais dans une glacière puis ramenés au laboratoire pour le dosage des composés ioniques. Le principe de mesure est basé sur la loi de Beer Lambert (Rodier *et al.*, 2009).

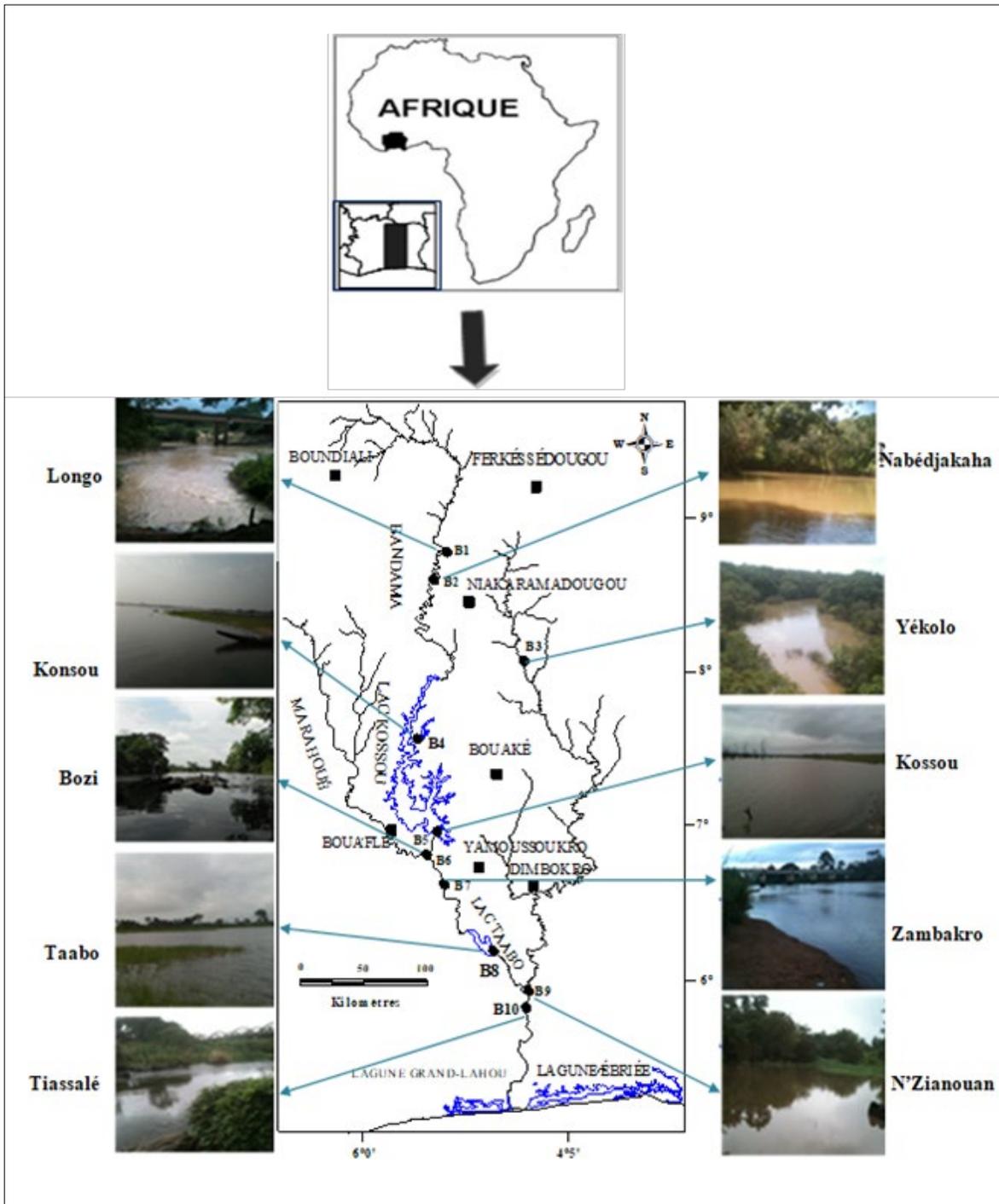


Figure 1 : Le fleuve Bandama et la localisation des stations de prélèvement

Résultats

Les tableaux 1 et 2 présentent les variations spatio-saisonniers des paramètres physico-chimiques en fonction des stations et des différentes parties du fleuve Bandama.

Les valeurs du pH enregistrées dans le fleuve Bandama fluctuent entre 5,81 et 8,65 avec une moyenne de 7,06. Les valeurs faibles du pH ont été relevées pendant la petite saison sèche et les valeurs élevées pendant la grande saison des pluies (Tableau 1). La variation du pH est moins marquée de l'amont à l'aval du fleuve Bandama ($p > 0,05$). Les valeurs moyennes enregistrées sont $7,02 \pm 0,37$ en amont, $6,95 \pm 0,40$ entre les lacs, $7,38 \pm 0,52$ dans les lacs et $6,68 \pm 0,46$ en aval (Tableau 2).

Les valeurs de la température (Tableau 1) de l'eau varient de $24,47\text{ °C}$ à $33,34\text{ °C}$ avec une moyenne de $28,05\text{ °C}$. La variation de la température est moins marquée de l'amont à l'aval du fleuve Bandama ($p > 0,05$). Néanmoins, les eaux des lacs ($30,15\text{ °C} \pm 1,64$) sont plus chaudes que celles des milieux fluviaux (amont, entre les lacs et l'aval) avec $27,04\text{ °C} \pm 0,17$ (Tableau 2). Dans l'ensemble, les eaux sont légèrement chaudes pendant la grande saison sèche ($p < 0,05$).

Les valeurs de la conductivité de l'eau varient entre $19,66\text{ }\mu\text{S/cm}$ et $148\text{ }\mu\text{S/cm}$ avec une moyenne de $72,18\text{ }\mu\text{S/cm}$ (Tableau 1). Les valeurs de conductivité obtenues sont relativement plus élevées en amont et entre les lacs qu'en aval avec respectivement $74,18\text{ }\mu\text{S/cm} \pm 20,68$; $70,28\text{ }\mu\text{S/cm} \pm 18,32$ et $48,84\text{ }\mu\text{S/cm} \pm 10,56$. Les fortes valeurs sont obtenues dans les lacs ($101,16\text{ }\mu\text{S/cm} \pm 18,43$) (Tableau 2). Les fortes valeurs de la conductivité sont obtenues pendant la grande saison sèche dans les milieux fluviaux tandis que celles des lacs sont obtenues pendant la grande saison des pluies. Les valeurs faibles de la conductivité sont enregistrées pendant la grande saison des pluies dans les milieux fluviaux alors que dans les lacs, elles sont observées pendant la grande saison sèche (Tableau 1).

La teneur en oxygène dissous (Tableau 1) fluctue entre $1,08\text{ mg/l}$ et $8,49\text{ mg/l}$ avec une moyenne de $4,42\text{ mg/l}$. Dans l'ensemble, Les teneurs d'oxygène dissous mesurées montrent que les lacs sont moins oxygénés que les cours d'eau (Tableau 2). Les valeurs moyennes enregistrées sont $5,02\text{ mg/l} \pm 1,97$ en amont, $4,48\text{ mg/l} \pm 1,12$ entre les lacs, $5,41\text{ mg/l} \pm 1,52$ en aval et $3,13\text{ mg/l} \pm 1,2$ dans les lacs.

Les valeurs élevées ont été notées durant la grande saison sèche en amont, dans les lacs et entre les lacs et pendant la grande saison des pluies en aval. Les faibles teneurs sont obtenues pendant la petite saison sèche en amont et en aval alors que celles des lacs sont enregistrées pendant la grande saison des pluies (Tableau 1).

La valeur moyenne de la transparence de l'eau est de 42 cm . Les valeurs enregistrées oscillent de 10 cm à 150 cm . Les stations entre les lacs enregistrent les faibles valeurs ($25,62\text{ cm} \pm 8,33$) par rapport aux stations de l'amont et l'aval qui présentent des valeurs de même ordre avec respectivement $29,58\text{ cm} \pm 14,56$ et $29,12\text{ cm} \pm 11,9$ (Tableau 2). Les valeurs obtenues dans les eaux courantes sont plus faibles que celles des lacs qui enregistrent une moyenne de $73,96\text{ cm} \pm 40,05$. Les plus faibles valeurs de la transparence sont obtenues pendant la petite saison des pluies, tandis que les valeurs plus élevées ont été enregistrées pendant la grande saison sèche (Tableau 1).

En ce qui concerne les nitrites, les teneurs varient entre $0,00\text{ mg/l}$ et $0,09\text{ mg/l}$. La teneur moyenne de l'eau en nitrites est de $0,03\text{ mg/l}$. Les teneurs en nitrites sont plus élevées en aval ($0,039 \pm 0,01$) par rapport aux stations en amont et entre les lacs avec respectivement $0,025\text{ mg/l} \pm 0,023$ et $0,035\text{ mg/l} \pm 0,01$. Les lacs avec une moyenne de $0,045\text{ mg/l} \pm 0,25$, enregistrent les fortes teneurs par rapport à celles des eaux fluviales (Tableau 2). Les fortes teneurs s'observent pendant la grande saison pluies dans les lacs et la petite saison sèche dans les eaux fluviales exceptées l'aval et entre les lacs qui obtiennent par moment des fortes valeurs pendant les saisons pluvieuses (Tableau 1).

La teneur moyenne de l'eau en nitrate (Tableau 1) est de $4,5\text{ mg/l}$. Les valeurs fluctuent de $0,01\text{ mg/l}$ à 12 mg/l . Tout comme les nitrites, les teneurs de nitrate varient dans le même ordre de l'amont à l'aval et sont plus élevées dans les lacs pendant la grande saison des pluies. Les valeurs moyennes enregistrées sont $2,81\text{ mg/l} \pm 1,65$ en amont, $3,47\text{ mg/l} \pm 2,1$ entre les lacs, $4,19\text{ mg/l} \pm 2,08$ en aval et $7,08\text{ mg/l} \pm 3,25$ dans les lacs.

Les concentrations en orthophosphates oscillent de $0,15\text{ mg/l}$ à $3,7\text{ mg/l}$ avec une moyenne de $1,23\text{ mg/l}$. Les stations de l'amont enregistrent des concentrations plus élevées par rapport aux stations de l'aval et l'interlac avec respectivement $0,81\text{ mg/l} \pm 0,36$, $0,76\text{ mg/l} \pm 0,67$ et $0,74\text{ mg/l} \pm 0,39$ (Tableau 2). Les lacs avec une moyenne de $2,28 \pm 0,81$, enregistrent les fortes teneurs par rapport à celles des cours d'eau. Les fortes concentrations sont obtenues dans les lacs pendant la grande saison des pluies et les eaux fluviales pendant la petite saison sèche (Tableau 1).

Le taux d'ions ammonium varie de $0,05\text{ mg/l}$ à $0,75\text{ mg/l}$. Le taux moyen d'ions ammonium enregistré est de $0,31\text{ mg/l}$. Les teneurs en sels d'ammonium sont plus élevées en aval par rapport aux stations en amont et interlac avec respectivement $0,302 \pm 0,13$, $0,262 \pm 0,11$ et $0,24 \pm 0,14$. Les lacs présentent la plus forte teneur par rapport aux eaux du milieu fluviale

avec une moyenne de $0,4 \pm 0,20$ (Tableau 2). Dans l'ensemble, les fortes teneurs sont enregistrées pendant les saisons pluvieuses tandis que les faibles valeurs sont obtenues pendant la grande saison sèche (Tableau 1).

La teneur moyenne de silice est de $10,9 \text{ mg/l}$ avec des valeurs qui varient de $0,01 \text{ mg/l}$ à 25 mg/l . Les stations de l'amont enregistrent les fortes valeurs ($14,75 \text{ mg/l} \pm 5,44$) par rapport aux stations de l'aval et entre les lacs avec respectivement $11 \text{ mg/l} \pm 2,5$ et $9,13 \text{ mg/l} \pm 3,09$. Les valeurs obtenues dans les eaux courantes sont plus élevées que celles des lacs qui enregistrent

une moyenne de $8,08 \text{ mg/l} \pm 6,32$ (Tableau 2). Les plus fortes teneurs de silice sont obtenues pendant les saisons sèches dans les cours d'eau alors que les lacs enregistrent les valeurs importantes pendant les saisons des pluies (Tableau 1).

Ces différents paramètres ne varient pas significativement d'une station à une autre (test de Kruskal Wallis ; $p > 0,05$). Concernant les saisons, une variation significative est observée au niveau du pH, de la température, l'oxygène dissous et la transparence ($p < 0,05$; test de Kruskal Wallis) (Tableau 3).

Tableau 1 : Variations spatio-saisonnnières des paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire). GSS : grande saison sèche ; GSP : grande saison de pluie ; PSP : petite saison de pluie ; PSS : petite saison sèche

Stations	Saisons d'échantillonnage	Paramètres physico-chimiques									
		Ph	T (°C)	Cond (mg/l)	OD (mg/l)	Transp (cm)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Si (mg/l)
B1	GSS	6,99	29,32	91,67	8,49	35	0,00	1,50	0,78	0,20	16,00
	GSP	7,59	26,04	30,50	4,49	12	0,01	2,00	1,53	0,15	12,00
	PSS	6,36	26,83	94,00	3,75	20	0,06	4,70	0,63	0,37	18,00
	PSP	6,80	28,58	82,58	4,02	48	0,02	3,80	0,83	0,36	9,00
B2	GSS	6,55	28,59	72,67	7,37	65	0,05	2,90	1,20	0,21	15,00
	GSP	7,43	26,96	60,17	5,17	15	0,00	4,00	0,68	0,21	13,00
	PSS	7,14	27,08	84,72	2,51	26	0,06	6,00	1,17	0,21	16,00
	PSP	7,15	28,76	77,15	4,67	25	0,00	2,50	0,90	0,32	12,00
B3	GSS	7,06	29,30	32,67	8,30	32	0,04	3,00	0,70	0,14	21,00
	GSP	6,69	26,77	49,50	3,44	24,5	0,00	2,50	0,53	0,35	16,00
	PSS	7,07	27,31	19,67	4,53	28	0,01	0,90	0,61	0,12	25,00
	PSP	7,43	27,04	44,83	3,53	24,5	0,00	0,01	0,15	0,50	4,00
B4	GSS	7,45	31,25	90,67	4,65	127	0,02	6,70	2,50	0,17	0,01
	GSP	7,55	28,75	117,33	1,10	29	0,07	8,10	3,50	0,40	6,00
	PSS	6,75	30,46	89,33	3,43	80	0,06	2,50	1,07	0,55	13,00
	PSP	7,26	28,82	117,34	4,10	40	0,01	7,60	2,50	0,75	12,00
B5	GSS	6,94	30,86	86,75	3,37	115	0,03	4,00	1,54	0,15	0,01
	GSP	7,53	29,16	90,50	2,24	22	0,09	11,60	2,73	0,53	13,00
	PSS	7,73	31,24	93,00	4,11	65,5	0,05	7,80	1,18	0,28	7,00
	PSP	7,32	28,96	88,21	2,62	53	0,02	10,20	2,15	0,39	15,00
B6	GSS	7,30	28,80	99,50	6,35	38	0,03	5,40	0,40	0,05	7,00
	GSP	7,52	26,50	35,33	5,03	17	0,02	1,01	0,45	0,32	5,00
	PSS	6,32	27,24	56,67	3,81	17	0,03	4,80	1,04	0,13	10,00
	PSP	6,97	26,09	79,29	4,19	36	0,05	2,20	0,99	0,30	13,00
B7	GSS	6,98	28,64	85,00	5,63	22	0,03	3,50	0,92	0,07	13,00
	GSP	7,19	26,25	60,00	4,33	20	0,05	6,30	0,17	0,47	11,00
	PSS	6,46	27,39	71,67	3,54	24	0,05	4,20	1,33	0,23	8,00
	PSP	6,88	26,80	74,79	2,96	31	0,02	0,40	0,61	0,32	6,00
B8	GSS	7,06	33,34	89,00	4,37	150	0,05	7,40	2,50	0,14	18,00
	GSP	8,65	27,90	148,00	1,08	50	0,07	12,00	3,70	0,68	0,02
	PSS	6,69	28,98	107,50	3,79	91	0,02	2,00	1,97	0,27	3,00
	PSP	7,66	32,16	96,29	2,66	65	0,04	5,10	2,10	0,48	10,00
B9	GSS	7,17	26,52	55,67	5,24	41	0,05	6,10	0,26	0,11	15,00
	GSP	6,81	24,69	36,00	7,87	19	0,05	1,05	0,58	0,31	10,00
	PSS	6,42	24,47	49,30	4,70	28	0,05	1,20	1,64	0,33	9,00
	PSP	6,63	26,93	53,66	5,25	10	0,02	4,50	0,18	0,42	11,00
B10	GSS	7,27	28,81	64,00	5,47	45	0,03	5,90	0,27	0,18	12,00
	GSP	6,80	25,17	32,50	6,92	30	0,03	4,70	0,49	0,36	8,00
	PSS	5,81	27,10	45,00	2,74	22	0,04	6,30	1,94	0,20	14,00
	PSP	6,51	25,95	54,63	5,09	38	0,04	3,80	0,70	0,51	9,00

Tableau 2 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des différentes parties du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire)

Paramètres	Milieu fluvial				Lac		
	Amont	Entre les lacs	Aval	Moyenne	Kossou	Taabo	Moyenne
pH	7,02 ± 0,37	6,95 ± 0,40	6,68 ± 0,46	6,88 ± 0,18	7,32 ± 0,32	7,52 ± 0,86	7,38 ± 0,52
Temp (°C)	27,71 ± 1,11	27,21 ± 1,03	26,2 ± 1,44	27,04 ± 0,77	29,94 ± 1,2	30,6 ± 2,57	30,15 ± 1,64
Cond (mg/l)	74,18 ± 20,68	70,28 ± 18,32	48,84 ± 10,56	64,43 ± 13,64	96,64 ± 12,9	110,2 ± 26,32	101,16 ± 18,43
OD (mg/l)	5,02 ± 1,97	4,48 ± 1,12	5,41 ± 1,52	4,97 ± 0,46	3,2 ± 1,16	2,98 ± 1,44	3,13 ± 1,2
Transp (cm)	29,58 ± 14,56	25,62 ± 8,33	29,12 ± 11,9	28,10 ± 2,16	66,43 ± 38,66	89 ± 44,05	73,96 ± 40,05
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2,81 ± 1,65	3,47 ± 2,1	4,19 ± 2,08	3,49 ± 0,69	7,3 ± 2,98	6,63 ± 4,21	7,08 ± 3,25
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,025 ± 0,023	0,035 ± 0,01	0,039 ± 0,01	0,033 ± 0,007	0,045 ± 0,028	0,04 ± 0,02	0,045 ± 0,25
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,81 ± 0,36	0,74 ± 0,39	0,76 ± 0,67	0,77 ± 0,03	2,15 ± 0,84	2,57 ± 0,78	2,28 ± 0,81
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,262 ± 0,11	0,24 ± 0,14	0,302 ± 0,13	0,26 ± 0,03	0,39 ± 0,19	0,41 ± 0,22	0,4 ± 0,20
Si (mg/l)	14,75 ± 5,44	9,13 ± 3,09	11 ± 2,5	11,62 ± 2,86	8,25 ± 5,94	7,8 ± 8	8,08 ± 6,32

Tableau 3 : Résultats du Test de Kruskal-Wallis des paramètres physico-chimiques du fleuve Bandama.

Paramètres	Test de Kruskal-Wallis	
	H (9, N= 40)	p-value
T°	12,69146	0,177
pH	10,22021	0,333
Cond	15,01288	0,09
Do	4,383338	0,884
NO ₂ ⁻	8,15323	0,518
NO ₃ ⁻	12,39453	0,192
PO ₄ ³⁻	11,47694	0,244
NH ₄ ⁺	5,089744	0,826
Si	10,7087	0,296
Transp	3,681908	0,931

T° = température ; Transp = transparence ; pH = potentiel hydrogène, Cond = conductivité ; OD = oxygène dissous ; Si = silice ; NO₂⁻ = nitrite ; NO₃⁻ = nitrate ; PO₄³⁻ = orthophosphates ; NH₄⁺ = ammonium

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) à partir des paramètres physico-chimiques enregistrés aux différentes stations sont présentés par la figure 2a. Les deux premiers axes ont représenté plus de la moitié de la variance totale (88,38 %) associée aux variables utilisées dans cette analyse. Le premier axe exprime 75,57

% de la variance totale, alors que le second axe explique 12,81 %. Le cercle de corrélation (Figure 2A) montre que l'axe 1 est corrélé positivement à l'oxygène dissous et la silice et négativement à la transparence, à la conductivité, à la température, au pH et sels nutritifs (orthophosphates, ammonium, nitrate et nitrite). L'axe 2 est corrélé positivement à la concentration en nitrite et négativement à la concentration en silice.

La carte factorielle (Figure 2B) réalisée montre que les stations d'échantillonnage sont nettement dissociées à partir des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. En considérant l'axe 1, les stations de l'amont (B1, B2 et B3) caractérisées par les valeurs élevées de silice se démarquent de celles (B6, B7, B9 et B10) des parties influencées par les lacs présentant des valeurs élevées en oxygène dissous.

L'axe 2 met en évidence un gradient de minéralisation allant des eaux fluviales aux lacs (B4, B5 et B8). Ainsi, les lacs présentent des eaux plus minéralisées avec de fortes valeurs de conductivité, de température, de pH et sels nutritifs (orthophosphates, ammonium, nitrate et nitrite). Les stations des eaux fluviales sont caractérisées par des valeurs élevées en oxygène dissous et silice.

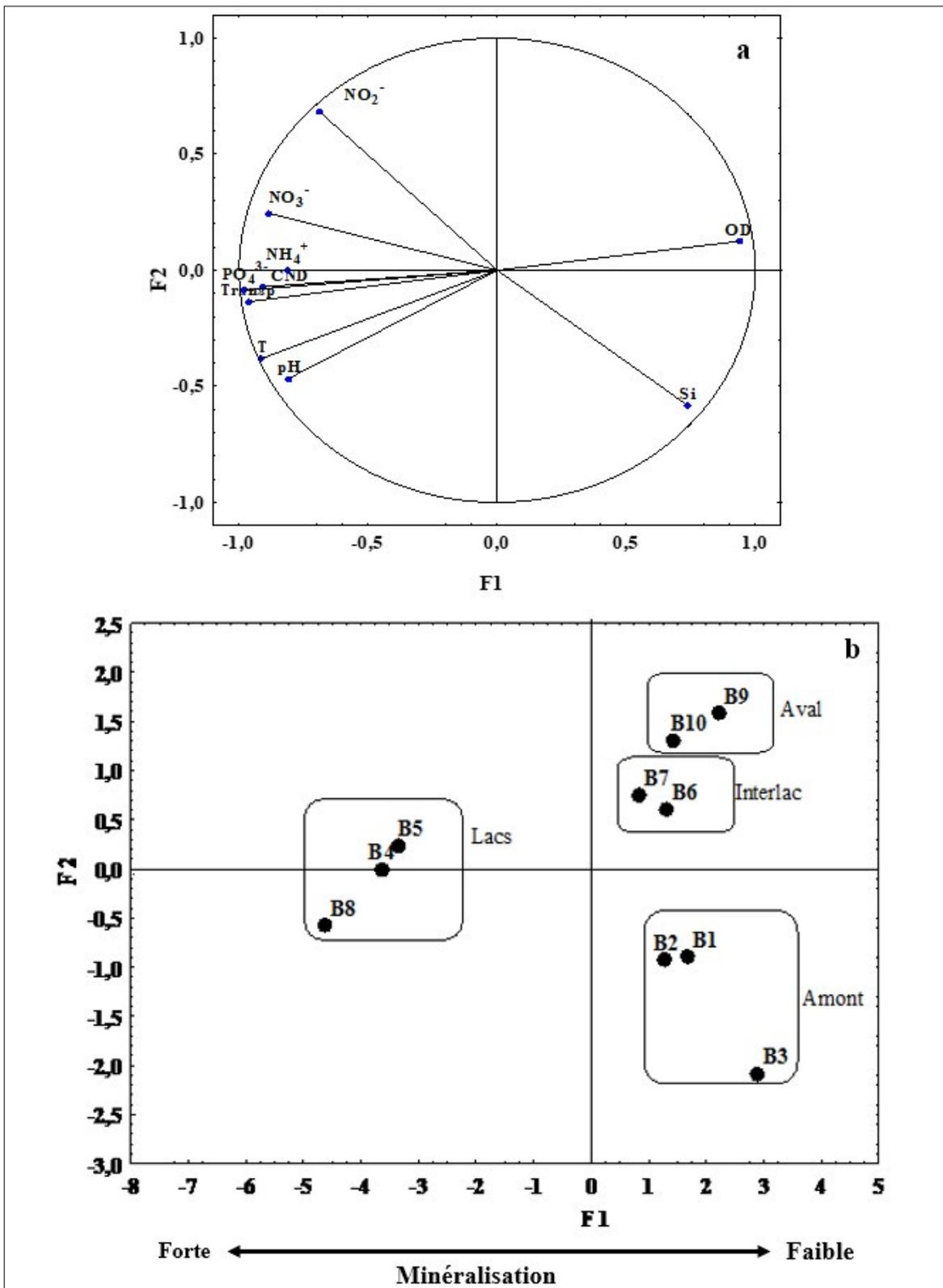


Figure 2 : Représentation graphique des résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur la base de 10 paramètres physico-chimiques mesurés dans le fleuve Bandama (Côte d'Ivoire) : (a) Cercle de corrélation pour les axes F1 et F2 ; (b) Distribution des échantillons dans le plan factoriel F1 X F2.

Légende : T = température ; Transp = transparence ; pH = potentiel hydrogène, CND = conductivité ; OD = oxygène dissous ; Si = silice ; NO₂⁻ = nitrite ; NO₃⁻ = nitrate ; PO₄³⁻ = orthophosphates ; NH₄⁺ = ammonium.

Discussion

Les paramètres mesurés ne varient pas significativement d'une station à l'autre. Certains paramètres comme le pH, la température, l'oxygène dissous et la transparence varient significativement d'une saison à l'autre ($p < 0,05$). Cette variation au niveau des saisons serait liée au fait que le fleuve Bandama recouvre des zones différentes sur le plan climatique et biogéographique (Iltis et Lévêque, 1982).

Les valeurs de pH sont majoritairement alcalines (moyenne de 7,06) et ne varient pas significativement entre les différentes stations. L'alcanité du fleuve s'explique par la nature du sol de son bassin versant (N'Douba, 2000 ; Arienzo *et al.*, 2001)). Selon les travaux de Perraud (1971), les sols ferrallitiques ayant une grande proportion d'éléments basiques sont très largement répandus sur le bassin du Bandama. Ces valeurs sont semblables avec les observations faites par Iltis et Lévêque (1982) et Ouattara (2000) dans l'Agnébi et la Bia. Selon Iltis et Lévêque (1982), les pH sont légèrement alcalins dans le bassin du fleuve Bandama avec une moyenne de 7,24. Les valeurs élevées du pH des eaux du fleuve pendant la grande saison des pluies pourraient s'expliquer par les importantes quantités d'eau provenant des affluents pendant les pluies. En effet, durant cette saison, l'apport d'eau en phosphates, ammoniacque et matières organiques va entraîner l'élévation du pH en des valeurs basiques.

Les températures relevées dans le fleuve Bandama varient entre 24,47 °C à 33,34 °C avec une moyenne de 28,05 °C. Elles sont plus élevées dans les lacs que dans les eaux fluviales. Cette situation est due au fait que le taux de fermeture de la canopée est nul sur les stations des lacs de Kossou et de Taabo (Aboua, 2012), les exposant ainsi aux radiations solaires. Les fortes valeurs de température enregistrées pendant la grande saison sèche pourraient s'expliquer par des températures élevées de l'air ambiant et le phénomène d'absorption des radiations solaires par les particules durant cette saison. Selon Welcomme (1985), les facteurs qui déterminent la variation de la température des eaux des écosystèmes aquatiques sont la latitude, le degré d'insolation, la composition du substrat, les précipitations, le vent et le couvert végétal. Les valeurs obtenues par Yao (2006), sur la Comoé (20,6 °C et 32,65 °C), montrent des variations semblables à celles du Bandama. La moyenne obtenue dans les eaux du fleuve Bandama est en conformité avec celles observées par Iltis et Lévêque (1982) dans les rivières de Côte d'Ivoire. Selon ces auteurs, la température moyenne annuelle des cours d'eau ivoiriens est de 28 °C et descend rarement en dessous de 25 °C.

Les valeurs d'oxygène dissous enregistrées dans les stations du fleuve Bandama indiquent que les eaux de la partie fluviale surtout dans la partie aval sont plus oxygénées que celles des lacs. Cela pourrait s'expliquer par leur caractère lotique. En effet, l'écoulement de l'eau favorise l'apport d'oxygène à travers l'interface air-eau (Villeneuve *et al.*, 2006). Les faibles valeurs d'oxygène dissous dans les eaux des lacs s'expliquent par des températures élevées de celle-ci. En effet, la température a une influence sur la capacité de l'eau à se charger en oxygène dissous car lorsqu'elle augmente, cela déclenche en retour une réduction de ce gaz (Villeneuve *et al.*, 2006). Aussi, les faibles valeurs d'oxygène des eaux des stations des lacs pendant la grande saison des pluies pourraient s'expliquer par le fait que les eaux de ruissellement qui y débouchent lors des pluies sont susceptibles d'être chargées, entre autres, de matières organiques détritiques. La photolyse de ces composés organiques étant associée à la consommation d'oxygène va engendrer une perte en oxygène dissous (Laane *et al.*, 1985 ; Brézonik, 1994).

La transparence de l'eau (en centimètre) est un facteur qui favorise toutes les activités chimiques et biochimiques d'un milieu, en ce sens qu'elle a un impact surtout sur la pénétration des rayons lumineux nécessaire à la réalisation de la photosynthèse, donc à l'oxygénation du milieu. Les valeurs moyennes de transparence obtenues dans nos différentes stations (de 10 cm à 150 cm) indiquent que la transparence du fleuve durant cette étude est faible et excède rarement 1 mètre. Les valeurs de transparence des eaux de la partie fluviale turbides sont faibles que celle des lacs. Ouattara *et al.* (2001) ont fait les mêmes observations dans le bassin de la Bia. Les présentes valeurs sont en conformité avec celles de certaines rivières de Côte d'Ivoire (Iltis et Lévêque, 1982). Les faibles valeurs de la transparence de l'eau observées pendant la grande saison des pluies s'expliquent par le fait que cette période est caractérisée par la crue. En effet, pendant cette période, les eaux reçoivent une grande quantité de particules minérales et matières organiques.

Les valeurs extrêmes de conductivité mesurées pour l'ensemble des stations sont 19,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 148 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 72,18 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs de conductivité des eaux enregistrées sont plus élevées en amont et entre les lacs qu'en aval. Cette situation s'expliquerait par le fait que la partie amont du fleuve qui enregistre de faibles précipitations (climat de savane sec) fait l'objet d'intenses activités agropastorales favorisant la richesse de ses eaux en sels

minéraux. Cette observation est faite par Niamien-Ébrottié (2010) dans les rivières Éhania, Noé et Soumié. Quant aux stations entre les lacs, les valeurs élevées de conductivité seraient attribuées à l'influence du lac Kossou à travers l'ouverture de ses vannes qui enrichie le milieu en sels minéraux. Les valeurs élevées dans les lacs pendant les saisons pluvieuses seraient dues au fait que pendant les saisons des pluies, les eaux de ruissellement chargées en produits de lessivage des terres cultivées drainent sur les bassins versants des produits riches en matières organiques jusqu'aux lacs (Troeh *et al.*, 2004). La valeur moyenne de la conductivité lors de la présente étude est inférieure aux résultats obtenus par Aboua (2012) qui indique une moyenne de 105,14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'ensemble des stations du fleuve Bandama et Berté (2009) entre les lacs Kossou et Taabo avec une moyenne de 107,35 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Par contre, cette conductivité moyenne est plus élevée que celles observées dans certaines eaux fluviales de Côte d'Ivoire (Iltis et Lévêque, 1982) dans le Bandama blanc (59 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et dans la partie Nord de la Comoé (51,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Cette moyenne inférieure à 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, place les eaux du fleuve Bandama dans un intervalle correspondant à une faible minéralisation (Rodier, 1984). La variation des moyennes d'un auteur à un autre pourrait s'expliquer par l'irrégularité des débits comme l'a souligné Iltis (1983) et par le fait que le fleuve de par son orientation nord sud, traverse différents sols, climats et régimes hydrologiques.

Concernant les sels nutritifs (nitrite, nitrate et ammonium), la partie aval du fleuve enregistre des teneurs élevées plus que l'amont et entre les lacs. Ce gradient amont-aval de minéralisation, serait attribuable au fait que les eaux chargées de ces sels nutritifs provenant des zones anthropisées sont drainées de l'amont vers la partie aval. À cela pourrait s'ajouter l'ouverture des vannes du lac de Taabo. Tout comme la conductivité, les fortes teneurs relevées dans les lacs durant la grande saison des pluies seraient imputées à la réception des eaux de ruissellement chargées de matières organiques. L'azote ammoniacal est une caractéristique des eaux riches en matières organiques puisque

c'est le produit de leur dégradation. Il provient de l'hydrolyse des substances azotées rejetées dans l'eau et des fertilisants azotés d'origine agricole. Selon plusieurs auteurs tels Fogg (1965), McCarthy *et al.* (1977) et Berman *et al.* (1984), l'ion NH_4^+ est la forme chimique de l'azote minéral préférentiellement assimilée par le phytoplancton même en présence des nitrates. Les concentrations en nitrites et nitrates sont supérieures à celles obtenues par Ouattara (2000) au niveau de l'Agnébi (1 à 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ et 0,3 à 1 mg/l) et dans la Bia (1 à 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ et 0,1 à 0,8 mg/l). La grande taille du bassin du fleuve Bandama et la présence de deux grands barrages hydroélectriques (Kossou et Taabo) sur celle-ci pourraient expliquer cette différence.

Les valeurs élevées des orthophosphates et silice dans la partie fluviale du Bandama s'observent pendant les saisons sèches. Ces valeurs élevées à cette saison sont imputées à l'augmentation de la température favorisant la remise en suspension des nutriments piégés dans les sédiments d'où une forte minéralisation. Les concentrations des teneurs en orthophosphates au niveau des stations échantillonnées varient de 0,15 mg/L à 3,7 mg/L avec une moyenne de 1,23 mg/L . Cette moyenne est proche de celles de Ouattara *et al.* (2001) qui ont noté des teneurs moyennes de 1,08 mg/L en aval de la rivière Bia et 1,23 mg/L à Gbessé (rivière Agnébi). Iltis et Lévêque (1982) signalent, pour le régime équatorial de transition, des teneurs en orthophosphates variant entre 0,01 et 1 mg/L .

La typologie abiotique des stations par l'ACP a montré que les stations des lacs (B4, B5 et B8) se distinguent des autres stations de la partie fluviale par des valeurs élevées des paramètres de minéralisation (pH, température, conductivité, sels nutritifs) et des faibles valeurs d'oxygène dissous. Quant aux stations de la partie fluviale, elles sont caractérisées par une teneur en oxygène dissous et silice plus élevée. Les stations de l'amont (B1, B2 et B3), les moins oxygénées et riches en silice, se distinguent des stations (aval et entre les lacs : B6, B7, B9 et B10) influencées par les deux lacs Kossou et Taabo.

Conclusion

L'étude des paramètres physico-chimiques a permis de montrer que les stations des lacs se distinguent des autres stations de la partie fluviale par des valeurs élevées des paramètres de minéralisation.

Au niveau des milieux fluviaux, les stations de l'aval et entre les lacs, influencées par les deux lacs Kossou et Taabo se distinguent des stations de l'amont.

Références Bibliographiques

- Aboua BRD. 2012.** Développement d'un indice d'intégrité biotique piscicole pour la préservation de la biodiversité du fleuve Bandama. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 227 p.
- Arienzo M, Adamo P, Bianco MR, Violante P. 2001.** Impact of land use and urban runoff on the contamination of the Sarno River basin in Southwestern Italy. *Water Air Soil Pollution*, 131 : 349-366.
- Avit J-BLF, Pedia PL, Sankare Y. 1999.** Diversité biologique de la Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement et de la Forêt, 273 p.
- Berman T, Sherr BF, Sheer E, Wynne D, McCarthy JJ. 1984.** The characteristics of ammonium and nitrate uptake by phytoplankton in lake Kinneret. *Oceanography Limnology*, 29 : 287-297.
- Berté S. 2009.** Biologie et écologie de *Distichodus rostratus* (Günther, 1864) dans un hydrosystème particulier en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire), 180 p.
- Bli-Effert C, Perraud R. 2001.** Chimie de l'environnement-air, eau, sols, déchets, ed. DeBoeck Université, 483p.
- Brézonik PL. 1994.** Chemical Kinetics and process Dynamics in aquatic Systems. Lewis publishers/ CRC Press, Boca Raton, FL, 754 p.
- Fogg GE. 1965.** Algal cultures and phytoplankton ecology. University of Wisconsin Press Madison, London, 126 p.
- Iltis A. 1983.** Peuplements algaux des rivières de Côte d'Ivoire. IV. Remarques générales. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 16 (3) : 235-240.
- Iltis A, Lévêque C. 1982.** Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 15 (2) : 115-130.
- Laane DJ, Pace B, Olsen GJ, Stahl DA, Sogin ML, Pace NR. 1985.** Rapid determination of 16S ribosomal RNA sequences for phylogenetic analyses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 82 : 6955-6959.
- McCarthy J, James J, Rowland WT, Taft JL. 1977.** Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake bay. 1. Nutrient availability and phytoplankton preferences. *Limnology Oceanography*, 22 (6) : 996-1011.
- N'Douba V. 2000.** Biodiversité des Monogènes parasites des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire : cas des poissons des rivières Bia et Agnési. Thèse Doctorat d'État. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 250 p.
- Niamien-Ébrottié JE. 2010.** Composition et distribution spatiale et saisonnière des peuplements d'algues de quatre rivières du Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Soumié, Éholié, Éhania et Noé). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 119 p.
- Ouattara A. 2000.** Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Catholique Leuven, Belgique, 226 p.
- Ouattara A, Podoor N, Teugels GG, Gourène G, 2001.** Études préliminaires de la distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans un système fluvio-lacustre africain (Bassin Bia ; Côte d'Ivoire). *Hydroécologie Appliquée*, 23 (1) : 113-132.
- Perraud A. 1971.** Les sols. In : «Le milieu naturel de Côte d'Ivoire». Mémoire ORSTOM, 50 : 265-391.
- Rodier J. 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. Édition Dunod Paris, 1356 p.
- Savané I. 2010.** La géographie physique. In : Konaté S. et Kampmann D., 2010. Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, tome III : Côte d'Ivoire. Abidjan et Frankfurt. pp. 122-123.
- Tazi O, Fahde A, El Younoussi S. 2001.** Impact de la pollution sur l'unique réseau hydrographique de Casablanca, Maroc. *Sécheresse*, 12 : 129-134.
- Traoré K. 1996.** État des connaissances sur les pêcheries continentales ivoiriennes. Rapport de consultation Avril 1996. Projet F.A.O. TCP/IVC/4553, 135 p.
- Troeh FR, Hobbs JA, Donahue RL. 2004.** Water Quality and Pollution, Chapter 17 In : Soil and Water Conservation : for Productivity and Environmental Protection. Prentice Hall. New Jersey. 4th Edition, 656 p.
- Villeneuve V, Légaré S, Painchaud J, Warwick V. 2006.** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Revue des Sciences de l'Eau*, 19 (4) : 259-274.
- Welcomme RL. 1985.** River fisheries. *FAO fisheries technical paper*, 262, 330 p.
- Yao S. 2006.** Contribution à l'étude de la diversité biologique et de l'écologie alimentaire de l'ichtyofaune d'un hydrosystème ouest africain : Cas du bassin de la Comoé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire), 280 p.
- Zinsou HL, Attingli AH, Gnohossou P, Adandedjan D, Laleye P. 2016.** Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du Delta de l'Oueme au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 97: 9163-9173.

ÉTUDE ETHNOBOTANIQUE DES PLANTES À POTENTIALITÉ DÉCORATIVE DES FORMATIONS NATURELLES UTILISÉES EN MÉDECINE TRADITIONNELLE AU NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE.

AMANI KDS¹, AKE-ASSI E^{1,2,4}, YAO K^{1,2,3,4*}

RÉSUMÉ

Cette étude a pour objectif d'inventorier, au niveau des formations naturelles dans quelques localités du Nord de la Côte d'Ivoire, les plantes à potentialité décorative utilisées en médecine traditionnelle. Une enquête ethnobotanique, à l'aide d'un questionnaire, a été réalisée auprès de 440 personnes aussi bien en milieu urbain que rural pour recueillir les informations sur les plantes à potentialité décorative utilisées en médecine traditionnelle par la population. L'inventaire a permis de recenser 287 espèces réparties entre 220 genres et 79 familles, avec une prédominance des Fabaceae (13,70%). Parmi ces espèces, 197 sont utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de 95 affections regroupées en 17 catégories. Les affections les plus citées sont les maladies infectieuses et inflammatoires (19,73%). Les espèces les plus citées sont *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson (Acanthaceae) et *Ludwigia abyssinica* A. Rich (Onagraceae) avec IR=17,86. Parmi les espèces à potentialité décorative, *Vernonia amygdalina* Delile (Asteraceae) a le taux de fidélité le plus élevé (2,72%). L'indice de facteur de consensus montre que la catégorie d'affection Ostéo-Articulaire et Musculaire (OAM) présente la valeur la plus élevée FCI (OAM)=0,6. Du fait de leur double usage par la population, la domestication des plantes à potentialité décorative, utilisées en médecine traditionnelle dans le Nord de la Côte d'Ivoire s'avère nécessaire en vue de les sauvegarder.

Mots clés : Ethnobotanique, Plantes décoratives, Médecine traditionnelle, Nord de la Côte d'Ivoire.

ETHNOBOTANICAL STUDY OF PLANTS WITH DECORATIVE POTENTIALITY OF NATURAL FORMATIONS USED IN TRADITIONAL MEDICINE IN NORTHERN CÔTE D'IVOIRE.

ABSTRACT

The objective of this study is to inventory, in the natural formations in some localities in Northern Côte d'Ivoire, plants with decorative potentiality used in traditional medicine. An Ethnobotanical survey, using a questionnaire, was carried out among 440 persons in both urban and rural areas to collect information on plants with decorative potential used in traditional medicine by the population. The inventory allowed to identify 287 species distributed among 220 genera and 79 families, with a predominance of Fabaceae (13.70%). The results showed that 197 of these species are used in traditional medicine for treating 95 diseases grouped into 17 categories. This survey showed that the most prevalent diseases were infectious and inflammatory diseases (19.73%). The most cited species were *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson (Acanthaceae) and *Ludwigia abyssinica* A. Rich (Onagraceae) with IR = 17.86. Of the species with decorative potential, *Vernonia amygdalina* Delile (Asteraceae) had the highest fidelity rate (2.72%). The consensus factor index showed that the category of Osteo-Articular and Muscular Diseases (OAM) had the highest FCI value (OAM = 0.6. Because of their dual uses by the population, the domestication of plants with decorative potential, used in traditional medicine in Northern Côte d'Ivoire is necessary to safeguard them.

Key words : Ethnobotany, Decorative plants, Traditional medicine, Northern Côte d'Ivoire.

¹ Université Félix Houphouët Boigny, Laboratoire de Botanique, Abidjan, Côte d'Ivoire

² Centre National de Floristique (CNF), Abidjan, Côte d'Ivoire

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

⁴ Institut Botanique d'Aké-Assi d'Andokoi, Côte d'Ivoire (IBAAN), Abidjan, Côte d'Ivoire

*Auteur de correspondance : yao83konan@gmail.com

Introduction

En Afrique tropicale, les savanes couvrent près de 13 millions de Km². Elles jouent un rôle important dans l'écosystème mondial. Ces savanes sont aussi une source importante de plantes médicinales et alimentaires (Géraud *et al.*, 2003). Malheureusement, aujourd'hui, il a été révélé que les agriculteurs et les éleveurs partent à la recherche de nouvelles terres, plus propices au développement des activités agricoles, phénomène qui réduit la savane. La Côte d'Ivoire, à l'instar des autres pays de l'Afrique tropicale n'échappe pas à ce fléau. Cette situation a entraîné, inévitablement, une régression significative de la surface savanicole sous l'effet de l'exploitation anarchique, de l'agriculture itinérante et la poussée démographique qui s'intensifient (Fusillier, 1991). Cette diminution intense de la flore du Nord de la Côte d'Ivoire pose le problème de la survie des plantes notamment celles à fleurs, véritables sources de compléments en nutriments et en médicaments. Selon l'OMS (2002), 80% de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle et aux plantes médicinales pour le traitement des maladies. Vu le rôle des plantes médicinales dans le traitement des affections,

la Côte d'Ivoire a pris plusieurs mesures visant à promouvoir la médecine traditionnelle, la recherche en pharmacopée et la reconnaissance des tradipraticiens dans le système de santé, sans oublier le rôle incontestable des plantes dans l'embellissement de l'habitat.

Vu la dégradation intense de la savane, il est nécessaire de prendre des initiatives qui permettent de sauvegarder les espèces ayant aussi bien un potentiel décoratif qu'un usage médicinal. Surtout que dans le Nord de la Côte d'Ivoire l'on assiste à une diminution de la flore du domaine savanicole parce qu'elle est menacée périodiquement par les feux de brousse avec pour corollaire une raréfaction des espèces végétales (Kouakou *et al.*, 2018). La présente étude a donc pour objectif principal de contribuer à la connaissance des plantes médicinales du Nord de la Côte d'Ivoire ayant une potentialité décorative en vue de les domestiquer. Plus spécifiquement il s'agit d'inventorier, au niveau des formations naturelles les plantes à potentialité décorative. Puis d'identifier parmi ces plantes, celles qui sont utilisées en médecine traditionnelle par les populations du Nord.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

L'étude a été conduite dans quelques localités du Nord de la Côte d'Ivoire, situées dans le domaine soudanais. Selon Eldin (1971), ce domaine est parcouru par deux parallèles essentielles (9° et 10°), réparties dans les secteurs subsoudanais et soudanais (Figure 1). Cette zone se situe entre latitude 7°2' et 10°2' Nord et longitude 2°1' et 8°2' Ouest. Six villes constituées de 20 quartiers et 9 villages, ont fait l'objet des investigations (tableau 1). Le choix s'est basé sur leur appartenance aux différents secteurs phytogéographiques,

l'accessibilité aux quartiers ou aux villages (la voirie, la sécurité) et à la densité de la population des sites concernés. Dans le secteur subsoudanais, il s'agit d'Odienné, Korhogo et Ferkessédougou le long de la 9^{ème} parallèle et dans le secteur soudanais, Tingréla, Ouangolodougou et Bouna aux alentours de la 10^{ème} parallèle. Ces zones sont caractérisées par une savane arbustive et de quelques îlots de forêts claires légèrement dégradées. La localisation des différents milieux d'enquêtes et de relevés floristiques suit la méthode d'échantillonnage stratifié (Kahouadji, 1986).

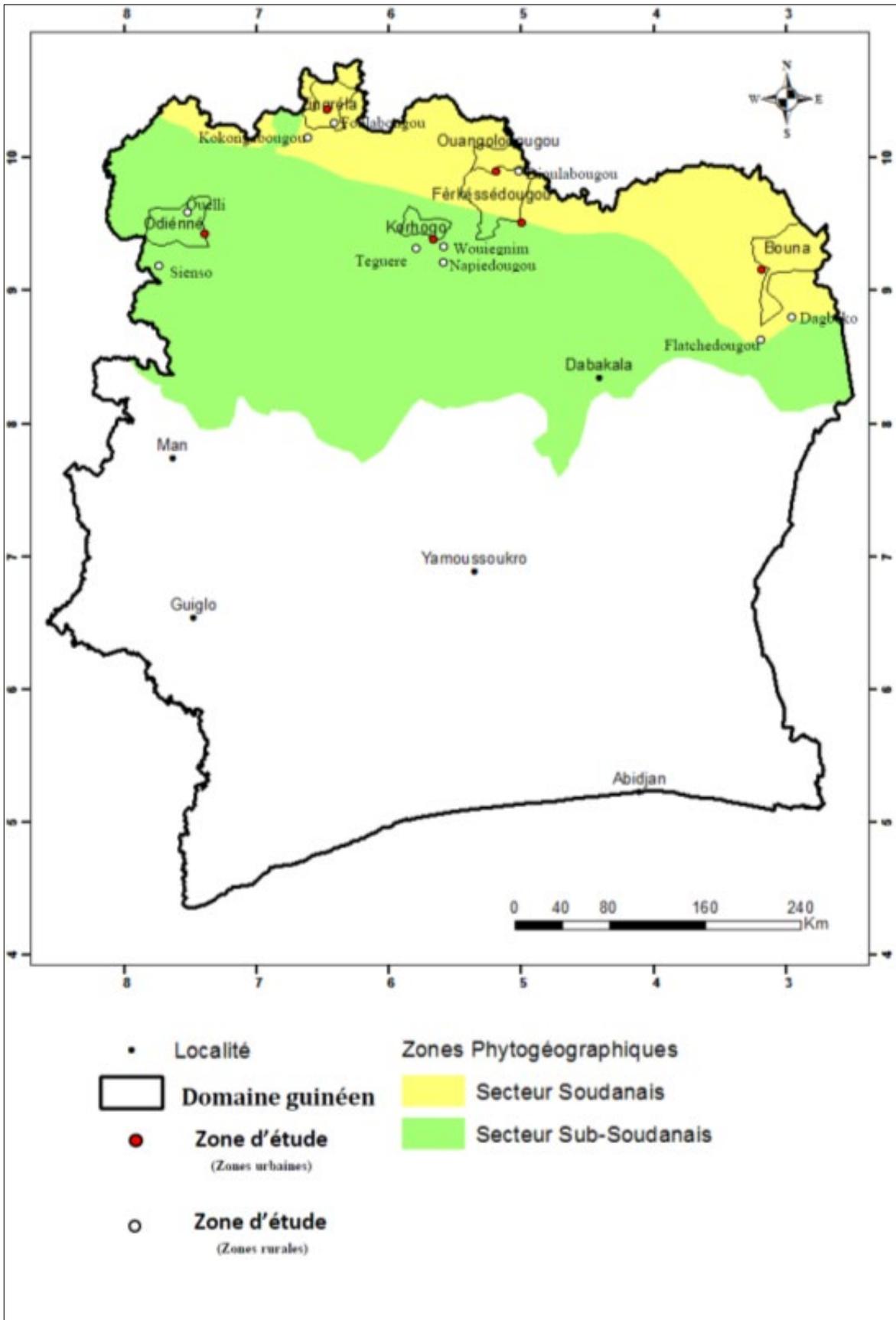


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Source: (Guillaumet et Adjanohoun, 1971) ; modifiée par Amani D.

Tableau 1 : Présentation des sites visités (Duchemin et al. 1969)

Secteurs	Villes	Zones	Quartiers ou Villages
Subsoudanais	Odienné	Rurale	Ouelli et sienso
		Urbaine	Dioulabougou
	Korhogo	Rurale	Wouiegnim, Napiedougou
		Urbaine	Soba, Tegueré, Petit Paris, Belle ville
Ferkessédougou	Urbaine	Lanviara, Kafalovogo, Douane, Bromakoté	
Soudanais	Tingréla	Rurale	Kokongabougou, Foulabougou
		Urbaine	Dioulabougou, Policier, Nouveau Quartier
	Ouangolodougou	Rurale	Dioulabougou
		Urbaine	Tesi
	Bouna	Rurale	Flatchedougou, Dagbeko
		Urbaine	Imamso, Aviation, Zongo, Gborontchara, Ntroi

Méthodes

Calcul de la taille de l'échantillonnage

Les personnes interrogées sont les utilisateurs des plantes médicinales. La taille de l'échantillon a été calculée selon la méthode décrite par OMS (1991).

$$n = t^2 \times p(1-p)/e^2$$

avec n = taille d'échantillon requise, $t = 1,96$ à un niveau de confiance de 95 %, p = proportion des praticiens connaissant les plantes à potentialité ornementale utilisées.

Afin d'obtenir un échantillon maximal, il a été considéré que 50% des praticiens connaissent les plantes à potentialité ornementale utilisées en médecine traditionnelle (Bouvet et Grimont, 2001). Ainsi, un échantillon de 440 personnes a été interrogé.

Inventaire floristique

La collecte des données s'est faite par la méthode d'inventaire itinérant utilisée par Aké-Assi (1984). Cette méthode a consisté à parcourir dans différentes directions et à recenser dans la savane toutes les espèces végétales à potentialité décorative rencontrées (Aké-Assi *et al.*, 2018). La beauté de la fleur, du feuillage, des fruits, ainsi que la forme et l'allure des plantes, ont été des critères de sélection. Certaines ont été choisies pour le parfum qu'elles dégagent. Dans tous les cas, il faut que ces plantes soient suffisamment remarquables pour qu'elles attirent les regards (Aké-Assi, 2015). Les inventaires floristiques ont été conduits de mai 2017 à janvier 2018.

Enquêtes ethnobotaniques

Les enquêtes ethnobotaniques ont été réalisées à l'aide d'un questionnaire auprès des tradipraticiens, des herboristes et des utilisateurs des plantes médicinales. Plusieurs quartiers et villages ont été visités (Tableau 1). Dans chacune de ces localités, des populations ont été interviewées

afin d'identifier parmi les espèces à potentialité décorative récoltées lors de l'inventaire floristique, celles qui sont utilisées en médecine traditionnelle. La méthode dite du « Show-and-tell » a été utilisée. Elle a consisté à montrer un catalogue de photos des plantes à potentialité décorative recensées à des répondants (Alexiades et Sheldon, 1996). Les informations recherchées sont les caractéristiques sociodémographiques, botaniques et les aspects caractérisant la beauté de la plante.

Identification des espèces recensées

Les échantillons récoltés ont été identifiés par comparaison avec les spécimens de l'Herbier du Centre National de Floristique (CNF), de l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY. La classification APG IV (2016) a été adoptée pour nommer les taxons répertoriés.

Traitement des données

Une première partie du traitement a consisté à encoder les informations collectées sur le questionnaire dans le logiciel libre de données qualitatives EpiData v3.1. La base de données obtenue a ensuite été exportée dans le logiciel de traitement statistique SPSS pour la réalisation des tableaux croisés et le calcul des indices recommandés en Ethnobotanique quantitative (Facteur consensuel d'informateur, Niveau de fidélité et Indice d'importance relative).

Facteur consensuel d'informateur (FCI)

Ce facteur indique l'homogénéité de l'information ethnobotanique. Il permet d'apprécier les accords entre les personnes interrogées et l'affection traitée dans le domaine soudanais. FCI varie entre 0 et 1. Une valeur proche de zéro indique un désaccord sur le traitement d'une affection particulière. Dans ce cas, les individus n'adhèrent pas au traitement de cette affection. Il est calculé selon la formule décrite par Heinrich *et al.* (1998). Il s'obtient à travers la formule suivante :

$$FCI = (N_{ur} - N_t) / (N_{ur} - 1)$$

Où N_{ur} est égal au nombre de fois qu'une catégorie particulière p d'affection a été mentionnée ; N_t le nombre de plante(s) mentionnée(s) pour le traitement de cette affection particulière p .

Niveau de fidélité (NF)

Les valeurs du niveau de fidélité (NF) ont été utilisées pour estimer le potentiel d'utilisation relatif de chaque plante médicinale en fonction de la proportion d'informateurs qui ont accepté son usage dans une catégorie de maladie donnée (Friedman *et al.*, 1986). Ce facteur montre le pourcentage des personnes qui déclarent utiliser la même plante médicinale pour le même usage. Si l'index de niveau de fidélité est élevé cela indique que l'utilisation d'une espèce donnée pour traiter l'affection a un fort degré de consensus. Il s'obtient en faisant le rapport du nombre d'informateurs (N_p) qui mentionnent une espèce pour un certain usage p et le nombre d'informateurs qui mentionnent l'espèce pour n'importe quel usage (N).

$$NF = NP / N \times 100$$

Indice d'importance relative (IR)

L'indice d'importance relative (IR) de Bennett et Prance (2000) est utilisé pour faire ressortir la plante la plus polyvalente (versatile). Il s'obtient en faisant la somme du nombre relatif du système corporel (NSC) et le nombre relatif de propriétés pharmacologiques (NP). $IR = NSC + NP$

$$NCS = NCSS / NCSV, NP = NPS / NPSV$$

NCS = Nombre relatif de système corporel. Il est calculé en divisant le nombre de systèmes corporels traité par une espèce donnée (NCSS) par le nombre total de système corporel traité par l'espèce la plus versatile (NCSV). NP= Nombre de propriétés pharmacologiques. Il est calculé en divisant le nombre de propriétés attribuées à une espèce donnée (NPS) par le nombre de propriétés attribuées à l'espèce la plus versatile (NPSV). Si $IR = 100 \%$, l'espèce est la plus polyvalente, c'est-à-dire qu'elle a de multiples propriétés pharmacologiques. Dans le cas contraire, l'espèce ne l'est pas.

Résultats

Aspect floristique

Richesse et composition floristique

L'inventaire dans la zone d'étude a permis de recenser 287 espèces végétales à potentialité décorative. Parmi ces espèces, 197 soit (68,64%) ont été citées comme plantes médicinales, par 440 personnes interviewées. Ces espèces, à la fois décoratives et médicinales sont réparties en 163 genres au sein de 65 familles. Les familles les plus représentées sont les Fabaceae (27 espèces soit 13,70%). Les types morphologiques (Figure 2), sont dominés par les herbacées (40%). Quant aux types biologiques, ce sont les microphanérophytes (59%) qui sont prépondérants (Figure 3). Au niveau des types biogéographiques, les espèces de transition des régions phytogéographiques Soudano-Zambézienne et Guinéo-Congolaise (49%) sont les plus représentées (Figure 4).

Aspect ethnobotanique

Profil des enquêtés

L'enquête ethnobotanique a consisté à interviewer 440 individus. Les enquêtés ont un âge compris entre 40 et 60 ans. La majorité d'entre eux ont le niveau de scolarisation primaire (37%) suivis des

personnes non scolarisées représentant 29%. Les grands groupes ethniques rencontrés sont les Gour, les Akan, les Mandé, ainsi que les ressortissants de la CEDEAO (Tableau 2).

Parties des plantes utilisées, modes de préparation et modes d'administration

La feuille est l'organe le plus utilisé dans la préparation des phytomédicaments (62,93%). Concernant les modes de préparation, la décoction (61,42%) est la plus sollicitée. Quant aux modes d'administration, c'est la voie orale (64,8%) qui est prépondérante (tableaux 3, 4 et 5).

Principales maladies traitées

Un total de 95 affections regroupées en 17 catégories, a été recensé dans le Nord de la Côte d'Ivoire (Figure 5). La catégorie la plus traitée par les plantes médicinales à potentialité décorative, est la catégorie des maladies infectieuses et inflammatoires (19,73%).

Indices ethnobotaniques

Facteur Consensuel d'Informateur (FCI)

Les FCI en fonction des catégories d'affections sont présentés dans le tableau 6. Les valeurs varient d'une catégorie d'affection à une autre.

Cependant, dans certaines catégories d'affections, les tradithérapeutes utilisent le même type de traitement. La catégorie d'affections sur laquelle ils s'accordent le plus concerne l'affection Ostéo-Articulaire et Musculaire (OAM) avec $FCI_{(OAM)} = 0,61$ (Tableau 6).

Niveau de fidélité (NF)

Les valeurs du niveau de fidélité d'utilisation des plantes à potentialité ornementales pour traiter les affections sont consignées dans l'annexe. Ces valeurs varient de 0,22 à 2,72%. Ces différentes plantes ont

un faible degré de consensus. *Vernonia amygdalina* (Asteraceae), parmi les espèces recensées, est celle qui a un taux de fidélité le plus élevé (2,72%).

Indice d'importance relative (IR)

Les plantes à potentialité décorative du domaine soudanais sont utilisées en médecine traditionnelle pour traiter 95 maladies. Ces taxons sont moins polyvalentes (versatiles). Les taxons les plus polyvalentes sont *Ludwigia abyssinica* (Onagraceae) et *Asystasia gangetica* (Acanthaceae) avec leur IR identique de 17,86 %. Toutes les valeurs IR sont consignées dans l'annexe.

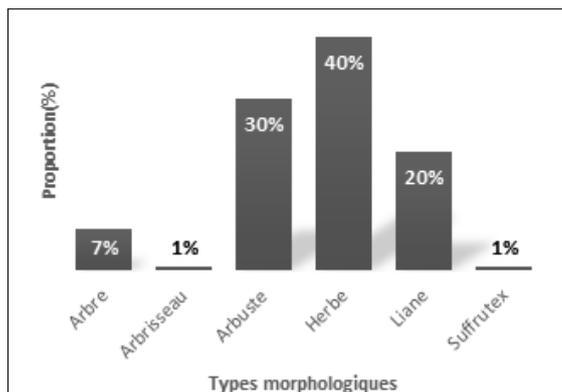


Figure 2: Représentation des types morphologiques

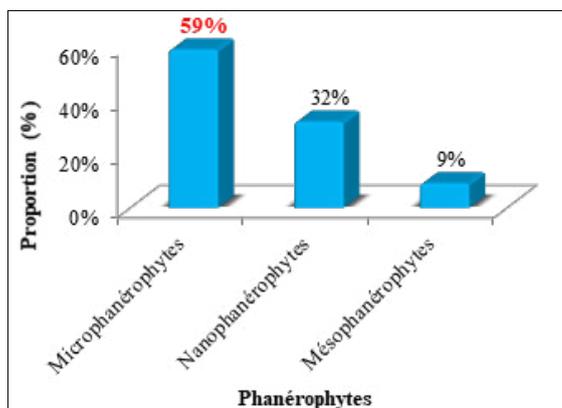


Figure 2: Répartition des sous-types biologiques parmi les Phanérophytes

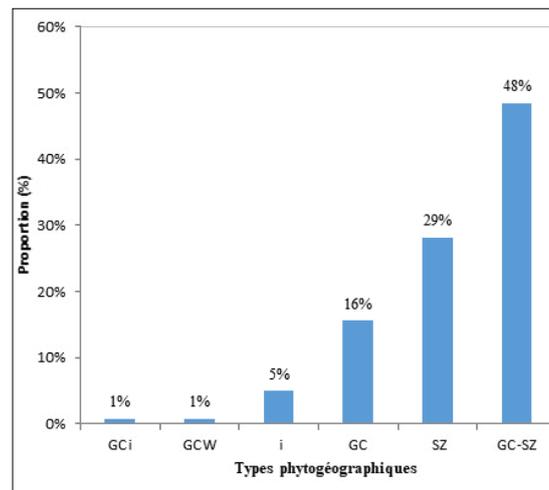


Figure 4: Répartition des types phytogéographiques

i : taxon introduit ou cultivé

GCi : Taxon endémique à la Côte-d'Ivoire

GCW : Taxon endémique au bloc forestier à l'Ouest du Togo (Ghana, Côte d'Ivoire, Liberia, Sierra-Leone, Guinée, Guinée Bisseau, Gambie, Sénégal)

GC : Taxon de la région Guinéo-Congolaise (forêt dense humide)

SZ : Taxons de la région Soudano-Zambézienne (SZ)

GC-SZ : Taxons communs à la région Guinéo-Congolaise et à la région Soudano-Zambézienne

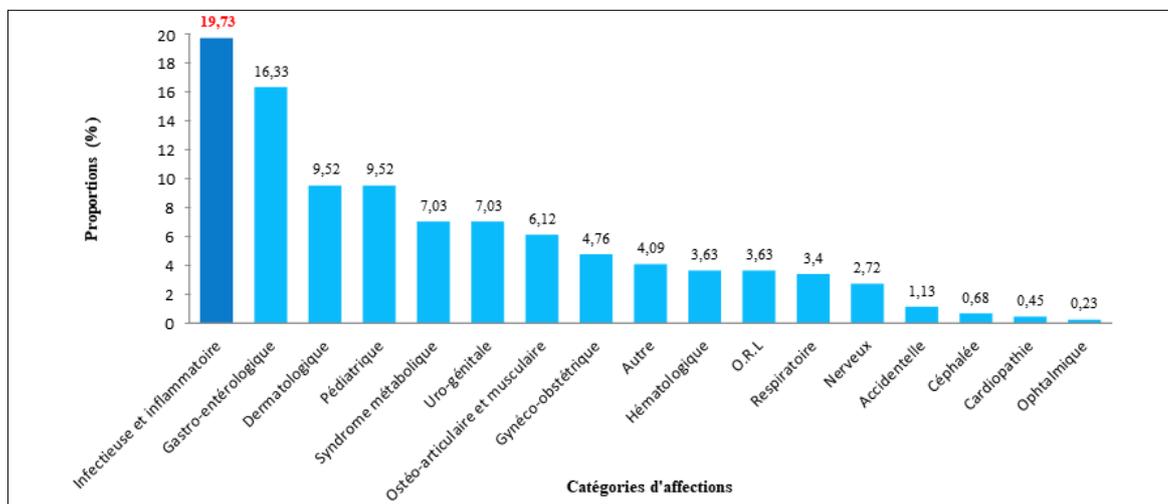


Figure 5: Répartition des différentes catégories des affections

O.R.L. : Oto-Rhino-Laryngologie

Tableau 2 : Profil général des enquêtés (N= 440 personnes).

Modalités	Caractéristiques	Pourcentages (%)
Ethnies	Mandé	36
	Gour	34
	Akan	16
	Ressortissants de la CEDEAO	14
Niveaux d'étude	Primaire	37
	Non scolarisé	29
	Coranique	16
	Secondaire	13
	Supérieur	5
Professions	Secteur informel	77
	Guérisseurs & Féticheurs	13
	Fonctionnaires d'État	10
Sexes	Hommes	41,14
	Femmes	58,86
Tranches d'âges] 40 ; 50[48
] 30 ; 40[38
] 50 ; 60[14

Tableau 3 : Fréquence des modes de préparation des recettes

Modes de préparations	Nombres d'espèces	Fréquence de citations (%)
Décoction	121	61,42
Pétrissage	32	16,24
Macération	13	6,6
Expression	9	4,56
Infusion	7	3,6
Pilage	5	2,5
Mastication	3	1,51
Pulvérisation	2	1,02
Torréfaction et pulvérisation	2	1,02
Ramollissement	1	0,51
Recettes sans préparation	1	0,51
Cuisson	1	0,51
Total	197	100

Tableau 4 : Fréquence des parties des plantes utilisées

Organes	Nombres d'espèces	Fréquence de citations (%)
Feuille	124	62,93
Écorce de racine	28	14,21
Écorce de tige	26	13,2
Plante entière	10	5,08
Graine	3	1,52
Fruit	2	1,02
Fleur	2	1,02
Autres (Suc et gomme)	2	1,02
Total	197	100

Tableau 5 : Fréquence des voies d'administration des recettes

Voies d'administration	Nombres d'espèces	Fréquence de citations (%)
Orale	128	65
Cutanée	38	19,3
Rectale	24	12,2
Oculaire	4	2,0
Nasale	2	1,0
Génitale	1	0,5
Total	197	100

Tableau 6 : Facteurs de Consensus Informateur (FCI) en fonction des catégories affections

Catégorie d'affections	Affections	FCI
l'Ostéo-Articulaire et Musculaire	Courbature, Déboitement de Jambe (Luxation des membres), Douleur lombaire, Fracture des membres, Rhumatisme, Atrophie musculaire, Torticolis	0,61
Syndrome métabolique	Tensions (hypertension et hypotension artérielle), Diabète de type 2	0,47
Respiratoire	Asthme, Bronchite, Coqueluche, Toux, Tuberculose	0,43
Uro-génitales	Blennorragie, Faiblesse Sexuelle, Impuissance Sexuelle, Hernie, Mal de trompe (Salpingite), Prostatite	0,40
Hématologique	Anémie, Hémoglobinurique, Hémorragie	0,40
Infectieuse et inflammatoire	Fièvre typhoïde, Grippe, lèpre, Paludisme, Panaris, Hépatique	0,37
Pédiatrique	Pleurnicher, Fatigue générale, Fièvre, Fontanelle, Atrophie, Maigrissement, Né-prématurés, Retard psychomoteur, Marasme, Miction nocturne, Absence d'une montée-laiteuse	0,34
Peau	Furoncle, Plaie, Acnés, Dartre, Gale, Teigne, Variole, Murissement des Abscès, œdèmes, Panaris, Rougeole, Plaie Syphilitique (syphilis)	0,34
Oto-Rhino-Laryngologie / stomatologie	Mal de Gorge, Affection de la bouche (Bouton de fièvre), Dysphonie, Angine, Goitre, Vertige	0,33
Gastro-entérologique	Hémorroïde, Diarrhée, dysentérique, constipation, vermifuge, Gastralgie, Mal de ventre (douleur abdominale), Ulcère, Purgatif, Vomissement	0,32
Gynéco-obstétrique	Emménagogue, Non suivis prénatale, Dystocie, Stérilité, Ménorragie, Règle Douleur	0,30
Nerveuse	Folie, Épilepsie, Folie, Insomnie	0,09
Autres affections	Fatigue générale, Mauvaise Odeur, Atrophie D'un Organe, Éléphantiasis, Fièvre, Ictère, Envoûtement	0,06
Céphalée	Migraine, Sinusite	0,00
Ophthalmique	Conjonctivite	0,00
Cardiopathie	Palpitation, Angine de poitrine	0
Accidentelle	Morsure de serpent, Indigestion, Poison (toxique), Piqûre de chenille urticante	0,00

Discussion

Un total de 287 espèces à potentialité décorative a été répertorié dans le Nord de la Côte d'Ivoire. Ces espèces sont représentées par des Spermaphytes et des Ptéridophytes. Ces résultats sont conformes aux travaux de Aké-Assi (2015). Dans une étude ethnobotanique se rapportant aux plantes médicinales de la région d'Agboville dans le Sud de la Côte d'Ivoire, N'Guessan (2008) a fait le même constat. Ceci pourrait se justifier par l'ignorance des paysans quant à l'utilisation des plantes appartenant à d'autres groupes taxonomiques. Il y a aussi le fait du manque de pérennité et de rareté de certaines plantes (Aké-Assi, 2015). Parmi les 287 espèces, 197 soit 68,64% sont utilisées en médecine traditionnelle. L'utilisation fréquente de plus de 68 % des plantes à potentialité décorative en médecine traditionnelle est une bonne opportunité pour rapprocher ces espèces décoratives issues des formations naturelles, véritable pharmacie traditionnelle, autour des concessions, par la domestication. Cela serait bénéfique pour la population, mais aussi pour leur sauvegarde.

La famille des Fabaceae compte le plus grand nombre d'espèces (27 espèces soit 13,70%). La prédominance de cette famille s'expliquerait par le fait qu'elle fait partie des plus importantes de la flore ivoirienne, du point de vue du nombre d'espèces qu'elle comporte (Aké-Assi, 1984). Cela peut se justifier également par la forte utilisation médicinale de ces espèces spontanées à potentiel décoratif dans le Nord de la Côte d'Ivoire. Plusieurs travaux similaires montrent que les Fabaceae sont beaucoup plus utilisées en médecine traditionnelle (Tra Bi, 1997 ; Béné, 2017). Également, cette prédominance des Fabaceae peut encore s'expliquer par le fait que la classification phylogénétique, a regroupé plusieurs familles en une dont celle des Fabaceae qui est constituée de trois sous-familles (Caesalpinioideae, Mimosoideae et Faboideae). Les Microphanérophytes avec 59 % de l'ensemble des types biologiques sont les plus représentés. D'autres travaux (N'Guessan, 2008 ; Aké-Assi, 2015) ont également montré, à des proportions différentes, que les microphanérophytes sont majoritairement sollicités dans les études ethnobotaniques qu'ils ont menées. Au niveau des types biogéographiques, les espèces Soudano-Zambéziennes et Guinéo-Congolaises (48%) sont les plus représentées. La présence d'espèces plurirégionales témoigne d'une végétation perturbée (Kaou *et al.*, 2017) ; ce qui pourrait être dû aux effets du changement climatique, au

surpâturage et à l'ensablement en cours dans la zone qui modifient fortement la flore originelle.

L'âge moyen des enquêtés est de 45 ans. Ce profil des tradipraticiens de santé dans le Nord de la Côte d'Ivoire est celui observé dans la plupart des études du genre, confirmant que la pratique de la médecine traditionnelle est l'apanage des personnes d'âge mûr (Aburjai *et al.*, 2006). Selon Benlamdini *et al.* (2014), la transmission des connaissances en médecine traditionnelle est ancestrale. En effet, c'est au fil des temps que les personnes d'âges mûrs acquièrent des connaissances fiables à la pratique des plantes médicinales.

La feuille est l'organe le plus utilisé dans la préparation des phytomédicaments (62,9 %). La fréquence d'utilisation élevée des feuilles peut s'expliquer par la facilité de la récolte mais également par le fait qu'elles sont le siège de la photosynthèse et du stockage des métabolites secondaires responsables des propriétés biologiques de la plante (Alioune *et al.*, 2018).

La technique de préparation des phytomédicaments, la plus employée est la décoction (61,42%). Cela pourrait signifier que, les populations enquêtées de ces différentes localités auraient les mêmes habitudes ou traditions (N'Guessan, 2008). Selon Salhi *et al.* (2010), la décoction permet de recueillir le plus de principes actifs et atténue ou annule l'effet toxique de certaines recettes.

La voie d'administration, la plus employée par les populations du Nord de la Côte d'Ivoire est orale (65%). L'enquête montre que les remèdes administrés essentiellement par la voie orale sont faciles à ingérer. Ces résultats corroborent ceux de Yao *et al.* (2018) lors d'une étude dans différents ménages au Sud, du Centre et du Nord de la Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont montré que la majorité des populations du Nord à priori les hommes préfèrent la voie orale (51,55%) au détriment du traitement par voie rectale (6,19%). Cette prescription pourrait justifier le taux élevé d'administration par voie orale dans la présente étude. Parmi les nombreuses affections citées, les plus traitées par les plantes à potentialité décorative sont regroupées dans la catégorie des maladies infectieuses et inflammatoires (19,73%). Le paludisme, à lui seul, fait 10% de ces maladies. Selon Eholié *et al.* (2004), le paludisme constitue la première cause des consultations générales dans beaucoup de pays au Sud du Sahara. En Côte d'Ivoire, le paludisme représente la première cause de mortalité chez les enfants âgés de moins de cinq

ans et les femmes enceintes (Granado, 2007). De plus, des travaux ont montré que le paludisme fait partie des pathologies infectieuses et beaucoup répandues en Côte d'Ivoire (Ambé *et al.*, 2015). Par conséquent, la domestication de ces plantes permettra de soulager la population ivoirienne tout en les conservant.

La catégorie Ostéo-Articulaires et Musculaires (OAM) présente un degré élevé de consensus, ce qui traduit l'homogénéité de l'information ethnomédicinale. En effet, les résultats montrent que la population interrogée est fortement représentée par des professionnels de santé, ce qui justifie cette proportion. Certaines espèces comme *Asystasia gangetica* (Acanthaceae) et *Ludwigia abyssinica*

(Onagraceae) ont un large spectre d'actions selon l'indice d'importance relatif (IR). Ces deux espèces peuvent être considérées comme celles ayant des propriétés pharmacologiques multiples ; elles constituent donc de véritables boîtes à pharmacie traditionnelle du fait de leur polyvalence. *Vernonia amygdalina* (Asteraceae) pourrait être la plante qui soigne efficacement la catégorie des affections Ostéo-Articulaires et Musculaires (OAM), ce qui traduirait son indice de fidélité le plus élevé. La domestication des espèces telles que *Asystasia gangetica* et *Ludwigia abyssinica* serait bénéfique à la population ivoirienne puisqu'en plus de leur usage en médecine traditionnelle elles ont des potentialités décoratives.

Conclusion

Sur les 287 espèces végétales à potentialité décorative de la flore du Nord de la Côte d'Ivoire, 197 (68,64%) sont médicinales. Elles sont réparties en 65 familles avec dominance des Fabaceae. Les types morphologiques sont dominés par les herbacées (40%) et les types biologiques, par les microphanérophytes (59%). Au niveau des types biogéographiques les espèces des régions Soudano-Zambézienne et Guinéo-Congolaise (48%) sont les plus représentées. Les espèces les plus utilisées sont *Vernonia amygdalina* (Asteraceae), *Ludwigia abyssinica* (Onagraceae) et *Asystasia gangetica* (Acanthaceae)

avec respectivement leurs IR correspondant à 2,72% et 17,86% pour les deux dernières espèces. Les investigations ethnobotaniques montrent que les feuilles constituent la partie la plus utilisée et la voie d'administration la plus sollicitée est la voie orale. Il ressort de cette étude que les plantes à potentialité ornementale jouent un rôle très important dans le traitement traditionnel de plusieurs affections en milieu urbain comme rural. Il faudra donc domestiquer ces plantes pour les rapprocher plus de l'homme à cause de son double usage (décoratif et médicinale).

Remerciements

Nous remercions toute la population du Nord de la Côte d'Ivoire à l'occurrence : les praticiens de la médecine traditionnelle pour leur accessibilité.

Notre gratitude va à l'endroit des guides traducteurs et des chefs des villages pour leur disponibilité.

Références Bibliographiques

- Aburjai T, Hudaib M, Tayyem R, Yousef M, Qishawi M. 2006.** Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Jordan, the Ajloun Heights region. *Journal of Ethnopharmacology*, 110(2): 294-304.
- Aké-Assi E. 2015.** Plantes à potentialité décorative de la flore du Sud de la Côte d'Ivoire : étude taxinomique, ethnobotanique et essai de domestication de *Thunbergia atacorensis* Akoègninou & Lisowski (Acanthaceae), une espèce nouvellement introduite. Thèse de doctorat d'État, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, (Côte d'Ivoire). 216 p.
- Aké-Assi E, Kouassi AF, N'Goran KB, Yao K, N'Guessan K. 2018.** Diversité floristique des plantes à potentialité décorative issues des formations naturelles de la flore du Sud de la Côte d'Ivoire». *REB-PASRES* 3(2) : 15-30.
- Aké-Assi L. 1984.** Flore de la Côte d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotanique. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles FAST. Université d'Abidjan Côte d'Ivoire, 1205 p.
- Alexiades MN, Sheldon, JW. 1996.** *Lignes directrices sélectionnées pour la recherche ethnobotanique: un manuel de terrain* 120 p.
- Alioune S, Cissé M, Ayessou NC, Sakho M, Diop CM. 2018.** Le baobab (*Adansonia digitata* L.): variabilité des graines, procédés d'extraction et propriétés physico-chimiques de l'huile. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 39 (1): 24-36.
- Ambé AS, Ouattara D, Tiébrém-S, Vroh Bi TA, Zirihi GN, N'Guessan KÉ. 2015.** Diversité des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel de la diarrhée sur les marchés d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2): 4081-4096.
- APG IV. 2016.** (Angiosperm Phylogeny Group), Classification of the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 31 (2): 71-80.
- Béné K. 2017.** Plantes médicinales du Gontougo (District du Zanzan, Côte d'Ivoire) : inventaire, évaluation des activités pharmacologiques de deux plantes et formulation d'une pommade dermatologique à partir de l'extrait hydroalcoolique de *Bersama abyssinica* Fresen. (Melianthaceae). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny-Abidjan (Côte d'Ivoire), 196 p.
- Benlamdini N, Mohamed E, Atmane R, Lahcen Z. 2014.** Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haut Atlas oriental (Haute Moulouya), Maroc. *Journal of Applied Biosciences* 78: 771-6787.
- Bennett BC, Prance GT. 2000.** Introduced plants in the indigenous pharmacopoeia of northern South America". *Economic Botany*, 54: 90-102.
- Bouvet JMP, Grimont ADP. 1971.** Donnée de surveillance 1999 du Centre National de Recherche des Salmonella et Shigella». *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 1-6.
- Eholié SP, Ehui E, Adou-Bryn K, Kouamé KE, Tanon A, Kakou A, Bissagnéné E, Kadio A. 2004.** Paludisme grave de l'adulte autochtone à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 97 : 340-344.
- Eldin M. 1971.** Le climat. In : Avenard J.M., Eldin E., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.-L., Adjanohoun É. & Perraud A (eds) *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. ORSTOM, Paris, France, pp. 73-108.
- Friedman J, Yaniv Z, Dafni A, Palewith D. 1986.** A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev desert, Israel. *Journal of Ethnopharmacology*, 16: 275- 287.
- Fusillier J-L, 1991.** La filière maïs en Côte-d'Ivoire. Un exemple d'adaptation spontanée des appareils de production et de commercialisation à l'extension du marché intérieur. Thèse : Université Montpellier 1, CIRAD. 310 p.
- Géraud M Y, Jamin JY, Faure G, Duteurtre G. 2003.** Les savanes d'Afrique centrale entre enclavement et intégration aux marchés / Central African savannas : between isolation and market integration. In: *Annales de Géographie*, t. 112, n°63, pp. 471-494;
- Granado S. 2007.** C'est le palu qui fatigue. Une étude en anthropologie de la santé sur les conceptions et les pratiques locales face au paludisme à Abidjan, Côte d'Ivoire. Édition Basel, 252 p.
- Guillaumet J-L, Adjanohoun É. 1971.** La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Avenard J.M., Eldin E., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.-L., Adjanohoun É. & Perraud A (eds). *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. ORSTOM, Paris, France, pp. 157 -266.

- Heinrich M, Ankli A, Frei B, Weimann C, Sticher O. 1998.** Medicinal plants in Mexico: healers' consensus and cultural importance". *Social Science & Medicine*, 47(11): 1859-1871.
- Kahouadji A. 1986.** Recherches floristiques sur le massif montagneux des Beni Snassene (Maroc oriental), Université des Sciences et Techniques du Langue doc, Montpellier, 235 p.
- Kaou KAK, Manzo OL, Guimbo ID, Karim S, Habou R, Paul R. 2017.** Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 120: 12053-12066.
- Kouakou ACA, Coulibaly B, Kaba D, Anoh KP, Courtin F. 2018.** Dynamique de peuplement et modification paysagère dans le Parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Tropicultura*, 36 (2) : 206-216.
- N'Guessan K. 2008.** Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles chez les peuples Abbey et Krobou du Département d'Agboville (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'État ès Sciences, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 235 p.
- OMS Organisation Mondiale de la Santé: 2002.** Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005, Genève: 65
- OMS. 1991.** Manuel d'épidémiologie pour la gestion de la santé au niveau du district». Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 185 p.
- Ouattara D. 2006.** Contribution à l'inventaire des plantes médicinales significatives utilisées dans la région de Divo (sud forestier de la Côte-d'Ivoire) et à la diagnose du poivrier de Guinée : *Xylopiya aethiopyca* (Dunal) A. Rich. (Annonaceae) «. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 184 p, 2006.
- Salhi S, Fadli M, Zidane L, Douira A. 2010.** Étude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, 31 :133-146.
- Tra Bi FH. 1997.** Utilisation des plantes par l'homme, dans le Haut-Sassandra et de Scio, en Côte d' Ivoire. Thèse de 3e cycle. Université de Cocody, F.A.S.T, Abidjan, 212 pp.
- Yao K, Tra Bi FB, Ahoua AC, Koné MW. 2018.** État de connaissance et d'utilisation des plantes médicinales dans les ménages au Sud, Centre et Nord de la Côte d'Ivoire. *Épistanalyse*, 1 : 1-29.

Annexe : Récapitulatif des caractéristiques botaniques et ethnobotaniques de quelques espèces recensées dans le Nord de la Côte d'Ivoire

NOMS SCIENTIFIQUES	Familles	Noms ver. ¹	Aff ²	Pu ³	Mp ⁴	M.ad ⁵	T.B ⁶	T.M ⁷	Beauté ⁸	NF (%) ⁹	IR (%) ¹⁰
<i>Asystasia gangetica</i> Anderson	Acanthaceae	Tanoua: Baoulé	Cardiopathie, Gastro_entéro, Nerveuse, OAM, uro_gen	Fe, Pe; Et	Déc, Pét	B, Cat	np	H	Fl	0,45	17,86
<i>Carapa procera</i> DC. De Wilde	Meliaceae	Nangounum: Seno	Gastro-entéro, respiratoire, uro_gén	Et, Fe	Pét, Pil, Déc	P, Ap, B	mp	Arb	Fe	0,9	15,15
<i>Chrysanthellum americanum</i> Turner	Asteraceae	Tombotine: Seno	Autre affection : Ictère, Gastro_entéro, hématologique	Pe	Déc, Pét	B, P	np	H	Fl	0,67	10,9
<i>Daniellia oliveri</i> Hutch. & Dalz.	Fabaceae	Sannan: Koyaga	Gastro_entéro; nerveuse, inf_inf	Fe; R, Et	Déc	B, Ba	mP	Ar	S	0,9	10,9
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.)	Euphorbiaceae	Nawasso: Seno	Gastro_entéro, Sm, uro_gén	Fe_R	Déc	B, Mac	mp	L	Fl et fr	0,67	10,4
<i>Anthocleista djalonenensis</i> A.Chev.	Gentianaceae	Zangome: Seno	Autre affection : Ictère, nerveuse, inf_inf	R, Fe	Mac, Inf	lo, B	mp	Arb	I	0,67	10,4
<i>Baizea multiflora</i> A. DC.	Apocynaceae	Korologue: Seno	Sm, pédiatrique	Rmf, Pe	Déc	B	mP	L	I	1,36	10,4
<i>Berlinia grandiflora</i> Hutch. & Dalz.	Fabaceae	Blimowaka: Baoulé	Autre affection : Atrophie, Peau, hématologique	Er	Mac, Tor	B, Ba, Ap	mP	Ar	Fr	0,22	10,4
<i>Cissus aralioides</i> Planch.	Vitaceae	Tefronasi: Seno	Métabolique, OAM, respiratoire	Fe	Déc, Exp	B	mp	L	Fe	0,45	10,4
<i>Ficus sur</i> Forssk.	Moraceae	Toro: Dioula	Peau, pédiatrique ; inf_inf	Fe, Gr, Fr	Inf, Pil	B, P, fri	mp	Arb	Fr	0,9	10,4
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae	Norkobrou: Dioula	Peau, pédiatrique	Fe	Déc, Inf	Ba	np	L	Fr	0,67	7,6
<i>Cyperus articulatus</i> L.	Cyperaceae	Sapoletéigüe: Seno	Respiratoire, Uro_gén	R	Déc	B	np	H	I	0,67	7,6
<i>Acacia nilotica</i> Delile	Fabaceae	Hoofio: Seno	Sm, inf_inf	Pe; Fe	Déc	B	mp	Arb	Fo	0,22	6,93
<i>Aframomum albobivaleaceum</i> K. Schum	Zingiberaceae	Allössö: Abron	Gastro_entéro, inf_inf	R	Mac, Déc	B, P	Gr	H	Fe, fl	0,22	6,93
<i>Albizia ferruginea</i> Benth.	Fabaceae	Lorpkadjor: Seno	Respiratoire, inf_inf	Et, R	Déc	B	mP	Ar	Fl	0,67	6,93
<i>Allophylus africanus</i> P. Beauv.	Sapindaceae	Cotime: Seno	Autre affection : Mo, peau	Fe	Déc	Ba, B	mp	Arb	I	0,22	6,93
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	Améblessou: Baoulé	Autre affection : FG ; inf_inf	Fe	Déc	B	np	H	Fl	0,45	6,93
<i>Antidesma venosum</i> Tul.	Phyllanthaceae	Gnandé: Seno	Gastro_entéro, inf_inf	Et, Fe	Pét, Déc	P, B	mp	Arb	Fl et fr.	0,45	6,93
<i>Biophytum talbotii</i> Hutch. & Dalz.	Oxalidaceae	Sougnassi: Abron/Baoulé	Gastro_entéro, inf_inf	Pe; Fe	Déc	B	np	H	Al	0,22	6,93
<i>Biophytum umbraculum</i> Welw.	Oxalidaceae	Nogoldique: Seno	Peau, Gyn_obs	Fe	Pét	Ap, P	Th	H	Fo	0,67	6,93
<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Sapindaceae	Fissanbrou: Dioula	Gastro_entéro, inf_inf	Et, Fe	Mas, Déc	Ing, B	mP	Ar	Fe	0,67	6,93
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	Caar/ Lokrou: Baoulé	Gastro_entéro, Sm	Fe, Et	Déc	B	mP	Ar	Fo	0,67	6,93
<i>Cassia mimosoides</i> L.	Fabaceae	Liaaka: Baoulé	Peau	Pe	Déc	Ba	np	H	Fl	0,22	6,93
<i>Clerodendrum capitatum</i> Schum. & Thonn.	Lamiaceae	Clouabé: Abron	Gastro_entéro, Gyn_obs	R, T	Pét, Mas	P, Ing	np	H	Fl	0,45	6,93
<i>Cola grandifolia</i> A. Chev.	Malvaceae	Tababrou: Dioula	Gyn_obs, OAM	Fe	Déc	P	mP	Ar	Fo	0,67	6,93
<i>Combretum zenkeri</i> Engl. & Diels	Combretaceae	Djdidigüe: Seno	Gastro_entéro, uro_gén	Fe, R	Déc, Mac	B	mp	L	Fr	0,45	6,93
<i>Crassocephalum crepidioides</i> Moore	Asteraceae	mintaorclé: Baoulé	Gastro_entéro, nerveuse	Fe	Exp	B	np	H	Al	0,45	6,93
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	Nanorm: Seno	Sm, OAM	Fe, R	Pét	P	np	H	I	0,45	6,93
<i>Cyphostemma ornata</i> L.	Vitaceae	N'salme: Seno	Autre affection : FG, inf_inf	Fe	Déc	B	mp	L	I	0,22	6,93
<i>Flueggea virosa</i> Voigt	Euphorbiaceae	Balanbalan: Moré	OAM, uro_gén	Fe, R	Déc, Mac	Ba, B	np	Arb	Fl. et fr	0,45	6,93
<i>Gloriosa superba</i> L.	Colchicaceae	Nanblogue: Seno	Gyn_obs, inf_inf	Fe	Déc	B	G	H	Fl	0,45	6,93

¹Noms vernaculaire : noms ver ; Senoufo : seno.²Affections : Aff ; Gastro-entérologique : gastro_entéro ; Gynéco-obstétrique : Gyn_obs ; Infectieuse et inflammatoire : Inf_inf ; Fatigue générale : FG ; Mauvaise odeur : Mo ; Ostéo-Articulaire et Musculaire : OAM ; Uro-génitales : uro_gén, Syndrome métabolique : Sm.³Partie utilisée : Pu ; Ecorce racine : Er ; Ecorce tige : Et ; Graine : Gr ; Feuille : Fe ; Fruit : Fr ; Plante entière : Pe ; Racine : R ; Rameau feuillé : Rmf ; Tige : T.⁴Mode de préparation : Mp ; Décoction : Déc ; Expression : Exp ; Infusion : inf ; Macération : Mac ; Mastication : mas ; Pilage : pil ; Torrifier : Tor.⁵Mode d'administration : M.ad ; Application locale : Ap ; Bain : Ba ; Boisson : B ; Cat : Cataplasme ; Friction : Fri ; Ingurgitation : Ing ; Instillation oculaires : Io ; Purge : P ; Tisane : Ti.⁶Types Biologiques : T.B ; Géophytes : G ; Géophytes-rhizomateux : Gr ; mésophanérophite : mP ; microphanérophite : mp ; nanophanérophite : np ; Thérophyte : Th.⁷Types morphologiques : T.M ; Arbuste : Arb ; Arbre : Ar ; Herbe : H ; Liane : L.⁸Béauté ; Allure : Al ; Inflorescence : I ; Feuille : Fe ; Fleur : Fl ; Forme : Fo ; Fruit : Fr ; Sève : S.⁹Niveau de fidélité : NF.¹⁰Indice d'importance relative : IR.

OCCURRENCE DES AMPHIBIENS EN FORÊT PRIMAIRE ET MILIEUX DÉGRADÉS DES RIVES OCCIDENTALES DU LAC KIVU, EST DE LA RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

KASEREKA L^{1*}, CHIFUNDERA KZ^{1, 2}

RÉSUMÉ

Les inventaires de la diversité des amphibiens ont été réalisés entre 2009 et 2016 en forêt primaire et dans les aires dégradées des rives occidentales du Lac Kivu (Est de la République Démocratique du Congo). Des prospections de jour et de nuit basées sur la méthode de ratissage opportuniste dans les différents types d'habitats, ont permis d'inventorier au total 48 espèces dont 62,5% occupent les milieux dégradés. En milieux dégradés, un grand nombre d'espèces (56,6%) se localise principalement autour des points d'eau. On note la présence en forêt primaire d'une espèce menacée, *Leptopelis karissimbensis*. Les zones forestières non perturbées ainsi que les lambeaux de forêts moyennement dégradés, mais abritant à ce jour un nombre important d'espèces d'amphibiens pour la conservation, doivent être urgemment protégés de toutes activités destructrices pour garantir la survie à long terme des communautés d'amphibiens des rives occidentales du lac Kivu.

Mots clés : Anoures, Bio-indicateurs, Conservation, Rift Albertin, Lac Kivu.

AMPHIBIAN OCCURRENCE IN PRISTINE FOREST AND DEGRADED AREAS OF WESTERN SHORES OF LAKE KIVU, EASTERN DEMOCRATIC REPUBLIC OF THE CONGO

ABSTRACT

Amphibian surveys were carried out from 2009 to 2016 in the pristine forest and degraded areas of western shores of Lake Kivu (Eastern Democratic Republic of the Congo). Thanks to visual encounter survey during both day and night, searching techniques such as visual scanning of the terrain and investigation of potential hiding habitats a total of 48 anuran taxa have been recorded. The majority of them (62.5 %) were encountered in disturbed areas and were typical for farmbrush species; 56.6 % of these species being restricted to swamp areas. Of particular conservation interest was the discovery of *Leptopelis karissimbensis*, in pristine forest. The remaining areas of undisturbed and little disturbed forests that have high importance for the long-term survival of anuran communities should be urgently protected from any further degradation and forest loss.

Key words : Anurans, Bio-indicator, Conservation, Albertine Rift, Lake Kivu.

¹Laboratoire d'Herpétologie, Section de Zoologie, Département de Biologie, Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, D.S. Bukavu, Sud-Kivu, RD Congo.

²Département de Biologie et Gestion des Ressources Animales, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, B.P. 8815 Kinshasa, RD Congo.

*Auteur de correspondance : klulengo@gmail.com

Introduction

L'indice de naturalité est un des critères utilisés dans la définition des aires de priorité pour la conservation des espèces végétales et animales (Kovar, 2012 ; Erdős *et al.*, 2017). La naturalité caractérise une aire dont l'intégrité est strictement protégée et exempte des activités humaines pour assurer la survie des espèces. Cependant, à cause de la croissance démographique et l'augmentation des besoins pour la survie des populations humaines observées dans plusieurs parties du monde et spécialement en région des grands lacs d'Afrique Centrale, les milieux naturels sont de plus en plus exposés à différents degrés de fragmentations, de dégradations et de pollutions. Le Rif Albertin, mondialement réputé pour la beauté de son paysage et sa diversité biologique unique et impressionnante (Plumptre *et al.*, 2007), n'est pas à l'abri des menaces anthropiques. En effet, la Province du Sud-Kivu occupant le centre-ouest du Rift Albertin ne renferme plus que 1500 km² de forêt primaire après la forte déforestation estimée à un taux de 6% (Zhuravleva *et al.*, 2013).

Pour endiguer ce fléau, il est donc nécessaire de définir un nouveau plan de restauration écologique et d'aménagement des écosystèmes. La dégradation des habitats naturels peut être surveillée au moyen des indicateurs physico-chimiques et biologiques. Les amphibiens de par leur forte sensibilité au moindre changement environnemental à cause de leur peau nue et perméable et leur respiration cutanée sont les mieux indiqués pour servir de bio-indicateurs (Dodd, 2010 ; Chifundera et Behangana, 2013). En outre, les amphibiens jouent un grand rôle dans le fonctionnement des écosystèmes et l'équilibre des habitats humides en tant que proies et prédateurs (Channing, 2001; Gonwouo et Rödel, 2008; Mohneke *et al.*, 2009). Les conditions pour leur survie comprennent entre autres les sites naturels qui offrent des meilleures conditions pour la réalisation de leurs phases de vie aquatique et terrestre. Cependant, il a été observé que plusieurs espèces peuvent s'adapter aux milieux déboisés alors qu'elles sont reconnues comme sylvicoles (Pawar *et al.*, 2004). Le présent travail vise à déterminer, la diversité du peuplement d'anoures des milieux forestiers naturels et des milieux dégradés des rives occidentales du Lac Kivu.

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

Le milieu d'étude est situé sur les rives occidentales du Lac Kivu et les flancs orientaux du massif de Kahuzi, en Province du Sud-Kivu en République Démocratique du Congo (RDC) dont la superficie est estimée à 1220 km². Les coordonnées du Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN) de Lwiro sont -2,23943° de Latitude (Sud), 28,81116° de Longitude (Est) avec une altitude de 1750 m. Son paysage est formé des collines avec des vallées encaissées creusées par des rivières torrentielles (Lwiro, Kabindi, Nyabaciwesa, Murhundu, Nyabarongo). Les petites étendues de savane à *Hyparrhenia diplandra* sont utilisées pour des activités pastorales pratiquées par une population estimée à plus de 152 000 habitants (Ntumba, 1990). L'ensemble alternant avec les habitations humaines, est traversé par un réseau de routes en terre battue servant pour la desserte agricole. On y trouve de petits ruisseaux et de nombreuses zones marécageuses. Dix-huit sources d'eau thermales (39-69°C) y ont été inventoriées (Mafutala *et al.*, 2015).

Il est caractérisé par un climat tropical humide à deux saisons (Burlot, 1950; Chifundera, 1988). Une longue saison des pluies qui s'étend de septembre à mai et une courte saison sèche comprise entre juin et août. La température moyenne annuelle est de 19,5°C avec une augmentation moyenne annuelle de 0,5°C depuis 1953 (Nsimba *et al.*, 2015). La hauteur des précipitations atteint une moyenne annuelle de 1608,4 mm. Le sol est en majeure partie volcanique mais par endroit, on trouve des sols latéritiques et tourbeux. Le couvert végétal permet de distinguer plusieurs milieux écologiques que sont la forêt primaire de montagne (2000-3000 m d'altitude) et le milieu dégradé (1460-2000 m d'altitude) par les activités humaines.

De 2009 à 2016, 36 stations de capture et d'observation ont été géoréférencées à l'aide des GPS Map64s et Garmin Summit eTrex (Tableau 1). Ces données ont permis de générer au moyen du logiciel QGIS-OSGeo4W-2.14.0-1, la carte du milieu d'étude (Figure 1). Les inventaires ont été réalisés dans les deux milieux dominants représentés par la forêt primaire et le milieu dégradé.

Tableau 1 : Liste des stations de capture et d'observation des amphibiens entre 2009 et 2016

N°	Stations	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habitats
1	Bitale	-2,20922	28,63097	1774	Etangs piscicoles
2	Bagira	-2,4723	28,82941	1608	Milieu urbain
3	Bitale_forêt	-2,2426	28,66226	2316	Forêt secondaire
4	Bukavu_résidence	-2,49871	28,85509	1517	Maison hôtelière
5	Buloli1	-2,24102	28,81868	1603	Bananeraie
6	Buloli2	-2,24139	28,81404	1666	Marais
7	Bwindi	-2,47201	28,83673	1588	Lambeau forestier
8	Chanjoka	-2,21099	29,77859	2074	Forêt de montagne
9	Chantondo	-2,15072	28,73684	2778	Forêt de montagne
10	Chimiphar	-2,43546	28,83581	1473	Marais
11	Kabamba	-2,17907	28,87037	1466	Bord du Lac Kivu
12	Kabushwa	-2,19459	28,79236	1950	Marais hors du Parc
13	Kahungu	-2,23094	28,80207	1795	Jachère
14	Maziba	-2,23413	28,80959	1743	Jachère
15	Kakondo	-2,24232	28,86842	1466	Jachère
16	Kakongola	-2,16078	28,73114	2635	Forêt de montagne
17	Kamunyerere	-2,2044	28,82771	1640	Marais
18	Katana	-2,22307	28,83138	1634	Jachère
19	Kavumu_Nyacibamba	-2,29465	28,8121	1632	Rizière
20	Kayandja	-2,26114	28,82087	1655	Marais
21	Kazingo_Murhundu	-2,43293	28,83497	1417	Bord du Lac Kivu
22	Luhihi	-2,27306	28,88086	1471	Bord du Lac Kivu
23	Lushala	-2,2468	28,81017	1625	Marais
24	Lwiro_crsn	-2,23943	28,81116	1750	Jachère
25	Lwiro_Bika	-2,24543	28,81218	1676	Marais
26	M'Bayo	-2,27435	28,76993	1982	Forêt à Eucalyptus
27	Mt Kahuzi	-2,25746	28,67405	2780	Forêt de montagne
28	Mugaba	-2,27503	28,66311	2333	Forêt de bambou
29	Mugeri	-2,21482	28,86113	1485	Lambeau forestier
30	Mulangala_Nyakishi	-2,25329	28,79071	1857	Marais
31	Musisi	-2,27389	28,69083	2200	Marais
32	Nyakadaka	-2,25315	28,81708	1667	Jachère
33	Rwanzobe	-2,26737	28,84496	1606	Marais
34	Tshibati_forêt	-2,21812	28,77683	2100	Forêt de montagne
35	Tshibati	-2,22743	28,7821	1960	Marais hors du Parc
36	Tshivanga	-2,29704	28,77876	2000	Forêt de transition

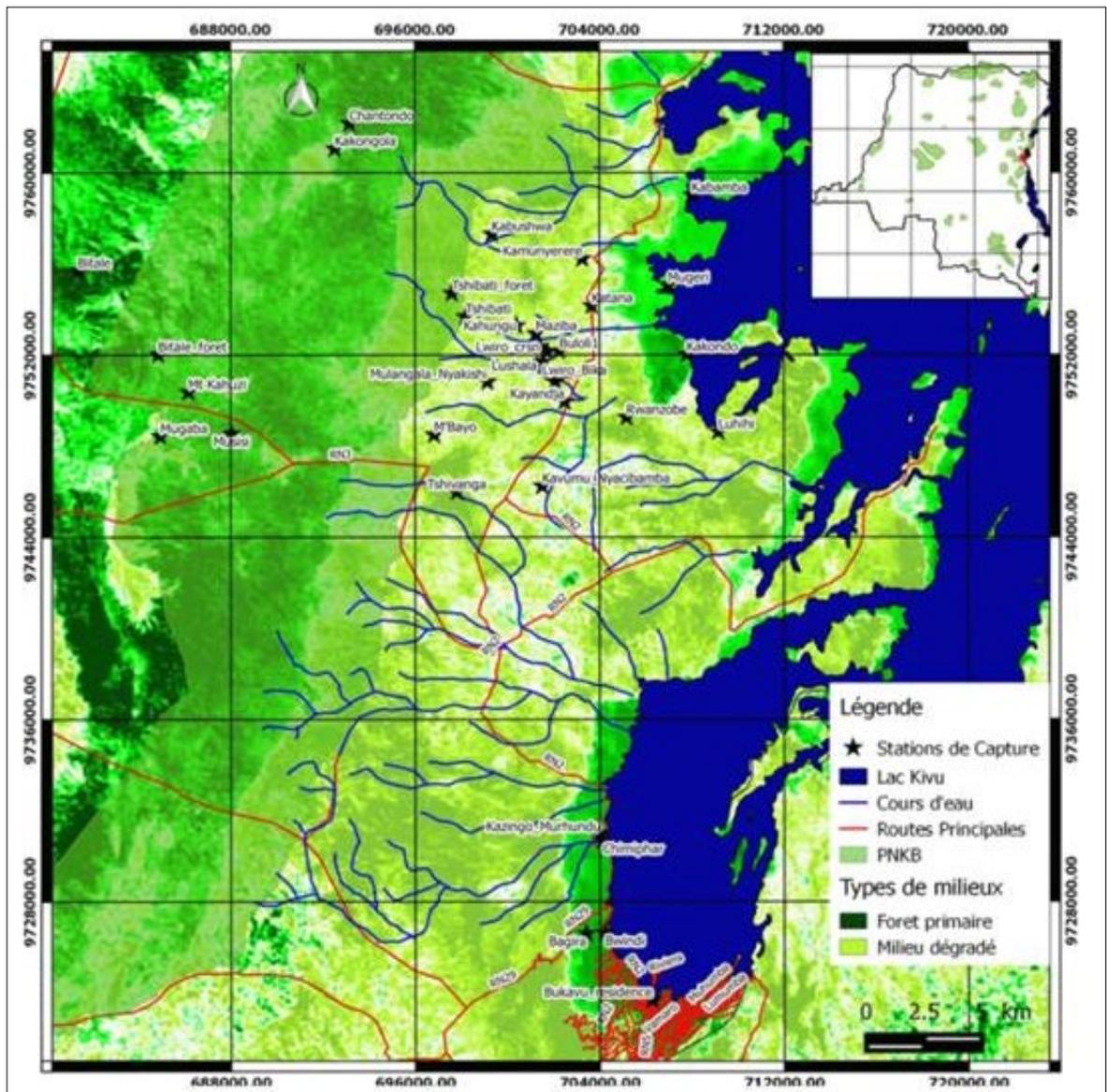


Figure 1 : Localisation géographique des rives occidentales du Lac Kivu, Est de la République Démocratique du Congo. Le vert foncé représente le milieu forestier non dégradé et les stations d'échantillonnage sont en étoile noire.

Forêt primaire de montagne

Elle est entièrement située dans le secteur de haute altitude du Parc National de Kahuzi-Biega (Figure 2A). Sa flore est essentiellement composée de *Albizia grandibracteata*, *Macaranga spinosa*, *Hagenia abyssinica*, *Ficus capensis*, *Musanga cecropioides*, *Musanga leoerrerae*, *Alangium chinense*, etc. Une ceinture de forêt de bambous est localisée entre 2400 et 2600 m d'altitude (Mwanga Mwanga *et al.*, 2013 ; Kabonyi, 2016).

Milieu dégradé

Il est représenté par une mosaïque totalement occupée et modifiée par l'homme (Figure 2B). On y observe une alternance de champs cultivés, de jachères, de plantations à *Eucalyptus* spp. et de lambeaux de forêt. Les zones marécageuses (Kamunyerere, Nyacibamba, Lushala et Nyakasaza) sont fréquemment drainées pour y produire des cultures vivrières (le tarot, le maïs, la tomate et le chou).

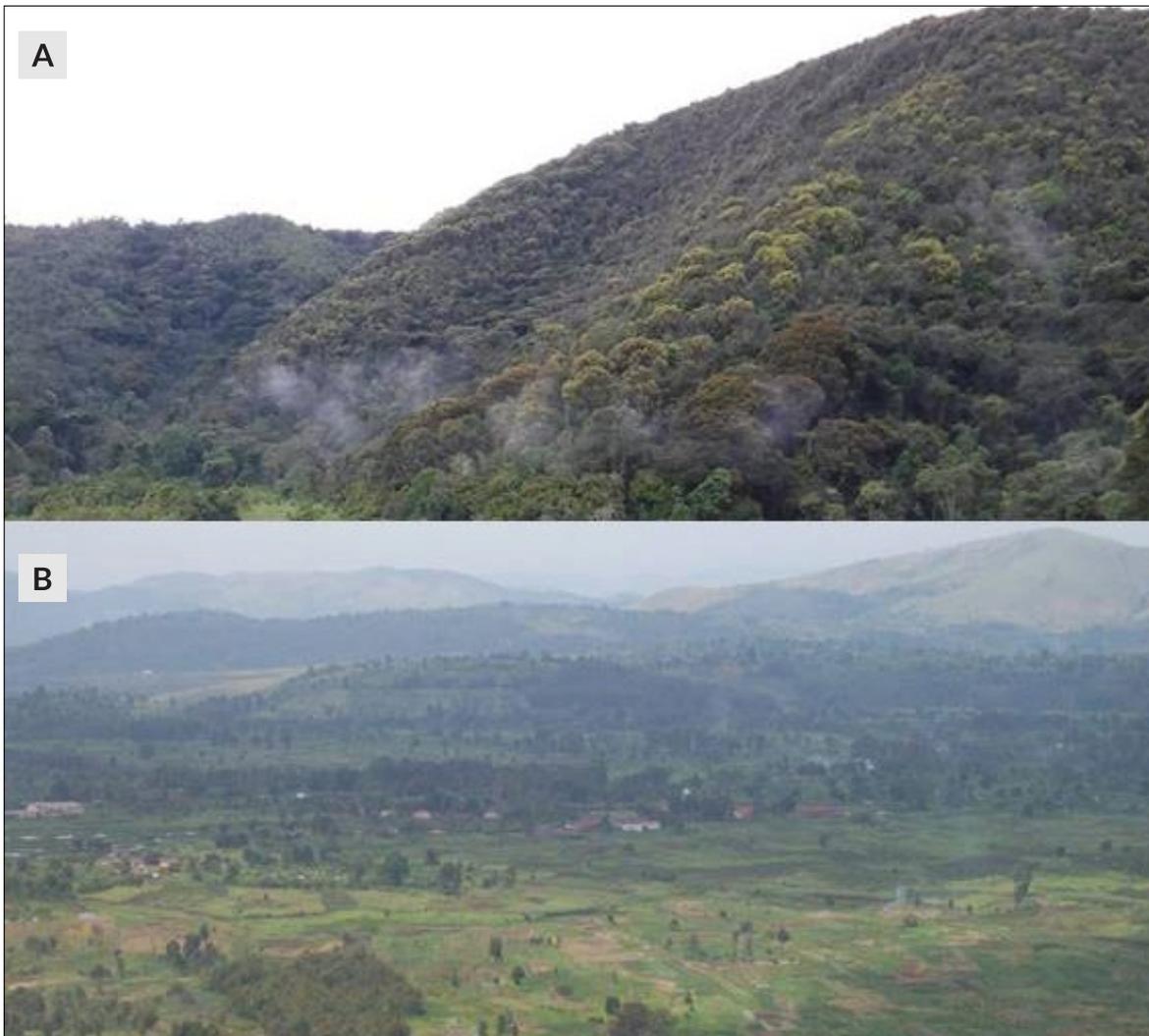


Figure 2 : Vue globale des deux principaux milieux d'inventaire. A: forêt primaire de montagne près du marais Nyakasaza sur le massif du Kahuzi (Parc National de Kahuzi-Biega); B : milieu dégradé, avec le marais de Lushala à Lwiro au premier plan à l'Est de la République Démocratique du Congo.

Méthode d'inventaire des amphibiens

L'échantillonnage qui a duré huit ans (2009-2016) a été mené par une équipe composée de trois à cinq investigateurs qui passaient une fois par an dans chaque station. Pour maximiser les chances de collecte, des inventaires minutieux diurnes et nocturnes ont été réalisés. Pendant la journée, les techniques de recherche ont consisté en une observation visuelle sur le terrain et à une fouille aléatoire des refuges. Pendant la nuit, les lampes torches éblouissent et aveuglent l'animal cible et facilitent ainsi sa capture à la main. Nous avons procédé à l'écoute des coassements des mâles car les appels sonores constituent un outil pour localiser et identifier les espèces. Les individus appartenant à la famille des Pipidae et d'autres familles très hydrophiles, ont été capturés au moyen d'un filet troubleau (Glyn *et al.*, 2002).

Les Anoures capturés sont photographiés vivants pour permettre l'identification au moyen des caractères morphologiques. L'identification des taxons a été possible grâce aux clés de détermination de Witte (1941), Laurent (1950 ; 1952 ; 1957), Schiøtz (1999)

et Frétey *et al.* (2012). La nomenclature taxonomique utilisée dans ce travail est celle adoptée par Frost (2019) tandis que la liste rouge de l'UICN (2019) a permis de déterminer le statut de conservation des espèces identifiées. Les spécimens de référence ont été euthanasiés avec une solution de chlorobutanol et conservés dans de l'éthanol à 70%. Les autres spécimens, identifiés, ont été relâchés dans leurs milieux de capture.

Analyse des données

L'indice de Jaccard J_i a été calculé pour évaluer la similarité entre les assemblages de différents milieux d'inventaire (Marcon, 2015). Plus cet indice est faible, moins la composition spécifique des communautés est semblable. Il se calcule par la formule suivante:

$$J_i = c/a+b-c$$

avec c : espèces communes aux deux milieux ; a : espèces observées dans le premier milieu et b : celles observées dans le deuxième. Cet indice varie de 0 à 1 et il y a similarité lors que $J_i > 0,5$.

Résultats

Composition spécifique des assemblages d'amphibiens

Au total, 48 espèces réparties en neuf familles d'amphibiens de l'ordre des Anoures ont été recensées dans l'aire située sur les rives occidentales du Lac Kivu. La famille des Hyperoliidae est la mieux représentée avec 16 espèces tandis que celle des Pyxicephalidae est la moins représentée avec

seulement deux espèces. Leur occurrence dans les deux milieux écologiques montre que 30 espèces (62,5%) vivent en milieux dégradés contre 23 espèces (47,9%) en forêt primaire. Cinq espèces (10,4%) sont communes aux deux habitats (Tableau 2). Il s'agit de *Afrivalus quadrivittatus*, *Amietia nutti*, *Hyperolius castaneus*, *Hyperolius rwandae* et *Xenopus wittei*. La figure 3 documente quelques espèces caractéristiques rencontrées dans la zone d'étude.

Tableau 2. Liste des espèces d'amphibiens et leur distribution dans différents types d'habitats ainsi que leur statut de conservation. FP = forêt primaire, TF = terre ferme, ZH = zone humide, MD = milieu dégradé, SC = Statut de conservation, LC = Préoccupation mineure, DD = Données déficientes, VU = Vulnérable, NT = Quasi menacée, NE = Non évaluée, 1 = présence, 0 = absence, UTO = Unité Taxonomique Opérationnelle d'après Zimkus *et al.* (2016).

Taxons	Habitats préservés			Habitats dégradés			SC
	FP	TF	ZH	MD	TF	ZH	
Arthroleptidae							
<i>Arthroleptis adolfriederici</i> Nieden, 1911	1	0	1	0	0	0	LC
<i>Arthroleptis pyrrhoscelis</i> Laurent, 1952	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Arthroleptis schubotzi</i> Nieden, 1911	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Arthroleptis variabilis</i> Matschie, 1893	1	0	1	0	0	0	LC
<i>Cardioglossa leucomystax</i> (Boulenger, 1903)	1	0	1	0	0	0	LC
<i>Leptopelis christyi</i> (Boulenger, 1912)	1	0	1	0	0	0	LC
<i>Leptopelis cynamomeus</i> (Bocage, 1893)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Leptopelis karissimbensis</i> Ahl, 1929	1	1	0	0	0	0	VU
<i>Leptopelis kivuensis</i> Ahl, 1929	1	1	0	0	0	0	LC
<i>Leptopelis millsoni</i> (Boulenger, 1895)	1	1	0	0	0	0	LC
Bufonidae							
<i>Sclerophrys gutturalis</i> (Power, 1927)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Sclerophrys kisoensis</i> (Loveridge, 1932)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Sclerophrys pusilla</i> (Mertens, 1937)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Sclerophrys regularis</i> (Reuss, 1833)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Sclerophrys</i> sp.	0	0	0	1	0	1	
Hyperoliidae							
<i>Afrivalus fulvovittatus</i> (Cope, 1861)	1	1	0	1	1	0	LC
<i>Afrivalus laevis</i> (Ahl, 1930)	1	1	0	0	0	0	LC
<i>Afrivalus quadrivittatus</i> (Werner, 1908)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Afrivalus</i> sp.	1	0	1	0	0	0	
<i>Hyperolius castaneus</i> Ahl, 1931	1	1	0	1	1	0	LC
<i>Hyperolius chrysogaster</i> Laurent, 1950	1	1	1	0	0	0	NT
<i>Hyperolius frontalis</i> Laurent, 1950	1	0	1	0	0	0	LC
<i>Hyperolius kivuensis</i> Ahl, 1931	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Hyperolius nasutus</i> Günther, 1865	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Hyperolius rwandae</i> Dehling <i>et al.</i> , 2013	1	1	0	1	1	0	LC
<i>Hyperolius viridiflavus</i> (Duméril & Bibron, 1841)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Hyperolius schoutedeni</i> Laurent, 1943	0	0	0	1	1	0	LC
<i>Hyperolius</i> sp.1	0	0	0	1	1	0	
<i>Hyperolius</i> sp.2	1	1	0	0	0	0	
<i>Kassina senegalensis</i> (Duméril & Bibron, 1841)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Phlyctimantis verrucosus</i> (Boulenger, 1912)	1	1	0	0	0	0	LC
Pipidae							
<i>Xenopus muelleri</i> (Peters, 1844)	0	0	0	1	1	0	LC
<i>Xenopus pygmaeus</i> Loumont, 1986	1	1	0	0	0	0	LC
<i>Xenopus petersii</i> Bocage, 1895	1	1	0	0	0	0	LC
<i>Xenopus poweri</i> Hewitt, 1927	1	1	0	0	0	0	NE
<i>Xenopus victorianus</i> Ahl, 1924	0	0	0	1	1	0	LC
<i>Xenopus wittei</i> Tinsley, Kobel, & Fischberg, 1979	1	1	0	1	1	0	LC
Phrynobatrachidae							
<i>Phrynobatrachus graueri</i> (Nieden, 1911)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Phrynobatrachus natalensis</i> (Smith, 1849)	0	0	0	1	1	0	LC

Tableau 2. Liste des espèces d'amphibiens et leur distribution dans différents types d'habitats ainsi que leur statut de conservation. (Suite)

<i>Phrynobatrachus</i> sp.	0	0	0	1	1	0	
Ptychadenidae							
<i>Ptychadena chrysogaster</i> Laurent, 1954	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Ptychadena nilotica</i> (Seetzen, 1855)	0	0	0	1	1	0	LC
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i> (Smith, 1849)	0	0	0	1	0	1	LC
<i>Ptychadena</i> OTU5	1	1	0	0	0	0	
<i>Ptychadena</i> OTU7	0	0	0	1	0	1	
<i>Ptychadena</i> OTU9	0	0	0	1	1	0	
Pyxicephalidae							
<i>Amietia chapini</i> (Noble, 1924)	1	1	0	0	0	0	LC
<i>Amietia nutti</i> (Boulenger, 1896)	1	1	0	1	1	0	LC
Nombre de captures	23	17	8	30	13	17	



Figure 3 : Quelques espèces d'amphibiens des rives occidentales du lac Kivu, Est de la République Démocratique du Congo. a: *Arthroleptis variabilis*; b: *Leptopelis cynamomeus*; c: *Leptopelis karissimbensis*; d: *Sclerophrys kisolensis*; e: *Hyperolius castaneus*; f: *Hyperolius chrysogaster*; g: *Hyperolius kivuensis*; h: *Hyperolius rwandae*; i: *Hyperolius viridiflavus*; j: *Kassina senegalensis*; k: *Ptychadena oxyrhynchus*; l: *Amietia nutti*.

Caractéristiques des assemblages d'amphibiens

La distribution des amphibiens suivant les habitats montre que 17 espèces (56,7%) des espèces des milieux dégradés, vivent en zones humides c'est-à-dire dans les marais, les mares et les cours d'eau contre seulement huit espèces (34,8%) en zones humides de forêt primaire. À l'inverse pour cette dernière, le plus grand nombre d'espèces soit 17 (73,9%), ont été capturées en dehors de tout point d'eau contre 13 espèces (43,3%) trouvées dans les champs cultivés et les jachères des milieux dégradés. L'indice de Jaccard ($J_i = 10,4\% < 50\%$) montre que les deux habitats, la forêt primaire et les milieux dégradés sont dissimilaires à 89,6% car ils ont une diversité commune faible. Ceci est dû au fait que

les conditions environnementales dont le couvert végétal de ces habitats, ne sont pas similaires.

Statut de conservation et endémisme

Parmi les 48 espèces recensées, une seule, *Leptopelis karissimbensis* vulnérable (VU), est inscrite sur la liste rouge de l'UICN comme menacée et une autre, *Hyperolius chrysogaster* est quasi menacée (NT). La grande majorité des espèces de l'aire d'étude (66,6%), appartient à la catégorie des espèces à préoccupation mineure pour la conservation (LC). Six espèces (soit 12,5%) que sont *Hyperolius castaneus*, *Hyperolius chrysogaster*, *Hyperolius frontalis*, *Leptopelis karissimbensis*, *Leptopelis kivuensis* et *Xenopus wittei* sont endémiques au Rift Albertin.

Discussion

Au total, 48 espèces d'amphibiens anoures ont été recensées sur les rives occidentales du lac Kivu. Cette richesse spécifique est de loin supérieure à celle obtenue par Pupin *et al.* (2012) dans le Parc National de la Forêt de Nyungwe. Ces auteurs ont collecté 20 espèces d'amphibiens dans la partie sud-est du lac Kivu située entre le Rwanda et le Burundi où ils n'ont pas investigué les milieux perturbés et dégradés. Parmi les 48 espèces échantillonnées dans notre aire d'étude, 30 taxons sont issus des milieux perturbés et dégradés tandis que 18 autres sont des habitats spécifiques à la forêt primaire. Le nombre d'espèces collectées est aussi supérieur à celui de Jackson et Blackburn (2010) qui ont identifié 12 espèces d'amphibiens dans les sites dégradés près de Pointe-Noire en République du Congo. Il s'avère que notre aire d'étude possède une diversité élevée d'amphibiens avec plus d'espèces savaniques que forestières.

Cette étude a identifié en commun avec Jackson et Blackburn (2010) des représentants des familles des Arthroleptidae, Bufonidae, Hyperoliidae, Phrynobatrachidae, Pipidae et Ptychadenidae. Ceci démontre qu'ils sont des amphibiens des milieux dégradés comme l'ont également observé Lamotte (1986) et Blackburn *et al.* (2010) pour les espèces du genre *Arthroleptis*. Ces espèces, terricoles, ont été capturées au cours de nos investigations dans les jachères, les reboisements et les champs de culture de manioc. Quant aux espèces du genre *Xenopus*, des grenouilles aquatiques, elles sont continuellement exposées à la pollution des mares et étangs des habitats dégradés. Ce qui pourrait occasionner à long terme le déclin de ces communautés d'amphibiens

(de Wijer *et al.*, 2003; Smalling *et al.*, 2013; Smalling *et al.*, 2015; Strong *et al.*, 2016). De nombreuses espèces de *Ptychadena* vivent aussi bien en forêt qu'en savane (Razzetti et Andekia, 2002). Par ailleurs, la capture de *Ptychadena oxyrhynchus* au niveau du terrain de football à Lwiro, loin de tout point d'eau s'avère un record pour la zone de Lwiro et ses environs où il s'agit de sa toute première capture. *Leptopelis cynnamomeus* exhibe un comportement terricole, en milieu dégradé. Ce même comportement a été observé dans le Parc national de l'Upemba en RDC. L'unique espèce inscrite comme menacée sur la liste rouge de l'UICN (2019) est *Leptopelis karissimbensis*, une espèce vulnérable (VU), vivant dans les forêts fragiles de haute altitude. Cette espèce mérite une attention particulière pour sa conservation (Marks *et al.*, 2006). L'importance de l'endémisme du Rift Albertin est justifiée dans le bassin occidental du Lac Kivu par six espèces qui correspondent à 13,3% des amphibiens endémiques au Rift Albertin tels que listés par Chifundera et Behangana (2013). L'indice de Jaccard ($J_i = 10,4\% < 50\%$) soutient la différence observée au niveau du couvert végétal des milieux échantillonnés ne présentant que cinq espèces communes. Il démontre une dissimilitude de 89,6% dans la composition spécifique des amphibiens qui dépend de la nature de l'habitat. Il est connu que certains amphibiens colonisent rapidement les zones récemment défrichées, à condition qu'ils y trouvent de l'humidité qui constitue un facteur écologique important pour la vie de beaucoup d'amphibiens. Ce phénomène de valence écologique élevée a été observée au Ghana, en Amérique latine et en Inde (Schiotz, 1999 ; Pawar *et al.*, 2004).

Les études portant sur les amphibiens n'ont jusque-là concerné que les aspects taxonomique et biogéographique. Il s'avère ainsi indispensable de mettre l'accent sur le volet de la conservation pour assurer la survie à long terme des espèces et leurs habitats. Dans le Rift Albertin, l'espèce *Hyperolius castaneus* a été proposée comme espèce emblématique et figure au nombre des espèces prioritaires pour la conservation (Roelke *et al.*, 2011 ; Sinsch *et al.*, 2011). Les menaces qui pèsent sur les espèces et leurs habitats sont surtout liées aux activités agropastorales qui utilisent les engrais chimiques et les pesticides en agriculture (Zhuravleva *et al.*, 2013 ; Ponce-Reyes *et al.*, 2017).

Conclusion

Cette étude a permis de connaître la composition spécifique du peuplement d'amphibiens des rives occidentales du Lac Kivu. Au total 48 espèces ont été recensées. Une espèce *Ptychadena oxyrhynchus* a été capturée pour la première fois à Lwiro et ses environs. Cinq espèces tolérantes que sont *Afrixalus fulvovittatus*, *Amietia nutti*, *Hyperolius rwandae*, *Hyperolius castaneus* et *Xenopus wittei* se trouvent aussi bien en milieu dégradé que

De par leur faible mobilité, leur sédentarisation dans des biotopes spécifiques, leur cycle de vie et leur grande sensibilité aux perturbations affectant les habitats aquatiques et terrestres, les amphibiens constituent une bonne catégorie de bio-indicateurs de la qualité des habitats terrestres et aquatiques (El Hamoumi et Himmi, 2010). *Hyperolius kivuensis*, *Hyperolius viridiflavus*, *Sclerophrys kisoensis*, *Phrynobatrachus natalensis*, *Ptychadena nilotica* et *Xenopus poweri* sont caractéristiques des zones humides dégradées, alors que *Arthroleptis schubotzi*, *Arthroleptis pyrrhoscelis* sont typiques des milieux dégradés terrestres. Toutes ces espèces peuvent être qualifiées de bio-indicatrices.

forestier et huit autres espèces sont indicatrices des changements environnementaux. Des efforts de conservation doivent être intensifiés pour stopper ou réduire la destruction des habitats naturels encore existants et procéder au reboisement des zones dégradées. Il est souhaitable que des travaux à venir soient consacrés à la bio-écologie des espèces, à l'évaluation de l'impact des pesticides et les causes des fluctuations des populations d'amphibiens dans le temps et dans l'espace.

Remerciements

Nous remercions sincèrement le collègue, Théophile Tambala pour la réalisation de la carte des stations de récoltes et d'observations des amphibiens. Notre gratitude s'adresse également à nos agents techniques Bahati Mulengezi, Kabumba Rutebuka, Luhumyo Mutwa, Mastaki Muniga

et Muzusa Nyamusenge qui ont été fortement sollicités au cours des travaux de terrains pour la récolte des données du présent travail. Nous remercions également les référés qui ont consacré leur temps à lire et corriger cet article en vue de son amélioration.

Références Bibliographiques

Blackburn DC, Gvoždík V, Leache AD. 2010. A new squeaker frog (Arthroleptidae: *Arthroleptis*) from the mountains of Cameroon and Nigeria. *Herpetologica*, 66(3) : 335–348.

Bultot F. 1950. Carte des régions climatiques du Congo Belge, établie d'après les critères de Köppen. INEAC. *Bureau of Climatology*, Communication n°2.

Channing A. 2001. Amphibians of central and

southern Africa. Cornell University press, Ithaca, New York, 470 p.

Chifundera K. 1988. Le régime alimentaire du Lézard tropical africain *Agama cyanogaster* Rüppell, 1835 dans la région de Lwiro, Est du Zaïre. *African Study Monographs*, 8(3): 165-172.

Chifundera K, Behangana M. 2013. Status of amphibians and reptiles in the Albertine Rift and

- priorities for conservation. In: Kanyamibwa S (Eds.). Albertine rift conservation status report. *Albertine Rift Conservation Series No 1*. ARCOS Network. 1: 46-49.
- de Wijer P, Watt PJ, Oldham RS. 2003.** Amphibian decline and aquatic pollution: effects of nitrogenous fertiliser on survival and development of larvae of the frog *Rana temporaria*. *Applied Herpetology*, 1(1-2): 3-12.
- de Witte GF. 1941.** Exploration du Parc National Albert. Mission GF. de Witte (1933-1935) Fascicule 33. Batraciens et reptiles. Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, Bruxelles, Belgique, 261p.
- Dodd KJR. 2010.** Amphibian ecology and conservation. A Handbook of techniques. Techniques in ecology and conservation series. Oxford University Press, 556p.
- El Hamoumi R, Himmi O. 2010.** Distribution et état des lieux des peuplements d'Amphibiens dans le complexe de zones humides du bas Loukkos (Larache, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 32 (2): 95-100.
- Erdős L, Batori Z, Penksza K, Tölgyesi C. 2017.** Can naturalness indicator values reveal habitat degradation? A test of four methodological approaches. *Polish Journal of Ecology*, 65(1): 1-13.
- Frétey T, Dewynter M, Blanc CP. 2012.** Amphibiens d'Afrique centrale et d'Angola. Clé de détermination illustrée des amphibiens du Gabon et du Mbini. *Herpetological Review*, 43(4): 666-667.
- Frost DR. 2019.** Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (accessed on 14 August 2019). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Glyn D, Léon B, Kim H, Helen N, Matthew L, John C. 2002.** African forest biodiversity: A field survey manual for vertebrates. Earthwatch Europe, Cambridge, 161p.
- Gonwouo LN, Rödel MO. 2008.** The importance of frogs to the livelihood of the Bakossi people around Mount Manengouba, Cameroon, with special consideration of the hairy frog, *Trichobatrachus robustus*. *Salamandra*, 44: 23-34.
- Jackson K, Blackburn DC. 2010.** A survey of amphibians and reptiles at degraded sites near Pointe-Noire, Kouilou Province, Republic of Congo. *Herpetological Conservation and biology*, 5(3): 414-429.
- Kabonyi NC. 2016.** Atlas pollinique des régions montagneuses bordières du Lac Kivu. *GÉO-ÉCO-TROP.*, 40(1): 1-74.
- Kovar P. 2012.** Application de la mesure de similarité de la végétation pour évaluer le caractère naturel de l'habitat: une description de la genèse des peuplements en tant que qualificatif de gestion. *Journal du Chapitre National Tchèque de l'Association pour l'Écologie du Paysage (CZ-IALE)*. Doi: <https://doi.org/10.2478/v10285-012-0048-6>.
- Lamotte M. 1986.** Radiations adaptatives chez les amphibiens anoures actuels. *Bolletine Zoologia*, 53: 315-332.
- Laurent RF. 1950.** *Afrixalus* et *Hyperolius* (Amphibia, Salientia). Exploration du Parc National Albert. Mission GF de Witte (1933-1935). Fascicule 64, Bruxelles, Belgique, 120p.
- Laurent RF. 1952.** Reptiles et batraciens nouveaux de la région des Grands Lacs africains. *Revue de Zoologie et Botanique Africaines*, 46: 127-139.
- Laurent RF. 1957.** Remarques sur les affinités faunistiques de la plaine de la Ruzizi et des rives du Lac Kivu. *Folia Scientififica Africae Entralis*, 3(1): 2-5.
- Mafutala M, Kubisimwa M, Kajjvunira M. 2015.** Tarnissement des eaux thermales et travertins de Katana suite aux activités sismiques, une disparition de la thérapeutique dans le Sud Kivu. *Recherches Africaines*, n° spécial 13: 38-48.
- Marcon E. 2015.** Mesures de la Biodiversité. Ecologie des Forêts de Guyane, 178p.
- Marks R, Pauline R, Rewa C, Anderson-Cruz J, Weir L, Herrington B, Jenkins C, Peterson C, Randy Babb R. 2006.** Amphibians and reptiles. Natural resources conservation service. *Fish and Wildlife Habitat Management Leaflet*, N° 35, 8p.
- Mohneke M, Onadeko AB, Rödel MO. 2009.** Exploitation of Frogs - a review with a focus on West Africa. *Salamandra*, 45:193-202.
- Mwanga Mwanga I, Imani M, Wabika D, Mushagalusa K, 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 RD Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5): 2092-2105.
- Nsimba L, Wafula DM, Byamungu MD, Maki M, Tambala B, Fiama B, Jeje M, Bagalwa M, Maombi K, Materanya C, Mugemangangu Z. 2015.** Analyse minutieuse de l'évolution des températures de l'air dans la région de Lwiro et ses environs. *Cahier du CERUKI*, Numéro Spécial: 150-155.

- Ntumba K. 1990.** État actuel de l'élevage dans la localité de Kahungu au Bushi, Kivu, Est du Zaïre. *Revue des Sciences Naturelles*, 1: 40-49.
- Pawar SS, Rawat GS, Choudhury BC. 2004.** Recovery of frog and lizard communities following primary habitat alteration in Mizoram, Northeast India. *BMC Ecology*, 4: 10.
- Plumptre AJ, Davenport T, Behangana M, Kityo R, Eilu G, Ssegawa P, Ewango C, Meirte D, Kahindo C, HerremansDM, Peterhans JK, Pilgrim J, Wilson M, Languy M, Moyer D. 2007.** The biodiversity of the Albertine Rift. *Biological Conservation*, 134: 178-194.
- Ponce-Reyes R, Plumptre AJ, Segan D, Ayebare S, Fuller RA, Possingham HP, Watson JEM. 2017.** Forecasting ecosystem responses to climate change across Africa. *Biological Conservation*, 209:464-472.
- Pupin F, Hügli D, Loader S, Sekisambu R, Menegon M. 2012.** Baseline for Amphibian monitoring in some Albertine Rift sites. Unpublished Report. 66 p. <https://albertinerift.wcs.org/> (21 juin 2019).
- Razzetti E, Andekia MC. 2002.** Field guide to the amphibians and reptiles of Arusha National Park (Tanzania). Pubblinova Edizioni Negri and Istituto. Oikos, Varese, Italy, 83p.
- Roelke C, Greenbaum E, Chifundera K, Mwenebatu M, Anderic S. 2011.** Systematics and conservation status of two distinct Albertine Rift treefrogs, *Leptopelis karissimbensis* and *Leptopelis kivuensis* (Anura: Arthroleptidae). *Journal of Herpetology*, 45(3): 343-351.
- Schiøtz A. 1999.** Treefrogs of Africa. Chimaira, Frankfurt am Man, 350p.
- Sinsch U, Greenbaum E, Kusamba C, Lehr E. 2011.** Rapid assessment of montane anuran communities in the Albertine Rift: *Hyperolius castaneus* Ahl, 1931 as a focal species for conservation. *African Zoology*, 46: 320-333.
- Smalling KL, Fellers GM, Kleeman PM, Kuivila KM. 2013.** Accumulation of pesticides in pacific chorus frogs (*Pseudacris regilla*) from California's Sierra Nevada Mountains, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32: 2026-2034.
- Smalling KL, Reeves R, Muths E, Vandever M, Battaglin WA, Hladik ML, Pierce CL. 2015.** Pesticide concentrations in frog tissue and wetland habitats in a landscape dominated by agriculture. *Science of The Total Environment*, 502: 80-90.
- Strong RJ, Halsall CJ, Ferencík M, Jones KC, Shore RF, Martin FL. 2016.** Biospectroscopy reveals the effect of varying water quality on tadpole tissues of the common frog (*Rana temporaria*). *Environmental Pollution*, 213: 322-337.
- IUCN 2019.** The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2019-1. <https://www.iucnredlist.org/search?query>, consulté le 26/05/2019.
- Zhuravleva I, Turubanova S, Potapov P, Hansen M, Tyukavina A, Minnemeyer S, Laporte N, Goetz S, Verbelen F, Thies C. 2013.** Satellite-based primary forest degradation assessment in the Democratic Republic of the Congo 2000-2010. *Environmental Research Letters*. Doi: <http://iopscience.iop.org/1748-9326/8/2/024034>.
- Zimkus BM, Lawson LP, Barej M, Barratt CD, Channing A, Dash KM, Dehling JM, Du Preez L, Gehring PS, Greenbaum E, Gvozdik V, Harvey J, Kielgast J, Chifundera K, Nagy TZ, Pabijan M, Penner J, Rödel MO, Vences M, Lötters S. 2016.** Leap frogging into new territory: how Mascarene ridged frogs diversified across Africa and Madagascar to maintain their ecological niche. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 106: 254-269.

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.

SOUMISSION 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

MAKOUANZI EKOMONO CG, MAYINGUINDI UC, LOUBASSOU V

Expression différentielle de la valeur génétique de la croissance de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* sous contrainte nutritionnelle.....**1**

KPANGUI KB, SANGNE YC, VROH BTA, ASSI YJ †

État de la diversité floristique et valeur de conservation des fragments forestiers résiduels du domaine de la société des caoutchoucs de Grand Béréby (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire).....**9**

KOUAKOU K, YAPO BO, MEITÉ L, GNAGNE YA

Caractérisation du méthylparabène et du triclosan dans les eaux usées du canal d'Anoumabo (Côte d'Ivoire).....**23**

LOZO RN, BERTE S, OUATTARA NI, OUATTARA A, KOUAMELAN EP

Variation spatio-saisonnière des paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire).....**34**

AMANI KDS, AKE-ASSI E, YAO K

Étude ethnobotanique des plantes à potentialité décorative des formations naturelles utilisées en médecine traditionnelle au Nord de la Côte d'Ivoire.....**44**

KASEREKA L, CHIFUNDERA KZ

Occurrence des amphibiens en forêt primaire et milieux dégradés des rives occidentales du lac Kivu, Est de la République Démocratique du Congo.....**67**