

REB PASRES

Revue de l'Environnement et de la Biodiversité - PASRES

N°
03



SEPTEMBRE-DÉCEMBRE 2018

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	Dr 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 PARES, Secrétaire de séance

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 OUATTARA Allassane, UNA Dr KADJO Blaise, UFHB Dr KASSI N'Dja Justin, UFHB Dr KONÉ Inza, UFHB Dr TIÉBRÉ Marie Solange, UFHB
DIRECTEUR DE PUBLICATION / EDITORIAL DIRECTOR	Pr ADOHI-KROU Viviane Présidente du Conseil Scientifique du PARES

COMITÉ DE LECTURE / PEER REVIEWERS

Pr ADOU YAO Constant Yves, UFHB	Côte d'Ivoire
Pr AKOÉGNINO 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

yayasangci@yahoo.fr

ÉDITORIAL

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

Cela témoigne de la volonté du PASRES de s'intégrer dans la chaîne de diffusion et de valorisation des savoirs et des résultats de la Recherche. Après les COPs 21 et 22, 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 (COPs) 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

KASEREKA L, KASEREKA V, CHIFUNDERA KZ

Amphibiens du bassin versant de la rivière Ruki en forêt équatoriale de la République Démocratique du Congo.....1

YEO K, ALIKO YJ, OUALI N'GORAN S-WM

Dégâts et facteurs d'influence des infestations de *Apate terebrans* (Coleoptera, Bostrichidae, Pallas, 1772), ravageur de l'anacardier en Côte d'Ivoire : cas des localités de Bondoukou et de Bouna.....11

NEHI B, N'GUESSAN F, KOLI BI Z

Impact de l'exploitation minière sur la cacaoculture a Oumé, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.....22

N'GANZOUA KR, BAKAYOKO S, BRAHIMA K, YAO-KOUAME A

Effets de la fertilisation minérale sur l'architecture racinaire du riz pluvial sous régime pluviométrique bimodal en zone de savane guinéenne de la Côte d'Ivoire.....36

DELEWRON GR, N'GUESSAN KF, N'GUESSAN KÉ

Diversité structurale des peuplements ligneux des cacaoyères de la région de Grand-Zattry (Côte d'Ivoire).....51

TIÉBRÉ MS, PAGNY FPJ, KOUADIO YJC, GOULI GNANAZAN ZR

Étude de la perception de *Lantana camara* L.(Verbenaceae), une espèce végétale exotique envahissante, par les populations riveraines des cocoteraies du Sud-Est de la Côte d'Ivoire....68

AMPHIBIENS DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE RUKI EN FORÊT ÉQUATORIALE DE LA RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

KASEREKA L^{1*}, KASEREKA V², CHIFUNDERA KZ^{1,3}

RÉSUMÉ

Une enquête herpétologique a été effectuée dans le bassin versant de la rivière Ruki, située dans la cuvette centrale du Congo, entre avril et juin 2016, afin d'avoir des connaissances sur sa composition spécifique. En utilisant la méthode de balayage du site pendant la nuit, des amphibiens ont été repérés par une lampe frontale et capturés à main libre. Au total, 55 spécimens d'amphibiens ont été collectés et se répartissent entre 13 espèces identifiées par leurs caractéristiques morphologiques. Il s'agit notamment de *Hyperolius robustus* et *Afrixalus equatorialis*, deux espèces endémiques à la République Démocratique du Congo, ainsi que *Leptopelis brevirostris*, observée pour la première fois dans la cuvette centrale, alors qu'elle est bien connue dans les pays du bassin du Congo, situés à l'ouest du fleuve Congo. Ces observations montrent que le cœur du bassin du Congo regorge encore de nombreuses espèces d'amphibiens inconnues qui nécessitent des recherches approfondies en vue d'améliorer les connaissances sur leur diversité et leur distribution géographique.

Mots clés : Amphibien, Composition spécifique, Distribution, Salonga, Bassin du Congo

AMPHIBIANS FROM THE RUKI RIVER CATCHMENT IN THE EQUATORIAL FOREST OF THE DEMOCRATIC REPUBLIC OF THE CONGO

ABSTRACT

An herpetological survey was carried out in the Ruki river watershed, located in the central basin of Congo, between April and June 2016 in order to gain knowledge of its specific composition. Using the site scanning method during the nighttime, amphibian individuals were spotted by a head lamp and captured by free hand. A total of fifty five amphibians specimens have been collected and are distributed among thirteen species identified by using morphological features, including *Hyperolius robustus* and *Afrixalus equatorialis* two species endemic to the country, as well as *Leptopelis brevirostris*, observed for the first time in the Democratic Republic of Congo, while it is well known in the Congo basin countries, located to the west of the Congo River. These observations show that the heart of the Congo basin still has a lot of unknown amphibian species that require in-deepen research to improve knowledge of their diversity and geographical distribution.

Key words : Amphibian, Specific composition, Distribution, Salonga, Congo basin

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

²Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Officielle de Ruwenzori, B.P. 560 Butembo, Nord-Kivu, RD Congo

³Département de Biologie et Gestion des Ressources Animales, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Binza, Kinshasa, RD Congo

*Auteur de correspondance : klulengo@gmail.com

Introduction

La République Démocratique du Congo (RD Congo) est classée cinquième au monde du point de vue diversité animale et végétale (Debroux *et al.*, 2007). Un aperçu général sur la biodiversité de la Cuvette centrale du Bassin du Congo n'existe pas à ce jour. Cependant, des listes d'espèces existent pour les mammifères (Maisels et Gautier-Hion, 1994 ; Inogwabini, 2006), les poissons (Inogwabini, 2005 ; Schelly et Monsembula, 2006) et les oiseaux (Cruickshank et Gautier, 1992 ; Maisels *et al.*, 2007 ; BirdLife International, 2007). Quant à l'herpétofaune (reptiles et amphibiens) de cette écorégion, elle reste la moins connue de la planète (Kielgast et Lötters, 2011) et la moins explorée de l'Afrique Centrale (Jacques *et al.*, 2010 ; Nagy *et al.*, 2013). Les parties du bassin du Congo où les amphibiens sont les mieux connus sont celles situées en

République Populaire du Congo, République Centrafricaine, Cameroun, Gabon et Guinée-Bissau (Lötters *et al.*, 2005 ; Jackson et Blackburn, 2010 ; Amiet, 2012 ; Frétey *et al.*, 2012 ; Kielgast et Lötters, 2015 ; Dewynter et Frétey, 2019). Dans la forêt du centre-ouest de la RD Congo, les études sur les amphibiens demeurent encore éparées parmi lesquelles celles de Laurent (1979) dans le Sankuru, de Chifundera *et al.* (2014) dans le secteur sud du Parc national de Salonga (PNS) et, vers le sud, dans le paysage des lacs Tumba et Mai-Ndombe (Chifundera, 2009a). Les données dont on dispose sont très incomplètes et largement insuffisantes pour donner une idée de la diversité herpétologique sur cette partie de la RD Congo. Cette étude a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance de la diversité des amphibiens du bassin versant de la rivière Ruki.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

Le site d'étude se situe entre les paysages du Lac Télé-Lac Tumba, Maringa-Lopori-Wamba et Salonga-Lukenie-Sankuru, depuis la ville de Mbandaka jusqu'à la localité d'Isanga (Figure 1). Il s'agit des stations de Mbandaka (00°03.788' N, 18°16.234' E) et Ingende (00°18.691' S, 18°56.176' E) situées sur la rive gauche de la rivière Ruki qui sont des centres urbains, anthropisés; Bondama (00°15.400' S, 19°48.209' E) sur la rive droite de la rivière Busira et Isaka (00°27.573' S, 20°12.504' E), Watshikengo (00°54.638' S, 20°37.261' E), Ghologholo (01°11.121' S, 21°54.542' E) et Isanga (01°15.399' S, 21°23.768' E) sur la rive droite de la rivière Salonga, localisées en pleine forêt équatoriale (Figure 2) où l'impact de l'activité humaine est très faible. Il faut signaler que Ghologholo est une clairière ouverte pour installer un nouveau village de pêcheurs. Il se trouve au centre-ouest de la Cuvette centrale dans

la forêt équatoriale où l'altitude varie entre 305 m à Mbandaka et 392 m à Ingende, Chef-lieu du Territoire du même nom. La rivière Ruki, affluent de la rive gauche du fleuve Congo, est formée par la réunion de la rivière Momboyo avec ses affluents Loile, Luilaka et Lokoro II et la rivière Busira avec ses affluents Tshuapa, Lomela et Salonga. On y trouve aussi de nombreux marécages et marigots forestiers.

Le climat est équatorial sans saisons distinctes caractérisé par des températures annuelles élevées (30°C) et des fortes pluies atteignant 2500 mm/an (Chifundera *et al.*, 2014). L'humidité relative atteint 87 % (Mwanga *et al.*, 2014).

Le sol est sablo-limoneux. La végétation est la forêt ombrophile sempervirente humide (Figure 2) correspondant au Territoire Phytogéographique dénommé « forestier central » (Chifundera *et al.*, 2014).

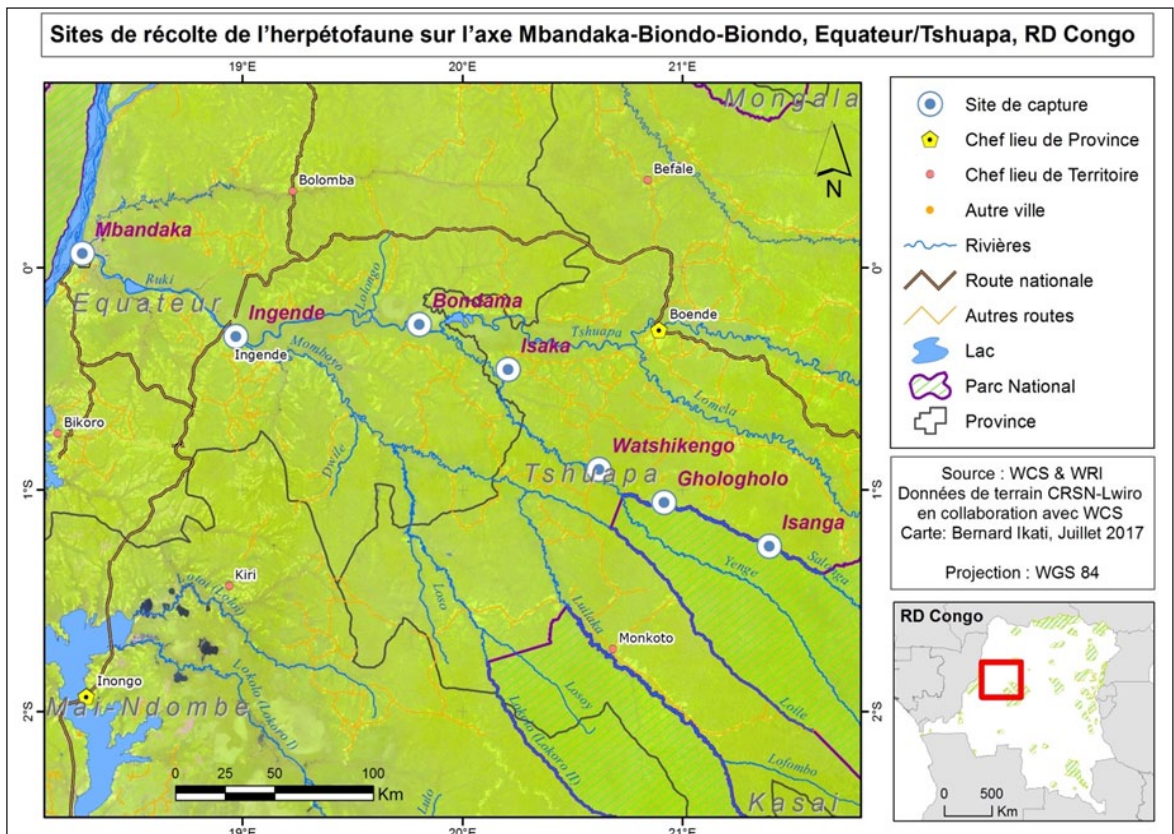


Figure 1 : Carte du site d'étude des amphibiens dans le bassin versant de la rivière Ruki



Figure 2 : Forêt équatoriale le long de la rivière Salonga : (a) village des pêcheurs, (b) forêt encore vierge.

Collecte des données

Les techniques de collecte des données se sont limitées à l'observation à vue (Blanc et Frétey, 2004), le soir entre 18h30 et 20h30, à l'aide des lampes frontales pour débusquer les amphibiens et les capturer à la main. Les stations de capture ont été géoréférencées au GPS Garmin eTrex Summit. Les travaux de terrain ont été effectués pendant la période d'étiage en avril 2016 (partie ascendante de la rivière) et en juin 2016 (partie descendante de la rivière). Les spécimens capturés sont photographiés puis euthanasiés avant de prélever un petit morceau de muscle sur la cuisse (Leary *et al.*, 2013). Cette biopsie est conservée dans un tube de 2 mL dans de l'éthanol à 95 % afin d'effectuer des analyses moléculaires pour l'identification de l'espèce. Ces échantillons de muscles ont ensuite été envoyés au South African National Biodiversity Institute (SANBI), en Afrique du Sud pour des analyses moléculaires. Les spécimens, identifiés sur base des caractères morphologiques selon Chifundera (2009b), Schiøtz (1999) et Frost (2018), sont conservés dans du formol à 10 %, au Laboratoire d'Herpétologie au Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (RD Congo) comme collections muséologiques pour d'autres études biologiques ultérieures. Le statut de conservation des espèces a été établi conformément à la liste rouge de l'UICN (2018).

Résultats

Diversité des amphibiens

L'inventaire a permis de collecter 55 individus d'amphibiens représentant 13 espèces regroupées en huit genres et en sept familles appartenant tous à l'ordre des Anoures (Tableau 1). La famille des Hyperoliidae est la plus diversifiée avec deux genres et cinq espèces.

Famille des *Arthroleptidae*

Leptopelis cf. boulengeri Werner, 1898

Espèce également répandue dans le site, perceptible par le chorus des mâles dans les

Analyse des données

Nous avons calculé la dominance (C) qui est l'influence exercée par une espèce dans une communauté déterminée. Elle s'exprime par le rapport du nombre (p_i) de relevés contenant l'espèce i sur le nombre total de relevés (p) exprimé en pourcentage :

$$C(\%) = \frac{p_i}{p} * 100$$

Si $C = 100\%$ l'espèce est omniprésente, si $C > 75\%$ l'espèce est constante, si $50 < C < 75$ l'espèce est régulière, si $25 < C < 50$ l'espèce accessoire, si $5 < C < 25$ l'espèce est accidentelle et si $C < 5\%$ l'espèce est très accidentelle (Triplet, 2015).

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') exprime l'importance relative du nombre des espèces abondantes dans un milieu donné. Calculé par le logiciel PAST, sa valeur varie de 0 à $\ln S$ ($\ln S = 2,56$ avec $\ln =$ logarithme népérien, S nombre d'espèces = 13). Elle tend vers 0 quand le nombre d'espèces est faible et qu'une ou quelques espèces dominent, et elle est d'autant plus grande que le nombre d'espèces est élevé et l'abondance est répartie équitablement (Triplet, 2015).

L'indice de Jaccard (J) a permis d'évaluer la similarité entre les stations de capture. Il est représenté sur le dendrogramme d'affinité construit par le logiciel PAST.

buissons le soir. Elle est identifiable par la face dorsale brune, une barre entre les yeux, un dessin dorsal, la région entre l'œil et la narine et quatre zébrures sur le tibia de teinte verte ou sombre ; la palmure postérieure peu développée. Trois individus ont été capturés.

Leptopelis brevirostris Werner, 1898

Il a été capturé en un seul exemplaire, de taille considérable, sur le tronc d'un arbuste à plus de 1 m du sol. Elle est d'un corps ramassé, un museau court et anguleux et la région cloacale porte une ligne blanche qui apparaît sur les talons. Le tympan est géant, placé obliquement et visible par le dessus.

Famille des Bufonidae

Sclerophrys gracilipes Boulenger, 1899.

Cet unique exemplaire était ramassé aux voisinages de la rivière Salonga dans une clairière. La face dorsale est uniformément sombre ou noire avec des verrues dont les latérales sont plus grandes que les dorsales, des glandes parotéodales courtes bien distantes des yeux, une face ventrale granuleuse.

Famille des Dicroglossidae

Hoplobatrachus occipitalis Günther, 1858.

Beaucoup d'individus de cette espèce ont été capturés dans la ville de Mbandaka dans les eaux usées des caniveaux au bord de la route. Cette espèce est caractérisée par une pupille quadratique (en losange), une palmure des pieds très étendue, la présence de tubercules alignés sur le dos, une livrée dorsale à dominance verte et parsemé de taches sombres sur le corps. Un fin pli cutané reliant la base des membres antérieurs passant au-dessus du tympan et derrière les yeux, des membres postérieurs courts et robustes. Trois individus ont été capturés.

Famille des Hyperoliidae

Afrixalus quadrivittatus Werner, 1907.

Cette espèce a été plusieurs fois collectée au crépuscule à Mbandaka sur les herbes surtout dans les endroits marécageux. Elle est de petite taille caractérisée par trois bandes blanches qui convergent au-dessus du museau. Le reste du corps, brun, est ponctuée de blanc. Sept individus ont été capturés.

Afrixalus equatorialis Laurent, 1941.

Cette espèce est remarquable par une tache sombre sur le dos au fond brun. Sept individus ont été capturés.

Hyperolius sp.

Cette espèce a été capturée en un seul exemplaire dans la forêt primaire.

Hyperolius tuberculatus Mocquard, 1897

Cette espèce est bien connue de la forêt de basse altitude de la RD Congo. Quatre individus capturés.

Tableau 1: Diversité et effectifs des amphibiens capturés dans les sept sites d'étude.

M: Mbandaka, In : Ingende, B : Bondama, Is : Isaka, W : Watshikengo, G : Ghologholo, Iga : Isanga, (ni) par espèces et par station de capture.

Familles	Espèces	Stations de capture des amphibiens						ni	C (%)	
		M	In	B	Is	W	G			Iga
Hyperoliidae	<i>Afrixalus quadrivittatus</i> (Werner, 1907)	7	0	0	0	0	0	0	7	14,2
	<i>Afrixalus equatorialis</i> (Laurent, 1941)	0	0	0	2	4	0	1	7	42,8
	<i>Hyperolius</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	1	14,2
	<i>Hyperolius tuberculatus</i> (Mocquard, 1897)	0	0	0	2	2	0	0	4	28,5
	<i>Hyperolius robustus</i> Laurent, 1979	0	0	0	1	1	0	0	2	28,5
Ptychadenidae	<i>Ptychadena</i> spp. (Werner, 1898)	6	7	1	0	1	3	0	18	71,4
Ranidae	<i>Amnirana albolabris</i> (Hallowell, 1856)	0	0	2	1	2	0	0	5	42,8
Dicroglossidae	<i>Hoplobatrachus occipitalis</i> (Günther, 1858)	3	0	0	0	0	0	0	3	14,2
Arthroleptidae	<i>Leptopelis</i> cf. <i>boulengeri</i> Werner, 1898	0	0	1	0	1	0	1	3	42,8
	<i>Leptopelis brevirostris</i> (Werner, 1898)	0	0	0	0	1	0	0	1	14,2
Phrynobatrachidae	<i>Phrynobatrachus auritus</i> Boulenger, 1900	0	0	1	0	1	0	0	2	28,5
	<i>Phrynobatrachus</i> cf. <i>natalensis</i> (Smith, 1849)	0	0	0	0	1	0	0	1	14,2
Bufonidae	<i>Sclerophrys gracilipes</i> (Boulenger, 1899)	0	0	0	0	0	1	0	1	14,2
Diversité										
	Nombre de captures	16	7	6	6	14	4	2	55	
	Nombre d'espèces	3	1	5	4	9	2	2	3	
	Indice de diversité de Shannon-Wiever (H')	1,043	0	1,561	1,33	2,045	0,562	0,693	1,043	

Hyperolius robustus Laurent, 1979

Cette espèce est présente et répandue dans la forêt perchée à plus 2 m du sol. La face dorsale est orange à rougeâtre ou brune. Certains spécimens ont le dos parsemé de points foncés. Elle possède un sac vocal jaune et les disques adhésifs rouges ou jaunes. Deux individus ont été capturés.

*Famille des Phrynobatrachidae**Phrynobatrachus auritus* Boulenger, 1900

Cette grenouille est reconnaissable par deux fins cordons glandulaires, symétriques, en forme de parenthèses des yeux à la région scapulaire, des membres postérieurs très allongés avec une palmure très développée, un tympan indistinct sous un pli supratympanique fin rectiligne et oblique s'étendant de l'œil jusqu'à l'insertion des membres antérieurs. Deux individus ont été capturés.

Phrynobatrachus cf. natalensis Smith, 1849.

Cette espèce a également été trouvée en un seul exemplaire. Ce petit individu présentait une palmure des pieds peu développée, la présence de deux tubercules métatarsiens et d'un tubercule tarsien, le tympan visible et la face dorsale très granuleuse.

*Famille des Ptychadenidae**Ptychadena* spp.

Ces grenouilles sont très fréquentes dans cette région à proximité des cours d'eaux cachées sous la végétation et dans des endroits marécageux ouverts. Seuls les résultats des analyses génétiques permettront d'obtenir une identification fiable des espèces en présence. Elles portent quatre paires de plis dorsaux : les plis externes sont interrompus et le pli médian naît entre les yeux, une bande noire de l'œil au museau, le ventre est blanc, il n'y a pas de ligne claire sur le tibia mais il porte de zébrures (sept à neuf) sur la face interne. Certains individus ont une bande vertébrale, d'autres n'en ont pas. Dix-huit individus ont été capturés.

*Famille des Ranidae**Amnirana albolabris* Hallowell, 1857.

Cette grenouille est aussi bien représentée dans la forêt de ce bassin versant. Elle porte deux plis dorso-latéraux qui vont des yeux à la base des membres postérieurs, passant au-dessus du tympan. Les doigts et les orteils bien développés terminent par des disques adhésifs, plus gros dans premier cas. Cinq individus ont été capturés.

Préférence d'habitat

Les espèces *Ptychadena* spp. sont plus répandues que toutes les autres espèces car elles ont été collectées dans 71,4% des localités visitées. La comparaison de la diversité des sept stations étudiées indique que Watshikengo est le site le plus diversifié (14 individus, 9 espèces et $H'=2,045$) et Ingende est la moins diversifiée (7 individus, une seule espèce et $H'=0$) (Tableau 1 et Figure 3). L'occurrence des espèces scinde les stations en deux groupes suivant leur état de conservation. Mbandaka, Ingende et Ghologholo représentent le premier alors que le second groupe est constitué des stations de Bondama, Isaka et Watshikengo (Figure 3). Le premier groupe constitué surtout de centres urbains, anthropisés abritant des espèces savaniques comme *Afrivalus quadrivittatus*, *Hoplobatrachus occipitalis* et *Ptychadena* spp., ces dernières vivant dans les clairières forestières. L'unique spécimen de *Phrynobatrachus cf. natalensis* fréquent en savanes et en milieux dégradés a été capturé dans la station forestière de Watshikengo.

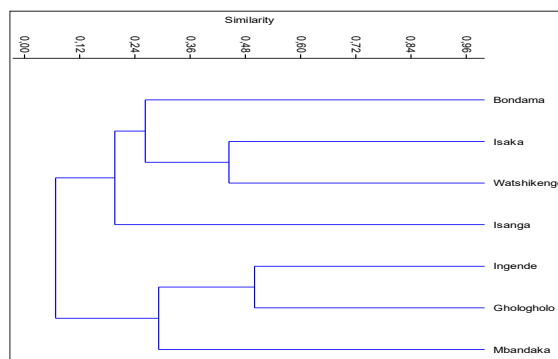


Figure 3 : Dendrogramme de similarité des stations de



Figure 4 : Espèces d'amphibiens collectés dans le bassin versant de la rivière Ruki : (a) et (b) *Leptopelis cf. boulengeri*, (c) et (d) *Leptopelis brevirostris*, (e) *Sclerophrys gracilipes*, (f) *Hoplobatrachus occipitalis*, (g) *Afrixalus quadrivittatus*, (h) *Afrixalus equatorialis*, (i) *Hyperolius sp.*, (j) et (k) *Hyperolius robustus*, (l) *Hyperolius tuberculatus*, (m) *Phrynobatrachus auritus*, (n) *Ptychadena sp.* et (o) *Amnirana albolabris*.

capture des amphibiens.

Les espèces récoltées dans les stations en forêt sont *Afrixalus equatorialis*, *Hyperolius* sp., *Hyperolius tuberculatus*, *Hyperolius robustus*, *Amnirana albolabris*, *Leptopelis* cf. *boulengeri*, *Leptopelis brevirostris*,

Phrynobatrachus auritus et *Sclerophrys gracilipes*. *Hyperolius robustus*. Parmi les espèces identifiées (Figure 4), aucune n'est menacée selon la liste rouge de l'IUCN. Elles appartiennent toutes à la catégorie d'espèces à préoccupation mineure, excepté *Hyperolius robustus* classée dans la catégorie

d'espèces à données insuffisantes.

Discussion et conclusion

Cet inventaire préliminaire nous a permis d'identifier 13 espèces à partir des 55 spécimens capturés dans le bassin versant de la rivière Ruki. Parmi ces espèces, aucune n'est menacée (IUCN, 2018). Il en est de même pour leur habitat, la forêt tropicale humide du Bassin du Congo qui est encore plus ou moins intacte tenant compte du taux annuel de déforestation qui est de 0,2% (Chifundera *et al.*, 2014).

L'effort de capture ayant été très faible, nous ne pouvons pas établir une comparaison de manière approfondie avec d'autres études d'ailleurs. Toutefois, ce résultat révèle une information importante sur la composition spécifique des assemblages des amphibiens des stations visitées. Dans cette région forestière congolaise qui demeure moins étudiée que le Rift Albertin (Chifundera, 2009a) et les autres pays du Bassin du Congo, les données sur la diversité des amphibiens y sont restées moins connues à cause du manque de financement (Kamdem *et al.*, 2003 ; Burger *et al.*, 2004) et des voies d'accès pour son exploration scientifique. A ce jour, 134 espèces d'amphibiens sont connues de la cuvette centrale avec 26 espèces endémiques (Laurent, 1979 ; Schiøtz, 1999 ; Chifundera *et al.*, 2014). Parmi celles-ci, nous avons retrouvé *Hyperolius robustus* et *Afrixalus equatorialis* qui sont bien connues et répandues dans la forêt basse du centre de la RD Congo. La présence de *Phrynobatrachus* cf. *natalensis* dans une station forestière (Watschikengo) alors qu'elle fréquente plutôt les savanes et les milieux dégradés laisse à la considérer comme espèce euryèce, capable de peupler des milieux écologiques très variables. Chifundera (2009a) avait examiné

700 spécimens d'amphibiens du Musée Royal d'Afrique Centrale à Tervuren (Belgique), provenant de la région voisine des lacs Tumba et Ma-Ndombe et avait identifié 50 espèces. En région de Kisangani, dans la même forêt du bassin du Congo, rive droite du fleuve Congo, Badjedjea *et al.* (2015) ont récolté 301 individus appartenant à 29 espèces dont seules deux espèces se retrouvent dans notre collection, à savoir *Amnirana albolabris* et *Phrynobatrachus auritus*. Cette faible similarité entre ces deux sites peut susciter la curiosité de comparaison de l'herpétofaune des deux rives du fleuve Congo (Figure 3). A partir de ces trois travaux et du nôtre, il apparaît que le bassin versant de la rivière Ruki renferme un assemblage important d'amphibiens. Le faible nombre d'espèces observé au cours de notre étude peut s'expliquer par le temps relativement court de notre mission et le faible effort de prospection. En effet, ces résultats correspondent à seulement 9,7 % des 134 espèces connues dans la Cuvette Centrale et 30,9 % des 42 espèces d'amphibiens du Salonga Sud et ses environs (Chifundera, 2014). Un cas particulier est celui de la rainette arboricole *Leptopelis brevirostris* qui n'a pas été signalée ni par Chifundera (2009a) ni par Badjedjea *et al.* (2015) et que nous signalons pour la première fois dans la cuvette centrale du Congo. L'observation de cette rainette dans d'autres pays du Bassin du Congo montre que le fleuve Congo ne constitue pas une barrière mais qu'il y a plutôt une fragmentation de sa population créant ainsi des métapopulations très mal connues actuellement. Les populations du Nigeria, Cameroun, Gabon, Congo et de l'ouest de la République Centrafricaine étaient à ce jour, les seules connues (Schiøtz, 1999 ; Lötters, 2005 ; Amphibiaweb, 2018).

Remerciements

Nos sincères gratitude sont adressées à la WCS à travers Monsieur LIENGOLA Innocent pour nous avoir associé aux inventaires biologiques dans le Secteur nord du Parc National de la Salonga, financés par l'USAID. Nos remerciements s'adressent également à Mr IKATI Bernard qui nous a

produit la carte du site d'étude, sans oublier le Professeur KANYUNYI BASABOSE Augustin de l'Université du Cinquantenaire de Lwiro et Chargé de Recherche au Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro qui a consacré son temps à la correction du manuscrit.

Références Bibliographiques

- Amiet J-L. 2012. Les rainettes du Cameroun (Amphibiens Anoures). Nyons (J.-L. Amiet) et Saint-Nazaire eds. 591p.
- Amphibiaweb, 2018. Informations sur la répartition géographique des espèces d'amphibiens. http://amphibiaweb.org/cgi/amphib_query?
- Badjedjea BG, Akuboy BJ., Masudi MF, Asimonyio JA, Museu KP, Ngbolua KT. 2015. A Preliminary Survey of the Amphibian Fauna of Kisangani Ecoregion, Democratic Republic of the Congo. *J. of Advanced Botany and Zoology*, V3I4. DOI: 10.15297/JABZ.V3I4.01.
- Birdlife International. 2007. BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation. Version 2.1. Cambridge, UK.
- Blanc CP, Fréty T. 2004. Répartition écologique des amphibiens dans la réserve de faune de la Lopé et la Station Biologique de la Makandé (Gabon). *Bulletin de la société zoologique de France*, 129(3): 297-315.
- Burger M, Branch WR, Channing A. 2004. Amphibians and reptiles of Monts Doudou, Gabon: species turnover along an elevational gradient. *Memoirs of the California Academy of Sciences*, 28 :145-186.
- Chifundera K. 2009a. Amphibian and reptile collections at the Royal Museum for Central Africa with a focus on bibliographical references as an appraisal for further studies. Scientific Report, UNESCO-MAB, Congo 2010 Consortium & RMCA. Tervuren, Belgium, 36p.
- Chifundera K. 2009b. Clé d'identification des Amphibiens de la République Démocratique du Congo.S.E., Bruxelles, 28p.
- Chifundera K. 2014. Inventaire des reptiles et amphibiens dans le Bassin du Congo. Deuxième rapport de recherche doctorale, Faculté des Sciences, UPN-Kinshasa, RD Congo, 32p.
- Chifundera K, Nagy Z, Greenbaum E, Jos Kiel G, Václav G, Mebert K. 2014. L'herpétofaune de la cuvette centrale en RD Congo. *1ère Conférence sur la Biodiversité du Bassin du Congo, 6-10 juin 2014, Kisangani, RD Congo, 1-17.*
- Cruickshank AJ, Gautier JP. 1992. Preliminary results from an Inventory of Bird Species of the Salonga National Park, Zaïre. Unpublished report. 11 p.
- Debroux L, Hart T, Kaimowitz D, Karsenty A, Topa G. 2007. La forêt en République Démocratique du Congo Post-conflit: Analyse d'un Agenda Prioritaire. Rapport collectif, xxii, 82p.
- Dewynter M, Fréty T. 2019. Liste taxonomique commentée et catalogue illustré des Amphibiens du Gabon. *Les cahiers de la fondation Biotope*, 27 : 2-84.
- Fréty T, Dewynter M, Blanc CP. 2012. Amphibiens d'Afrique centrale et d'Angola. Clé de détermination illustrée des amphibiens du Gabon et du Mbini. Paris. 232 p.
- Frost D. 2018. Amphibian Species of the World 6.0, an Online Reference. American Museum of Natural History, New York.

- Inogwabini BI. 2005. Fish of the Salonga National Park, Democratic Republic of Congo: survey and conservation issues. *Oryx*, 39: 1-5.
- Inogwabini BI. 2006. A Preliminary Checklist of Mammals and Plants: Conservation Status of Some Species in Salonga National Park. *Endangered Species Update*, 23:104-17.
- IUCN 2018. The IUCN red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org/amphibians> (mars 2018).
- 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.
- Jacques JC, Lauginie F, Chafil R, Baroni L, Rousseau AU. 2010. Biodiversité de la Francophonie. Richesses et Vulnérabilités. UICN et OIF. https://www.francophonie.org/IMG/pdf/377_atlas_biodiv_franc_fr.pdf.
- Kamdem T, Olson A, Blom A, Townbridge L, D'amico J, Burgess ND, Thieme M, Abell R, Carroll RW, Gartlan S, Langrand O, Mussavu R, Mo'hara D, Strand H. 2003. Biological Priorities for Conservation in the Guinean-Congolian forest and freshwater region. WWF-CARPO Libreville, Gabon, 55p.
- Kielgast J, Lötters S. 2011. The green heart of Africa is a blind spot in herpetology. *FrogLog* Vol. 97: 16-17. <http://www.researchgate.net/publication/231184080>.
- Laurent RF. 1979. Description de deux *Hyperolius* nouveaux du Sankuru (Zaïre) (Amphibia : Hyperoliidae). *Revue de Zoologie et de Botanique Africaine*, 93: 779-791.
- Leary S, Underwood W, Anthony R, Cartner S, Corey D, Grandin T, Greenacre C, Gwaltney-Brant S, Mccrackin MA, Meyer R, Miller D, Shearer J, Yanong R. 2013. American Veterinary Medical Association Guidelines for the Euthanasia of Animals. Version 2013.0.1. http://www.nwhc.usgs.gov/research/amph_doc/sop_anesth.html.
- Lötters S, Rödelm O, Burger M. 2005. A new large tree frog from north-western Gabon (Hyperoliidae: *Leptopelis*). *Herpetological Journal*, 15: 149-152.
- Maisels F, Gautier-Hion A. 1994. Why are Caesalpinioideae so important for monkeys in hydromorphic rainforests of the Zaïre basin? In Sprent J.I. & McKey, D., eds. *The Nitrogen Factor*. Vol.5: 189-204. Royal Bot. Gdns, Kew., London, UK.
- Maisels F, Cohen C, Harrison I, Inogwabini BI, Reinartz G, Schelly B, Steel L, Stiassny M. 2007. Biodiversity Salonga. WCS Africa Programme, 44p.
- Mwanga NF, Mokekola B, Muhima MJ, Nzabi MD, Lokula NV. 2014. Etat des lieux de la biodiversité-2014. Province de l'Equateur. In Etat des lieux de la biodiversité dans la R. D. Congo-2014. 1^{ère} Conférence Internationale sur la Biodiversité du Bassin du Congo, 6-10 juin 2014, Kisangani, RD Congo.
- Schelly R, Monsembula R. 2006. Rapport Préliminaire de mission sur l'étude ichtyologique des rivières limitrophes du Parc National de la Salonga. American Museum of Natural History and University of Kinshasa, New York and Kinshasa, 35p.
- Schiøtz A. 1999. *Treefrogs of Africa*, Chimaira, Frankfurt am Man, 350p.

DÉGÂTS ET FACTEURS D'INFLUENCE DES INFESTATIONS DE *Apate terebrans* (COLEOPTERA, BOSTRICHIDAE, PALLAS, 1772), RAVAGEUR DE L'ANACARDIER EN CÔTE D'IVOIRE : CAS DES LOCALITÉS DE BONDOUKOU ET DE BOUNA

YEO K^{1, 2}, ALIKO YJ^{2, 3, 4,*}, OUALI N'GORAN S-WM^{3, 4}

RÉSUMÉ

Apate terebrans Pallas (Coléoptère, Bostrichidae) est un foreur de tiges compromettant la productivité de l'anacardier, actuelle principale culture de rente du Nord de la Côte d'Ivoire. Ce travail vise à identifier quelques facteurs abiotiques et biotiques régulant les dégâts de cet insecte. Pour ce faire, des prospections ont été menées d'octobre à décembre 2015, dans trois vergers d'anacardiers de chacun des deux Départements ciblés. Au cours de celles-ci, deux classes d'âge d'anacardier ont été définies afin de connaître celle qui est plus attaquée par *Apate terebrans*. Ensuite, une micro station météorologique a permis de relever la température et l'humidité relative de l'air dont les effets sur le niveau d'infestation ont été évalués. Enfin, la distribution spatiale parcellaire des anacardiers infestés a été déterminée à partir de la méthode des quadrats contigus. L'analyse du taux d'anacardiers infestés a révélé la classe "adulte" (6 à 30 ans) comme la plus attaquée. Le niveau d'infestation est plus élevé à Bouna caractérisé par une température plus élevée, avec une humidité relative et une densité des anacardiers plus faibles. La corrélation de Pearson indique des effets positifs de la température, et négatif de la densité et l'humidité, sur l'infestation. Les anacardiers infestés présentent une distribution agrégative à Bondoukou et aléatoire à Bouna. Cette étude a permis de comprendre qu'en plus de la température et de l'humidité relative de l'air, la densité et le stade phénologique des anacardiers, régulent les dégâts d'*Apate terebrans*.

Mots clés : Anacardier, Insectes ravageurs, *Apate terebrans*, Facteurs écologiques, Bondoukou, Bouna.

DAMAGE AND FACTORS INFLUENCING INFESTATIONS OF *Apate terebrans* (COLEOPTERA, BOSTRICHIDAE, PALLAS, 1772), PEST OF CASHEW IN CÔTE D'IVOIRE: CASE OF THE LOCALITIES OF BONDOUKOU AND BOUNA

ABSTRACT

Apate terebrans Pallas (Coleoptera, Bostrichidae) is a stem borer compromising the productivity of cashew, the main cash crop in northern Côte d'Ivoire. This work aims to identify some abiotic and biotic factors regulating the damages by this insect. To do this, surveys were conducted from October to December 2015, in three orchards of cashew trees in each of the two study localities. During these, two cashew age classes were defined in order to know which one is more attacked by *Apate terebrans*. Then, a micro meteorological station made it possible to record the temperature and the relative humidity of the air whose effects on the level of infestation were evaluated. Finally, the plot spatial distribution of infested cashew trees was determined by the contiguous quadrats method. The rate of infected cashew nuts revealed the "adult" (6 to 30 years) class as the most attacked one. The level of infestation is higher in Bouna, which has a higher temperature, with lower relative humidity and density of cashew nuts. Pearson's correlation indicates positive effects of temperature, and negative effect of density and humidity, on infestation. Infested cashew trees show an aggregative distribution in Bondoukou and random in Bouna. This study showed that in addition to the temperature and the relative humidity of the air, the density and the phenological stage of the cashew trees, regulate the damage of *Apate terebrans*.

Key words : Cashew, Insect pests, *Apate terebrans*, Ecological factors, Bondoukou, Bouna

¹ Station de Recherche en Écologie de Lamto, CRE, UFR Sciences de la Nature, Université Nangui Abrogoua, BP 28 N'Douci, Côte d'Ivoire

² Unité de Recherche en Écologie et Biodiversité, Université Nangui Abrogoua

³ Laboratoire de Zoologie et Biologie Animale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

⁴ Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable, Université Félix Houphouët-Boigny

*Auteur de correspondance : yedaliko@gmail.com

Introduction

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est une plante pérenne originaire du Brésil, principalement cultivée dans les zones tropicales d'Amérique, d'Asie et d'Afrique qui présentent des conditions environnementales propices à sa culture (Lautié *et al.*, 2001). Les produits tels que la pomme de cajou et la noix de cajou issus de la plante sont utilisés dans l'industrie agroalimentaire, et le baume de cajou ou Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) utilisé dans la fabrication d'éléments de frictions de freins, de peinture, etc. (Soro, 2012).

En Côte d'Ivoire, l'anacardier a été introduit dans les années 1960 avec pour objectifs de freiner la déforestation et lutter contre l'érosion des sols au nord du pays (Goujon *et al.*, 1973 ; Adeigbe *et al.*, 2015). La culture connaît, de nos jours, un véritable intérêt de l'Etat et des paysans, grâce notamment à la valeur marchande de son fruit (noix de cajou) sur le marché international (Dugue *et al.*, 2003). Aussi, les propriétés intrinsèques de la plante à se développer sur les sols pauvres, à résister à la sécheresse et aux fortes températures, font d'elle une culture idéale dans un contexte de changement climatique. Les surfaces cultivées sont passées d'environ 8 000 ha en 1960 à 585 000 ha en 2013 (Cashew Handbook, 2014), faisant ainsi de l'anacardier, la principale culture de rente du Nord à l'instar du binôme caféier-cacaoyer au Sud, et le second produit agricole d'exportation de la Côte d'Ivoire. Le pays occupe, depuis 2016, le premier rang mondial des producteurs avec une production estimée à 725 000 tonnes en 2016 (CCA, 2017).

Malgré cette dynamique, le rendement des vergers ivoiriens compris entre 300 kg et 500 kg à l'hectare contre 1200 kg à l'hectare, reste encore faible (Djaha *et al.*, 2010), pour cause d'utilisation de matériel végétal non-améliorés, techniques de productions encore traditionnelles, mais aussi de problèmes phytosanitaires (Viana *et al.*, 2007), notamment les attaques d'insectes ravageurs. Selon le CCA (2015), une vingtaine d'espèces d'insectes, tels que *Apate terebrans* (Bostrichidae), *Diastocera trifasciata* (Cerambycidae), *Plocaederus ferrugineus* (Cerambycidae), *Dysdercus*

volkeri (Pyrrhocoridae), *Helopeltis anacardii* (Miridae), *Pseudothrips devastans* (Coreidae), *Zographus regalis* (Cerambycidae), attaquent l'anacardier, en Côte d'Ivoire. Toutefois, seules les trois premières espèces constituent les principaux ravageurs.

Le Coléoptère *Apate terebrans* Pallas, 1772 (Bostrichidae) est réparti principalement dans les zones tropicales et arides (Lesne, 1896 ; Ivie, 2002). Il cause d'énormes dégâts à l'anacardier dans plusieurs pays tels que le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Nigéria (Asogwa *et al.*, 2011 ; Agboton *et al.*, 2017). En effet, l'insecte creuse des galeries à l'intérieur des tissus ligneux de l'anacardier, dans lesquelles il vit, conduisant au dépérissement de l'arbre, voire sa mort. Outre l'anacardier, *Apate terebrans* attaque les espèces végétales telles qu'*Azadirachta indica* (Meliaceae), *Cedrela odorata* (Meliaceae), *Citrus* spp. (Rutaceae), *Coffea arabica* (Rubiaceae), *Coffea robusta* (Rubiaceae), *Eucalyptus polycarpa* (Myrtaceae), *Melia composita* (Meliaceae), *Tectona grandis* (Verbenaceae), *Terminalia ivorensis* (Combretaceae), *Theobroma cacao* (Malvaceae), *Triplochiton scleroxylon* (Malvaceae) (FAO, 2007). De ce fait, l'insecte apparaît économiquement important (Gerberg, 1957 ; Peters *et al.*, 2002).

Malheureusement, très peu de données existent sur la bio-écologie d'*Apate terebrans* et la lutte contre cet insecte reste essentiellement mécanique (introduction d'un objet à l'intérieur de la galerie). Or, ces données représentent une condition préalable pour développer des stratégies innovantes de protection des cultures et accroître la rentabilité et la durabilité des agroécosystèmes (Rusch *et al.*, 2013). Le présent travail a pour objectif d'évaluer les facteurs abiotiques et biotiques influençant l'activité déprédatrice d'*Apate terebrans*. Plus spécifiquement, il a consisté à : i) déterminer la classe d'âge de l'anacardier qui est plus attaquée par l'insecte ; ii) étudier l'influence de la température, l'humidité relative de l'air et la densité des anacardiens, sur le niveau d'infestation des anacardiens ; iii) déterminer la distribution spatiale des anacardiens infestés sur les vergers.

Matériel et Méthodes

Sites d'étude

L'étude a été conduite dans les Départements de Bondoukou et Bouna, distants d'environ 180 km, au nord-est de la Côte d'Ivoire, d'octobre à décembre 2015 (Figure 1) qui correspond à la période de fructification de l'anacardier. Ces deux départements sont respectivement des zones à forte et moyenne production d'anacarde. À Bondoukou, l'étude a été menée à Gouméré ($7^{\circ}53'0,5''$ N ; $3^{\circ}0'15,6''$ W). Le climat est de type soudano-guinéen, avec quatre saisons : une grande et une petite saison pluvieuse respectivement d'avril à juin et de septembre à octobre ; une grande et une petite saison sèche

respectivement de novembre à mars et de juillet à août. La moyenne des précipitations est d'environ 1000 mm par an, avec une température moyenne annuelle d'environ 28° C. La végétation naturelle est constituée de forêt et de savane arborée. Les sols sont ferrallitiques, moyennement désaturés. À Bouna, l'étude a été menée à Sotitédouo ($9^{\circ}19'5,2''$ N ; $3^{\circ}9'41,4''$ W). Le climat est de type soudanien, avec deux saisons : une saison pluvieuse de mars à octobre, et une saison sèche de novembre à février. La pluviométrie moyenne est d'environ 960 mm par an. La végétation est constituée de savanes arbustive et arborée. Les sols sont ferrallitiques.

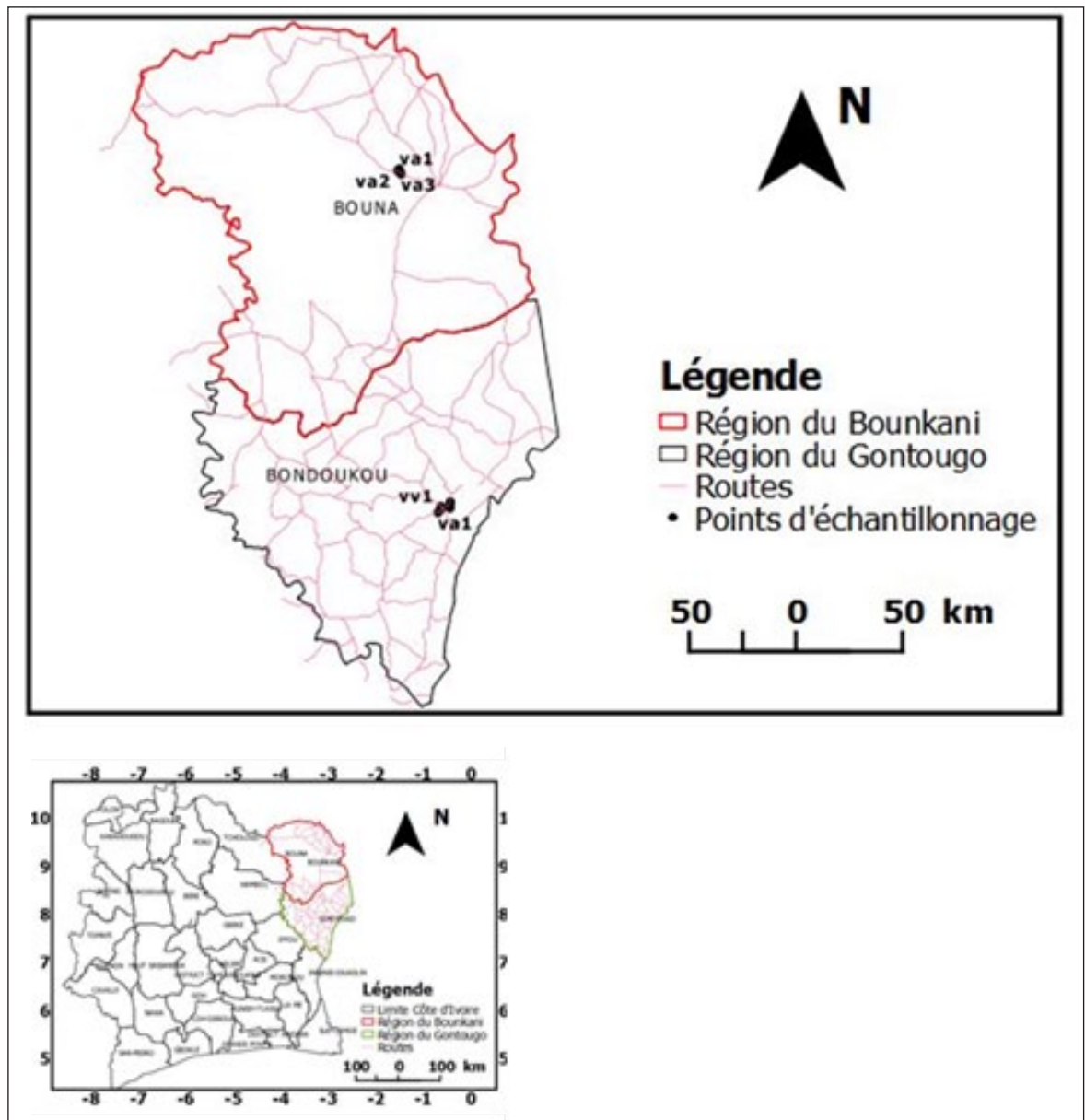


Figure 1 : Situation géographique des sites d'étude

Étude du niveau d'infestation des anacardiens selon l'âge

Deux classes d'âge ont été définies durant cette étude menée à Bondoukou : «adulte» vergers de 6 à 30 ans, et «vieux» vergers de plus de 30 ans. Le choix de ces tranches d'âge est lié au fait que l'anacardier produit à partir de 4 ans et atteint son pic de production entre 15 et 25 ans (ICA, 2015). Ainsi, pour chaque classe d'âge, trois vergers d'une superficie d'au moins 1 ha et n'ayant connus de traitements chimiques, ont été choisis avec l'accord des paysans, pour servir de parcelles expérimentales. Les âges moyens des vergers «adulte» et «vieux» utilisés sont respectivement de $21 \pm 3,6$ ans et $34,66 \pm 3,55$ ans. À l'intérieur de chaque parcelle, le nombre total d'anacardiens ainsi que tous ceux qui sont infestés, ont été dénombrés. Le tableau 1 présente les caractéristiques des vergers.

Tableau 1 : Caractéristiques des vergers utilisés pour évaluer le niveau d'infestation des anacardiens selon l'âge

Classe d'âge	Verger	Âge (année)	Superficie (ha)
Adulte	VA1	18	7
	VA2	20	5
	VA3	25	6
Vieux	VV1	31	4
	VV2	33	3
	VV3	40	1

VA : verger «adulte» ; VV : verger «vieux»

Étude du niveau d'infestation des anacardiens selon la zone de production

Une investigation préliminaire a d'abord permis de désigner la classe «adulte» comme celle à laquelle l'anacardier est plus vulnérable aux attaques d'*Apate terebrans*. Cette classe a par conséquent été choisie pour évaluer le niveau d'infestation dans chaque département. Trois vergers d'une superficie minimale de 2 ha chacun, et n'ayant connu de traitements phytosanitaires ont été choisis avec l'aide des paysans. Une portion de 2 ha a été définie à partir d'une lisière dans laquelle tous les anacardiens infestés ont été dénombrés, ainsi que l'effectif total d'anacardiens. À Bondoukou, ce sont les vergers «adulte» choisis pour l'étude de l'infestation selon l'âge, qui ont été utilisés, et le tableau 2 montre les caractéristiques des vergers de Bouna.

Tableau 2 : Caractéristiques des vergers «adultes» utilisés à Bouna pour évaluer le niveau d'infestation des anacardiens

Classe d'âge	Verger	Âge (année)	Superficie (ha)
Adulte	VA1	22	19
	VA2	16	7
	VA3	26	5

Étude de la distribution spatiale des anacardiens infestés sur les parcelles

La méthode de quadrats contigus a été utilisée pour analyser la distribution spatiale des anacardiens infestés à l'échelle parcellaire. Elle est fondée sur l'examen de l'évolution de la moyenne et de la variance du nombre d'anacardiens infestés par quadrat (Ludwig and Reynolds, 1988). En effet, il a été démontré que les méthodes de variance de quadrats permettent de décrire de manière satisfaisante les caractéristiques spatiales dans les études écologiques terrestres (Grant, 2007).

Pour mieux percevoir cette distribution, le verger «adulte» ayant le nombre d'anacardiens infestés le plus élevé de chaque localité, a été choisi. Il s'agit du verger VA1 à Bondoukou et Bouna. La portion de 2 ha prédéfinie pour l'étude du niveau d'infestation, a été subdivisée en quadrats de 25 m x 25 m, faisant un total de 32 quadrats de 625 m² chacun, et à l'intérieur desquels tous les anacardiens infestés ont été dénombrés sur l'effectif total d'anacardiens.

Mesure de la température et de l'humidité relative de l'air

Deux micros stations météo, placée chacune dans une zone d'étude, ont permis de relever la température et l'humidité relative de l'air, d'octobre à décembre 2015.

Analyse statistique

Le test Z a été utilisé à l'aide du logiciel Excel 2013, pour comparer les proportions des anacardiens infestés. La valeur de Z obtenue est comparée à celle de la table Z à un niveau de significativité choisi. Les distributions de la loi binomiale négative et de Poisson appropriées respectivement aux dispersions agrégative et aléatoire (Russer, 1991 ; Long, 1997 ; dans Ludwig et Reynolds, 1988), ont été calculées à partir du logiciel Excel 2013. Ensuite, le test du Khi-2 a permis de valider l'ajustement (Ludwig and Reynolds, 1988). Le test t de Student a permis, après le test de normalité de Levene, de comparer les moyennes des différents paramètres écologiques quand la corrélation de Pearson a servi à évaluer les effets de ces paramètres sur le niveau d'infestation des anacardiens par *Apate terebrans*. Ces tests ont été réalisés au seuil de 5 %, à partir du logiciel Statistica 7.2.

Résultats

Diagnostic et dégâts d'*Apate terebrans*

Les signes sont l'orifice d'émergence de la galerie (Figure 2a), la vermoulure perçue sur l'anacardier ou au sol sous l'anacardier infesté et les points de cicatrisation de l'anacardier (Figure 2b).

A un niveau d'infestation avancé, l'anacardier présente un état de dépérissement, ralentissant ainsi son développement normal (Figure 3). En outre, les parties atteintes peuvent, sous les effets conjoints du vent et du branchage, se rompre (Figure 4).

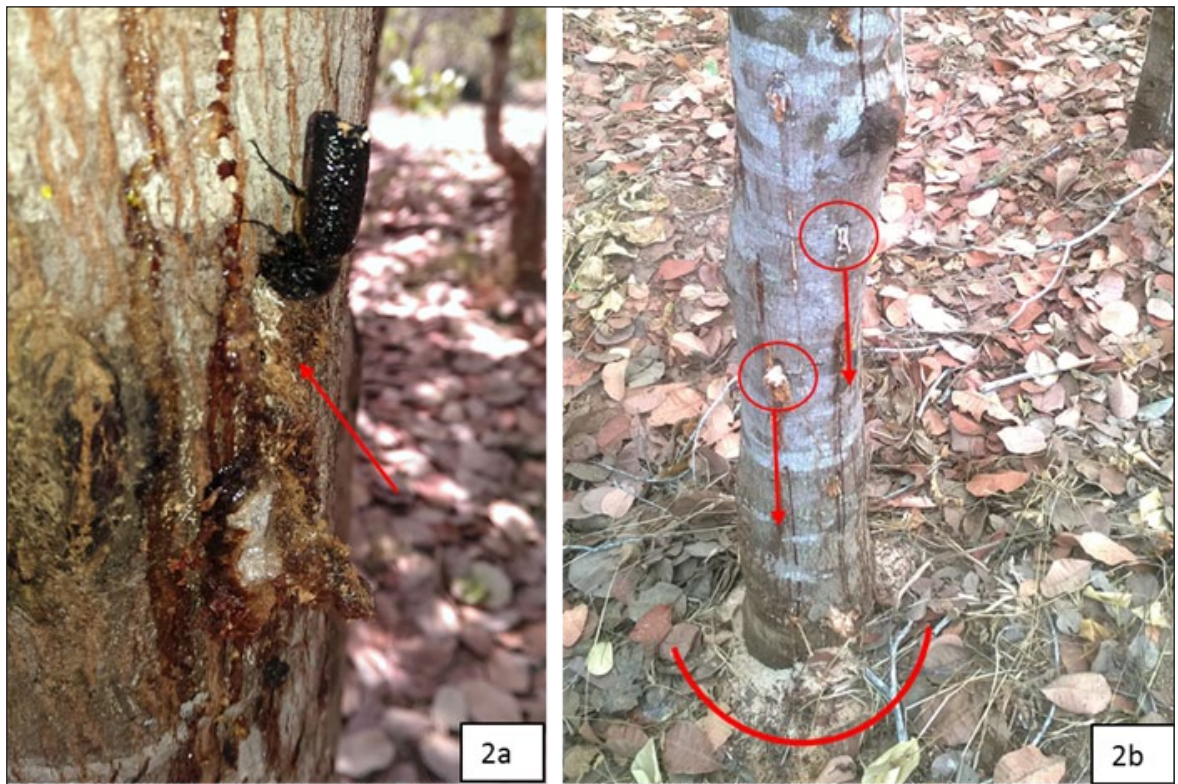


Figure 2 : Divers signes de l'attaque par *Apate terebrans* sur l'anacardier



Figure 3 : Retard dans le processus de renouvellement des feuilles (feuillaison) de [B] (sévèrement infesté par *Apate terebrans*), par rapport à [A] (sain)



Figure 4 : Branche d'anacardier rompue sous l'effet des galeries creusées par *Apate terebrans*

Niveau d'infestation des anacardiers selon l'âge

La proportion d'anacardiers infestés de la classe «adulte» est de 3,7 % contre 0,9 % pour la classe «vieux».

La valeur de Z obtenue (3,56) est supérieure à la valeur théorique (2,57) au seuil de signification de 1 %. Il existe donc une différence significative entre les deux classes d'âges «adulte» et «vieux» en termes de nombre d'anacardiers attaqués par *Apate terebrans*. Les anacardiers de la classe «adulte» sont significativement plus attaqués.

Niveau d'infestation des anacardiers selon le département

La proportion d'anacardiers infestés à Bouna est de 8,2 % contre 3 % à Bondoukou.

La valeur de Z obtenue (5,38) est supérieure

à la valeur théorique (2,57) au seuil de signification de 1 %. Il existe donc une différence significative entre les deux zones de production en termes de nombre d'anacardiers attaqués par *Apate terebrans*. Le niveau d'infestation est significativement plus élevé à Bouna.

Paramètres biotiques et abiotiques influençant le niveau d'infestation des anacardiers

Comparaison entre zones de production

Le Test t de Student révèle que la densité des anacardiers et la température varient de façon significative ($p = 0,0143$) d'un département à un autre. La densité est plus élevée et la température est plus faible, à Bondoukou. Quant à l'humidité relative de l'air, elle est très significativement plus élevée ($p < 0,01$) à Bondoukou (Figure 5).

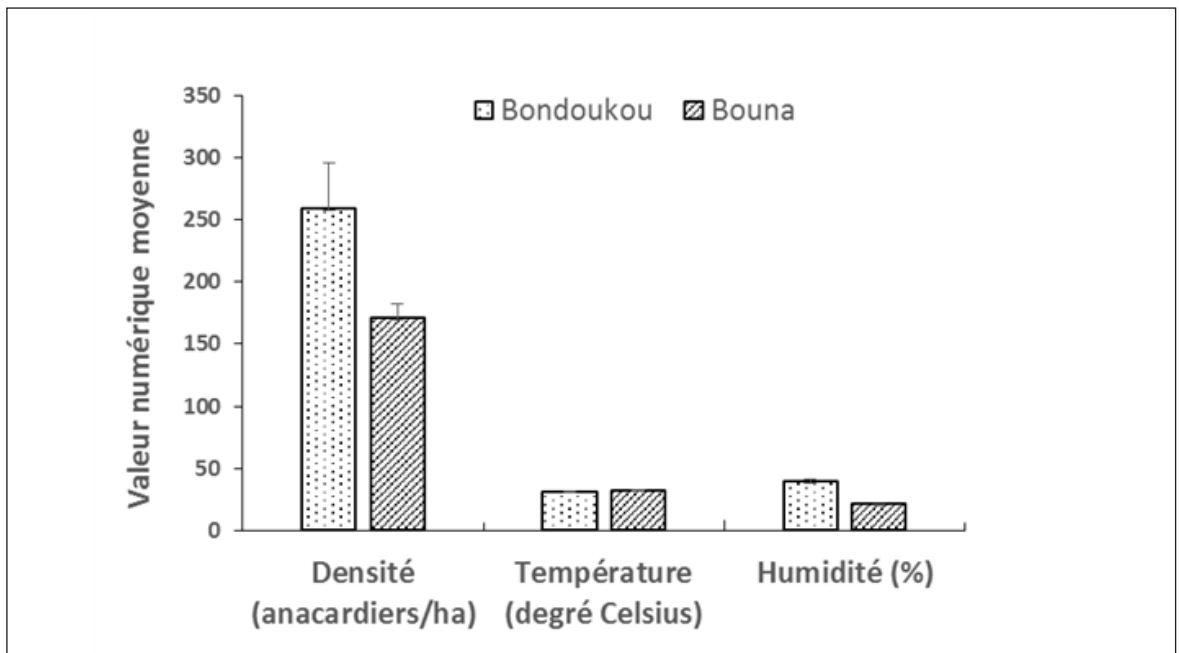


Figure 5 : Variabilité des facteurs écologiques entre les deux zones d'étude

Influence de la densité, de l'humidité relative de l'air et de la température sur le niveau d'infestation des anacardiers

La corrélation entre la densité des anacardiers et le niveau d'infestation des anacardiers est fortement négative ($r = -0,81$; $p = 0,05$), ce qui indique que lorsque la densité augmente, le niveau d'infestation diminue (Figure 6).

L'humidité relative de l'air a une influence négative modérée sur le niveau d'infestation des anacardiers ($r = -0,60$; $p = 0,20$). C'est-

à-dire, quand l'humidité augmente, le niveau d'infestation des anacardiers diminue (Figure 7). Mais cette relation n'est pas statistiquement significative.

La température agit positivement sur le niveau d'infestation des anacardiers ($r = 0,50$; $p = 0,32$). L'élévation de la température augmente donc le niveau d'infestation des anacardiers par *Apate terebrans* (Figure 8). Toutefois, cette relation n'est pas statistiquement significative.

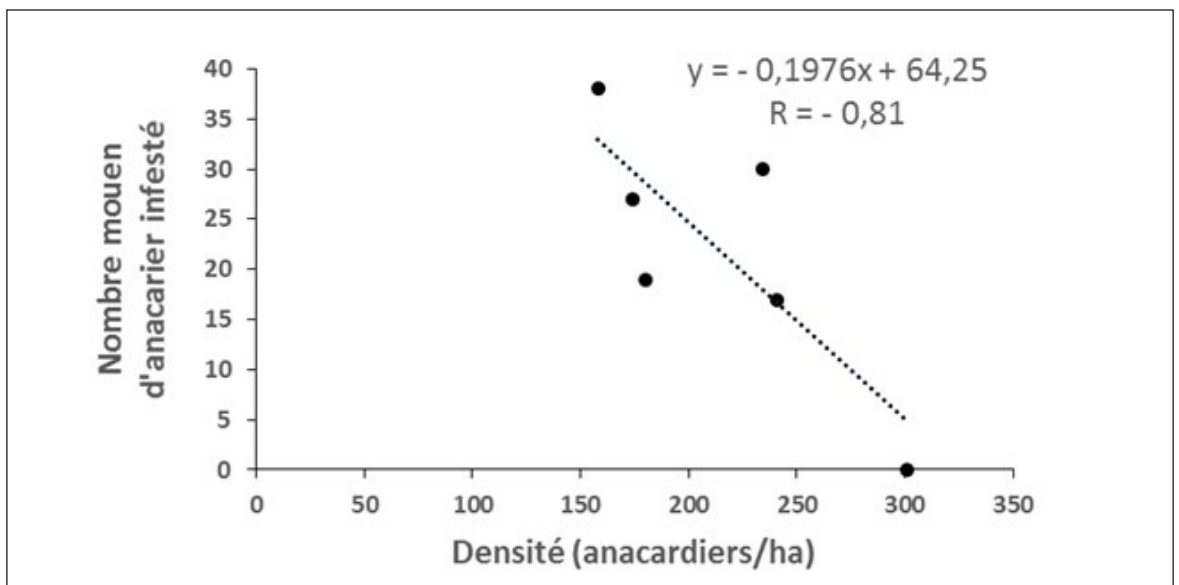


Figure 6 : Effet de la densité des anacardiers sur le niveau d'infestation des anacardiers par *Apate terebrans*

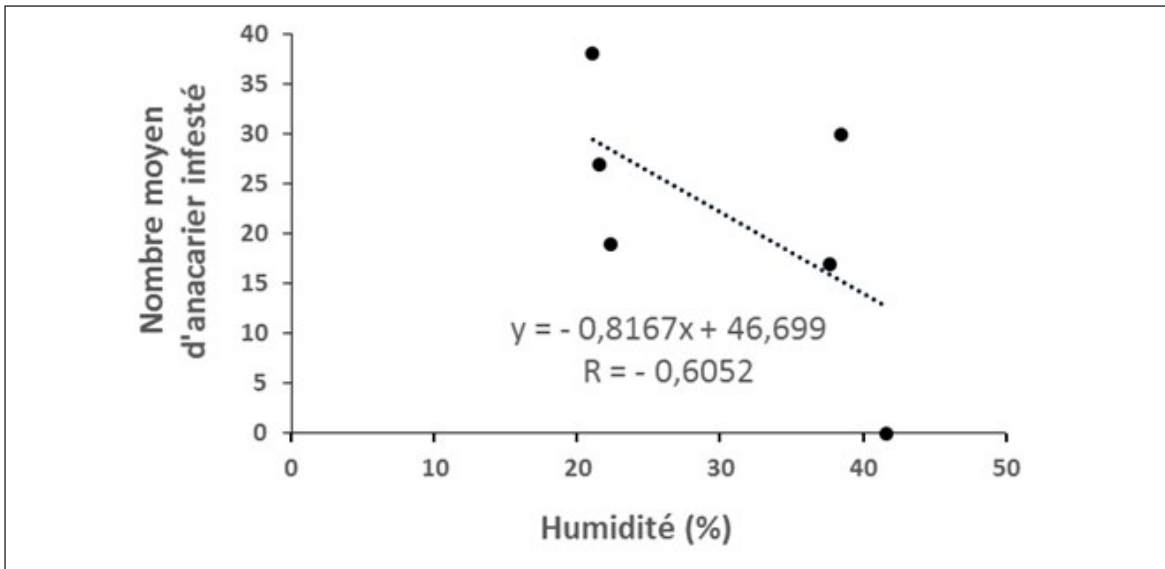


Figure 7 : Effet de l'humidité relative de l'air sur le niveau d'infestation des anacardiers par *Apate terebrans*

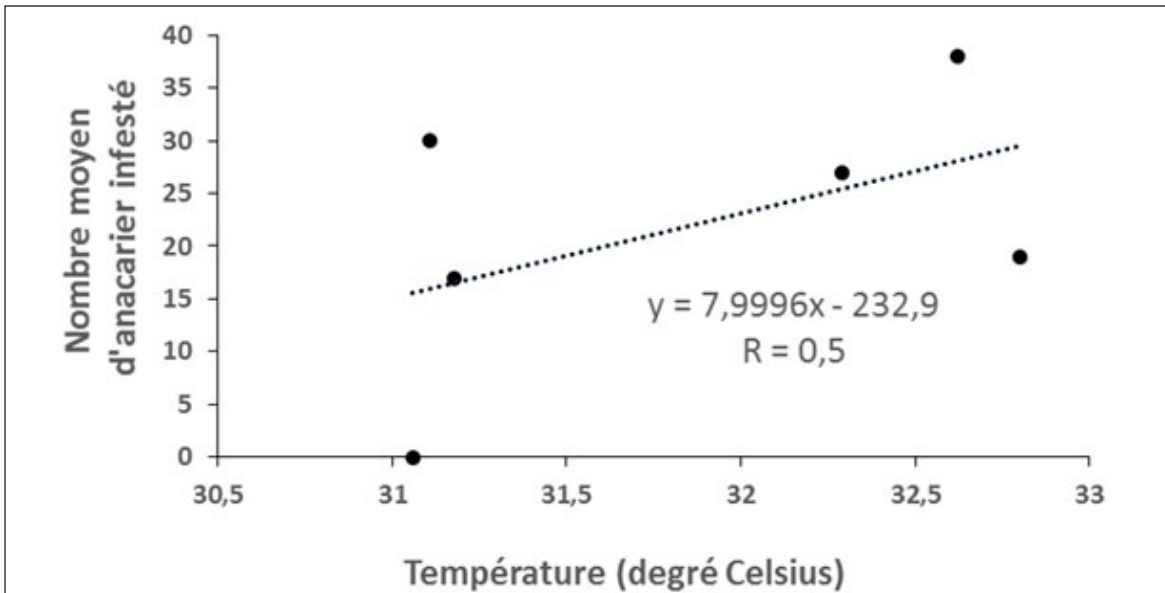


Figure 8 : Effet de la température sur le niveau d'infestation des anacardiers par *Apate terebrans*

Distribution spatiale des anacardiers infestés

Les données observées sur les effectifs des anacardiers infestés dans les différents quadrats sont résumés dans le tableau 3.

Les calculs de Khi-2 à partir des lois Binomiale négative et de Poisson, et ceux des indices de dispersion, révèlent une distribution agrégative des anacardiers infestés à Bondoukou contrairement à

Bouna, où ils suivent une distribution aléatoire (Tableau 4).

Tableau 3 : Effectifs des anacardiers infestés par quadrat (625 m²) à Bondoukou et Bouna

X		0	1	2	3	4
Eff	Bondoukou	21	1	4	3	3
	Bouna	15	2	9	6	-

X : nombre d'anacardiers infestés par quadrat ; Eff : nombre de quadrats ayant X = 0, 1, ..., 4 anacardiers infestés.

Tableau 4 : Valeurs de l'indice de dispersion (ID) et du Khi-2 théorique

Département	ID	Lois de distribution	Khi-2	Degré de liberté	p	Distribution spatiale
Bondoukou	2,13	Binomiale négative	6,21	2	0,01	agrégative
Bouna	1,23	Poisson	4,03	2	0,05	aléatoire

Discussion

Sensibilité de l'anacardier selon son âge aux attaques d'*Apate terebrans*

Le test Z appliqué pour évaluer les dégâts d'*Apate terebrans* selon l'âge de l'anacardier, a montré que les anacardiens de la classe «adulte» sont les plus infestés. Ce résultat suggère que la classe «adulte» présente les conditions optimales pour l'insecte en termes de ressource alimentaire et de conditions abiotiques, car il vit et se nourrit dans les galeries creusées au niveau de l'aubier de l'anacardier. Une étude menée par Doumbia et Kouadio (2009) sur la sensibilité de trois essences de bois d'œuvre aux attaques d'un insecte de la famille des Bostrichidae, a montré, pour une même essence de bois, une préférence hautement significative de l'essence de bois avec aubier. Aussi, 99 % à 100 % des insectes étaient morts dans le cas des essences de bois sans aubier. En effet, l'aubier est la partie de l'arbre dans laquelle est concentré l'amidon (Wilson, 1932). De ce fait, l'aubier représenterait une source potentielle de nourriture pour les Bostrichides, appréciant le bois à haute teneur en amidon (Creffield, 1996). L'âge moyen des vergers de classe «adulte» (21 ans) utilisés dans cette étude, correspond à celle de la production maximale de l'anacardier (Rongead, 2013). Par ailleurs, l'évolution de la teneur d'amidon au cours de la phénologie d'un arbre, présente une courbe en cloche (Wilson, 1932). La teneur en amidon des anacardiens de la classe «vieux» serait donc insatisfaisante pour *Apate terebrans*. En outre, l'insecte pourrait être sensible aux composantes chimiques secondaires tels que les tanins, les phénols et les oléorésines qui apparaissent lorsqu'un arbre vieillit, rendant toxique le bois vis-à-vis des agents biologiques d'altération (Leclercq, 1989).

Niveau d'infestation des anacardiens

Le test Z a montré un niveau d'infestation nettement supérieur dans le Département de Bouna. De ce résultat pourrait émerger deux hypothèses majeures : i) l'existence d'une différence entre les conditions environnementales des deux zones ; ii) le Département de Bouna offre de meilleures conditions pour le développement de l'insecte. Les mesures de température et d'humidité relative de l'air dans ces deux zones, ont montré une supériorité significative de ces deux paramètres abiotiques à Bouna. Or, selon Lesne (1896), l'espèce *Apate terebrans* préfère les zones chaudes. Au cours des travaux de terrain, les

paysans ont mentionné une activité destructrice accrue d'*Apate terebrans* pendant la saison sèche. L'étude menée par Agboton *et al.* (2017) confirme bien cela. Par ailleurs, quand bien même que les résultats de la régression simple ne soient pas significatifs (peut-être à cause du nombre relativement faible d'échantillons), ils montrent une relation positive pour la température et négative pour la densité et l'humidité. Sittichaya *et al.* (2013) ont également montré à travers une étude sur la famille Bostrichidae que, la température et l'humidité relative de l'air ont respectivement des effets positifs et négatifs (significatifs) sur le vol de ces insectes.

Distribution spatiale des anacardiens infestés

L'analyse spatiale des anacardiens infestés révèle une distribution agrégative à Bondoukou contrairement à Bouna, où elle est aléatoire. Diverses causes peuvent expliquer l'agrégation, tel que le comportement grégaire, l'hétérogénéité de l'environnement et le mode de reproduction. Quant à la dispersion aléatoire, elle implique un environnement homogène et des comportements non sélectifs.

Les différentes distributions observées, peuvent être justifiées selon une approche paysagère. En effet, plusieurs auteurs tels que Bianchi *et al.* (2006), Ricci *et al.* (2009) et Fahrig *et al.* (2011) s'accordent sur l'influence du paysage sur la dispersion et l'évolution des arthropodes ravageurs des cultures. Selon ces auteurs, la composition du paysage, représente un ensemble de milieux sources et puits pour les organismes, et sa structure, va pouvoir limiter ou faciliter les mouvements des organismes entre les différentes taches. Ainsi, la forte densité des anacardiens et la présence de gros arbres de la famille des Bombacacées tels que *Adansonia digitata* (Baobab) et *Ceiba pentandra* (Fromager) dans les vergers de Bondoukou, crée une hétérogénéité du micro climat au sein des vergers. La concentration de ces arbres par endroit, engendre une humidité relative de l'air relativement plus élevée dans ce patch et en général, l'insecte a tendance à fuir ces patches pour une zone à faible humidité. À Bouna, par contre, la faible densité des anacardiens couplée à l'absence de grands arbres, crée un paysage plus ou moins homogène des vergers. Ainsi, le micro climat étant presque homogène au sein du verger et lui étant favorable, l'insecte a tendance à se disperser dans tout le verger.

Conclusion

Ce travail avait pour objectif d'identifier quelques facteurs écologiques régulant les dégâts d'*Apate terebrans*, par le truchement du niveau d'infestation des anacardiens dans les Départements de Bondoukou et Bouna. Les résultats montrent que l'insecte attaque, de préférence, les anacardiens de la classe «adulte», au cours de laquelle la production de l'anacardier atteint son pic. Les dégâts de l'insecte sont plus importants à Bouna, en relation positive avec la température et négative pour l'humidité relative. Le

mode cultural, notamment la densité des anacardiens, a un impact considérable sur l'intensité et la distribution des dégâts d'*Apate terebrans* dans les plantations.

Vu l'importance socio-économique de l'anacarde et dans un contexte de réchauffement climatique, des études plus approfondies qui prennent en compte le cycle de développement, la dynamique spatio-temporelle et le type de cultivar d'anacardier, seraient nécessaires, pour aboutir à une gestion agro-écologique d'*Apate terebrans*.

Remerciements

Les auteurs sont très reconnaissants aux agriculteurs qui ont autorisé l'accès à leurs vergers. Merci à Dr. N'DRI Aya Brigitte, pour la mise à disposition des micros station

météo. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un Mémoire de Master à l'Université Nangui Abrogoua de Côte d'Ivoire.

Références Bibliographiques

- Adeigbe OO, Olasupo FO, Adewale BD, and Muyiwa AA. 2015. A review on cashew research and production in Nigeria in the last four decades. *Scientific Research and Essays*, 10: 196–209.
- Agboton C, Onzo A, Korie, S, Tamò M, and Vidal S. 2017. Spatial and Temporal Infestation Rates of *Apate terebrans* (Coleoptera: Bostrichidae) in Cashew Orchards in Benin, West Africa. *African Entomology*, 25: 24-36.
- Asogwa EU, Ndubuaku TCN, Hassan AT. 2011. Distribution and damage characteristics of *Analeptes trifasciata* Fabricius 1775 (Coleoptera: Cerambycidae) on cashew (*Anacardium occidentale* Linnaeus 1753) in Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2: 421-431.
- Bianchi FJ, Booij CJH, Tscharrntke T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B*, 273: 1715-1727.
- Cashew Handbook, 2014. Global Perspective, Section 1-4, 139p.
- CCA, 2017. Conseil du Coton et de l'Anacarde de Côte d'Ivoire. <http://www.conseilcotonanacarde.ci>, consulté le 05 novembre 2017.
- Creffield JW, 1991. Wood Destroying Insects, Wood Borers and Termites. CSIRO Publications. Melbourne, Vic, Australia, 44p.
- Djaha JBA, N'guessan AK, Ballo CK, Aké S. 2010. Germination des semences de deux variétés d'anacardiens (*Anacardium occidentale* L.) élites destinées à servir de porte-greffe en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 32 : 1995-2001.
- Doumbia M, Kouadio DK. 2009. Sensibilité de trois essences de bois d'œuvre aux attaques de *Xyloperthodes nitidipennis* (Murray) (Coleoptera : Bostrichidae). *Journal of Applied Biosciences*, 22: 1344-1349.

- Dugue P, Kone FR, Kone G. 2003. Gestion des ressources naturelles et évolution des systèmes de production agricole des savanes de Côte d'Ivoire : conséquences pour l'élaboration des politiques agricoles. *Cahiers Agricultures*, 12: 267-273.
- Fahrig L, Baudry J, Brotons L, Burel FG, Crist TO, Fuller RJ, Sirami C, Siriwardena GM, Martin JL. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14: 101-112.
- FAO. 2007. Food and Agricultural Organization (FAO), Forest Health & Biosecurity Working Papers: Overview of forest pests Ghana, 21p.
- Gerberg EJ. 1957. A revision of the New World species of powder-post beetles belonging to the family Lyctidae. *United States Department of Agriculture, Technical Bulletins.*, 1157: 1-55
- Goujon P, Lefebvre A, Leturcq P, Marcellesi AP, Praloran JC. 1973. Etudes sur l'Anacardier. *Bois et Forêts des Tropiques* : 27-53.
- Grant L, 2007. Application de l'analyse de variance locale à deux termes de quadrats (TTLQV) dans l'évaluation des populations d'invertébrés marins : premières conclusions sur l'holothurie *Actinopyga echinites*. *La Bêche-de-mer - Bulletin de la CPS* (26) 5p.
- ICA, 2015. Initiative du Cajou Africain. Analysis of cashew production, processing and trade in Africa, 37p.
- Ivie MA. 2002. Bostrichidae in ARNETT et al. ed., *American Beetles*, 2 : 233-244.
- Lautié E, Dornier M, M de Souza Filho, Reynes M. 2001. Les produits de l'anacardier : caractéristiques, voies de valorisation et marchés. *Fruits* 56, 235-248.
- Leclercq A, Seutin E, 1989. Les ennemis naturels du bois d'œuvre. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 140p.
- Lesne P, 1896. Révision des coléoptères de la famille des Bostrychides. Société entomologique de France, volume LXV, 694p.
- Lesne P, 1924. Les Coléoptères Bostrychides de l'Afrique tropicale française. - Encyclopédie Entomologique III, 288p.
- Ludwig JA, Reynolds JF, 1988. Statistical ecology - A primer on computing and methods. John Wiley and Sons: New York, 337p.
- Peters BC, Creffield JW, Eldridge RH. 2002. Lyctine (Coleoptera: Bostrichidae) pests of timber in Australia: A literature review and susceptibility testing protocol. *Australian Forestry*, 65 (2): 107-119.
- Ricci B, Franck P, Toubon JF, Bouvier JC, Sauphanor B, Lavigne C. 2009. The influence of landscape on insect pest dynamics: a case study in southeastern France. *Landscape Ecology*, 24: 337-349.
- Rongead, 2013. Connaître et comprendre le marché international de l'anacarde, 49p.
- Rusch A, Valantin-Morison M, Sarthou JP, Roger-Estrade J. 2013. Effect of crop management and landscape context on insect pest populations and crop damage. *Agriculture Ecosystems Environment*, 166: 118-125.
- Sittichaya W, Thaochan N, Tasen W. 2013. Powderpost Beetle Communities (Coleoptera: Bostrichidae) in Durian-Based Agricultural Areas in Southern Thailand. *Kasetsart Journal of Nature and Science*, 47 : 374-386.
- Soro D. 2012. Couplage des procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pommes de cajou : performances et impacts sur la qualité des produits (Montpellier, SupAgro). Thèse de l'Institut SupAgro, Montpellier, 156p.
- Viana FMP, Cardoso JE, Saraiva HAO, Ferreira M, Mariano RLR, Trindade LC. 2007. First report of a bacterial leaf and fruit spot of cashew nut (*Anacardium occidentale*) caused by *Xanthomonas campestris* pv. *Mangifera indica* in Brazil. *Plant Diseases*, 91 : 1361-1361.
- Wilson SE. 1932. Powder-post beetles. *Nature*, 130 : 22-23.

IMPACT DE L'EXPLOITATION MINIÈRE SUR LA CACAOCULTURE À OUMÉ, CENTRE-OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE

NEHI B^{1,*}, N'GUESSAN F¹, KOLI BI Z¹

RÉSUMÉ

La découverte et l'exploitation de gisements aurifères à forts potentiels dans le Département d'Oumé, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, entraînent un accroissement de la population et une dynamique du paysage. Les sociétés minières industrielles et semi-industrielles et les orpailleurs clandestins continuent de s'installer sur ce territoire de tradition agricole et modèlent un paysage minier. Ce paysage minier s'étend au rythme des découvertes et menace à la fois le domaine forestier permanent et rural de l'État ivoirien. La classification des images LandSat TM de février 1999 et OLI_TIRS d'avril 2017 intégrées au Système d'Information Géographique (SIG) ont permis d'analyser la dynamique spatio-temporelle du paysage et évaluer l'impact de l'activité minière sur les surfaces agricoles dominées par la cacaoculture qui emploie 65% de la population du département. Suite à l'avancée du front minier de direction Sud-Nord, ce sont 7800 ha de cacaoculture détruits et 8700 ha de sols dénudés. Au-delà de ce recul du paysage agricole, l'essor économique souhaité de l'industrie minière est entaché de conflits fonciers et de dérives environnementales accentuées par l'orpaillage clandestin.

Mots clés : Biogéographie, Dynamique du paysage, Télédétection, SIG

IMPACT OF MINING ON COCOA FARMING IN OUMÉ, CENTRAL-WESTERN PART OF CÔTE D'IVOIRE

ABSTRACT

The discovery and exploitation of high potential gold deposits in the central-western part of Côte d'Ivoire precisely in Oumé leads to the increase in its population as well as a landscape dynamic. Mining companies and underground miners have settled in this agrarian territory and have modeled mining landscape. This mining landscape extends to the rhythm of the discoveries and threatens both the permanent and rural forest estate of the Ivorian state. The classification of the LandSat TM images in February 1999 and OLI_TIRS in April 2017 included to the Geographical Information System (GIS) have contributed to analyze the spatio-temporal dynamics of this mining landscape and to evaluate the impact of mining activity on farmland dominated by cocoa farming which employs 65% of this region's population. Considering the advance of the South-North mining front, 7800 hectares of cocoa plantations were destroyed and 8700 hectares of bare soil. Beyond this decline of the agricultural landscape, the intended economic growth of the mining industry is tainted by land conflicts and environmental drifts accentuated by illegal gold panning.

Key words : Biogeography, Landscape dynamics, Remote Sensing, GIS

¹Laboratoire d'Études et de Recherches sur les Milieux Naturels Tropicaux, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 22 BP 744 Abidjan 22

*Auteur de correspondance : nehi.bema@gmail.com

Introduction

La problématique de l'environnement minier et post minier est une préoccupation en Afrique de l'Ouest et relevée entre autres, par plusieurs auteurs au Mali (Belem, 2006), Niger (Daouda, 2014), Cameroun (Toumba et Wakponou, 2014) et Sénégal (Diallo, 2017). Les espaces ruraux et agricoles subissent des mutations physiques, sociales, démographiques et économiques. Les prospections minières suivies des exploitations de gisements créent un environnement minier et progressivement un front minier qui entre en compétition avec les activités agropastorales. Ce front minier se caractérise par la mise à nu du paysage et la progression spatiale de l'exploitation, condition nécessaire de production continue de la ressource pour satisfaire la demande internationale de la matière. Cette progression a tendance à se faire au détriment des terroirs agricoles et des habitations (Diallo, 2017). Le front minier, dans cette dynamique, devient la source de tensions locales. C'est pourquoi « les populations riveraines ne partagent pas l'enthousiasme que suscitent les projets d'établissements des entreprises minières » (Daouda, 2014). C'est ainsi que plusieurs crises entre planteurs et industriels ont émaillé l'activité minière dans l'Est du Département d'Oumé depuis les années 2000 (Kokora, 2013).

Traditionnellement agricole, le Département d'Oumé à la suite du déplacement de la boucle du cacao du Centre-Est au Centre-Ouest devint une zone pionnière du binôme café-cacao. Le terme boucle vient du tracé en forme de boucle fermée de la principale artère routière qui dessert la région du Centre-Est de la Côte d'Ivoire (Benveniste, 1974). Mais, le nom de boucle de cacao est donné en raison de l'importance de la production cacaoyère d'une région. Cette production cacaoyère est favorisée par les potentialités agricoles de la région d'Oumé (disponibilité forestière,

richesses des sols, précipitation abondante...) lesquelles ont attiré des vagues de migrants allochtones comme allogènes. Selon Chauveau et Richard (1983), le Département d'Oumé a connu entre 1965 et 1973, le plus fort taux d'accroissement démographique rural de Côte d'Ivoire (5,35% par an contre 3,5%, moyenne nationale). Comme conséquences, Oumé est confronté à la fois à la saturation foncière et à une agriculture florissante caractérisée essentiellement par la cacaoculture. Cependant, l'introduction de la prospection minière depuis 2000 réduit les surfaces agricoles du département et par conséquent la production cacaoyère. La direction départementale de l'agriculture note une baisse drastique de la production cacaoyère de 50000 tonnes annuellement à 30000 tonnes qu'elle attribue à l'activité minière (Kokora, 2013).

Dans un tel contexte de compétition pour l'espace entre d'un côté les activités d'extraction de l'or et de l'autre l'agriculture, l'étude de la dynamique paysagère permettra d'évaluer l'avancée de l'activité minière sur un paysage dominé par le cacaoyer. Il s'agit à partir d'images LandSat prises avant le phénomène minier (1999) et en plein essor de l'activité (2017) de :

- déterminer l'occupation du sol des années 1999 et 2017 de l'espace étudié ;
- analyser les mutations des exploitations agricoles et des sols des années 1999 à 2017 de l'espace étudié ;
- faire ressortir les impacts biophysiques, économiques, sanitaires et sociaux de l'activité minière dont les acteurs ne se limitent pas aux seules entreprises multinationales mais aussi à des artisans de plus en plus nombreux et moins respectueux des normes environnementales.

Matériel et Méthodes

Description de la zone d'étude

Le domaine forestier du Département d'Oumé appartient au secteur mésophile caractérisé dans les années 1960 par des forêts denses humides semi-décidues (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). Mais la végétation actuelle est caractérisée par des îlots de forêts naturels, des plantations forestières telles que *Tectona grandis* L.f., de grandes surfaces de cultures vivrières et pérennes dont le cacaoyer *Theobroma cacao* L. (OIBT, 2004). Les sols se situent entre les sols ferrallitiques et les sols ferrugineux : les ferrisols. Ce type de sols est un groupe de transition en cours d'évolution sous climat chaud humide (Kadéba et Barrora, 1981). Ces quarante dernières années, les précipitations annuelles dans le Département d'Oumé oscillent entre 700 et 1500 mm de pluies. La moyenne est de 1200 mm de pluies. Selon l'ANADER, cette hauteur de pluies caractérise les zones de forte production agricole notamment la

cacaoculture, ce qui explique la dominance spatiale des plantations de cacaoyers dans le Département d'Oumé. L'étude de l'impact de l'exploitation minière est réalisée à l'Est du Département (Figure 1). L'espace étudié est compris entre les forêts classées de Doka à l'Est, de la Sangoué à l'Ouest et de la Téné au Nord. Il est longé à l'Est par le fleuve Bandama. Cet espace s'étend du village de Bonikro au Sud et de Zangué au Nord. Ainsi, Bonikro, Gabia, Doka, Dougbafla et Zangué sont les principales localités (villages) incluses dans cet espace limité par les latitudes 6°28'0"N et 6°12'0"N et les longitudes 5°16'0"W et 5°25'0"W. Cet espace comprend à la fois les sites de recherche (Zangué) et les sites d'exploitation (Bonikro et Dougbafla) des sociétés industrielles et ceux exploités illégalement par les orpailleurs clandestins. Les sommets de ces périmètres de recherches et d'exploitations s'étendent dans les forêts classées.

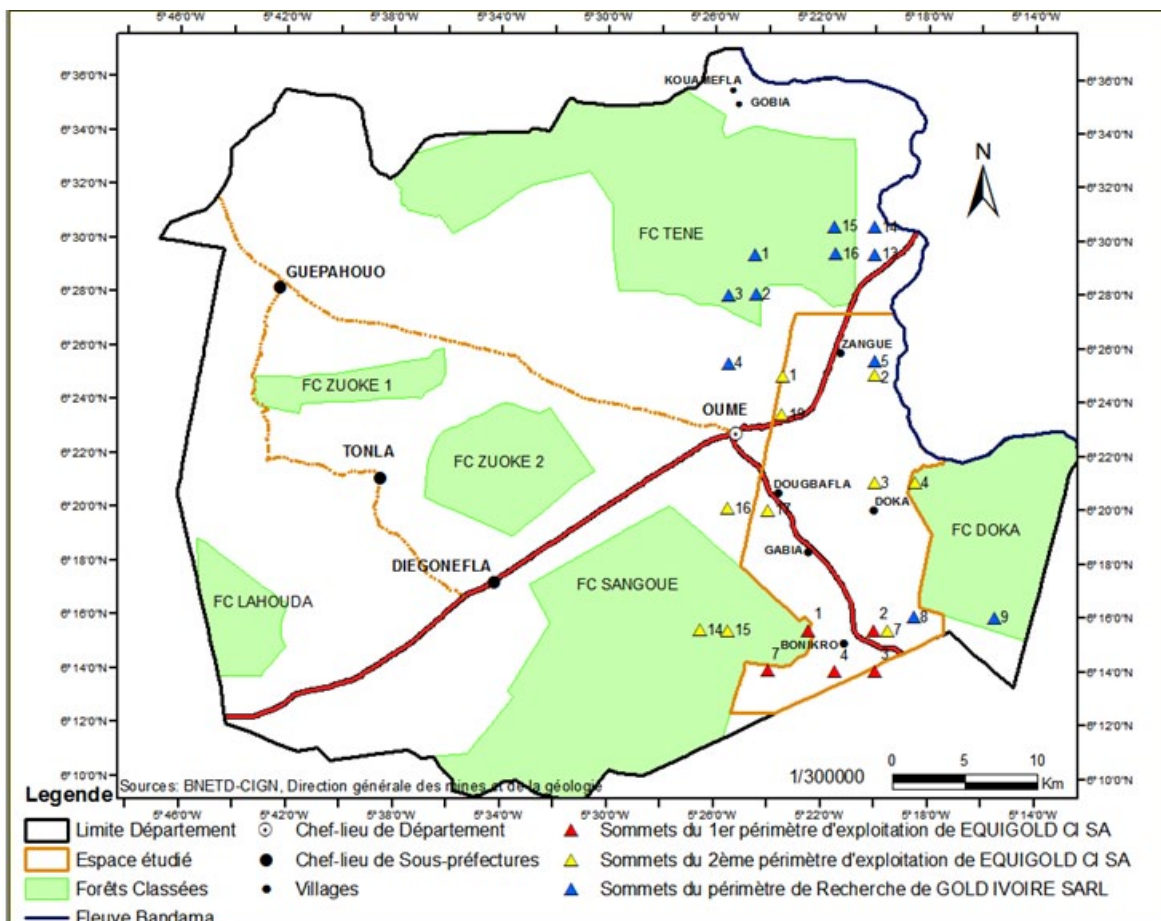


Figure 1: Localisation de l'Espace étudié dans le Département d'Oumé

La prospection minière a débuté en 2000 dans la zone de Bonikro bien que le permis de recherche ait été attribué en 1996 et l'exploitation effective en 2008. Le site d'exploitation de Bonikro de 37,12 Km² (Figure 2) est à cheval entre les sous-préfectures d'Oumé et de Hiré (Département de Divo) mais rattaché administrativement à la sous-préfecture de Hiré. Ce site d'exploitation abrite de même les installations de l'usine de la société EQUIGOLD CI SA filiale de la société Australienne NEWCREST Mining Limited laquelle a acquis le permis d'exploitation pour une durée de huit ans (Anonyme, 2017).

Au niveau de Gabia l'activité minière est aux mains des artisans, la société coopérative du TCHÔLÔGÔ, laquelle a développé cinq (5) sites d'exploitation en 2013.

Dans la même année, la société EQUIGOLD CI SA obtient un deuxième permis d'exploitation dans la zone de Dougbafla sur

281,1 Km². Ce permis lui permet d'exploiter sept (7) gisements potentiels découverts dans la même zone. Ces gisements satellites à ciel ouverts (Figures 3 et 4) ont pour rôle d'alimenter et perdurer l'activité de l'usine de Bonikro. Le site de Zangué a été de même déclaré exploitable par EQUIGOLD CI SA mais pas suffisamment rentable. Par conséquent, les orpailleurs clandestins s'en sont appropriés (Figure 5). L'exploitation du site minier de Dougbafla n'a pu être effective par EQUIGOLD CI SA suite à des conflits avec les communautés villageoises sur la question de l'indemnisation et au préalable posé par les autochtones exigeant le rattachement du site minier de Bonikro à la sous-préfecture d'Oumé. Ces blocages ont occasionné la récupération du site par les orpailleurs traditionnels et clandestins venus en majorité du Burkina Faso. Ces orpailleurs ont procédé à des contrats gré à gré avec les détenteurs des exploitations agricoles (Anonyme, 2017).



Figure 2: Amas de résidus d'extraction de l'or à Bonikro



Figure 3: Déformation de l'écorce terrestre à Dougbafla



Figure 4: Filon à ciel ouvert à l'intérieur d'une fosse à Dougbafla



Figure 5: Site de Zangué récupéré par les orpailleurs

Par ailleurs, depuis le 30 Septembre 2015, le site minier de Zangué fait partie du permis de recherche de la société IVOIRE MINERALS SARL dont le permis de recherche n°464 d'une superficie de 399,3 Km² s'étend sur les départements d'Oumé, Djekanou et Toumodi. Aussi, depuis juin 2017, la sous-préfecture d'Oumé fait-elle l'objet d'un nouveau permis de recherche minière délivré à la société LAODY EXPLORATION SARL.

Outre la présence de sociétés industrielles ou semi-industrielles, la zone d'étude est marquée par des activités minières de petites tailles aux mains de petits groupes



Figure 6: Puits d'extraction d'or dans une plantation cacaoyère



Figure 7: Extraction d'or sur le fleuve Bandama à Doka

Prétraitement des images

Les opérations de prétraitement effectuées permettent d'améliorer la lisibilité des images, de faciliter la discrimination et l'interprétation visuelle des types d'occupation du sol (Kangah et Koli bi, 2015). Ces opérations effectuées sont: le redimensionnement de l'image à la zone d'étude, l'application de la composition colorée, l'interprétation visuelle de l'image et la classification non supervisée par ISODATA. Cette dernière opération fournit une première représentation de l'occupation du sol par la coloration automatique des différents composants de la zone d'étude. Celle-ci est améliorée par une mission de terrain dont les outils d'observation sont les cartes imprimées de la composition colorée et de l'ISODATA obtenues de l'image LandSat d'avril 2017. La mission consiste sur trois itinéraires à reconnaître les légendes des cartes de l'ISODATA et de la composition colorée, à géoréférencer au moyen d'un GPS les différentes unités de l'occupation du sol rencontrées et les sites d'extraction de l'or.

Les parcelles d'entraînements prises avant la mission de terrain, les points et tracés GPS effectués lors de la mission de terrain ont facilité la numérisation des Régions d'Intérêt (ROI) sur ArcGis 10.2 et la classification supervisée sur Envi 5.1. Les ROI pour chaque classe sont compris entre 5 et 20.

Traitement des images

Les opérations de traitement d'images concernent la classification supervisée et la vectorisation de la classification. La classification supervisée permet de regrouper les pixels dont les signatures spectrales sont proches. Six classes sont retenues.

Classe 1: Forêts (Forêts galeries et Forêts régénérées),

Classe 2: Cultures paysannes (prédominance des plantations cacaoyères),

Classe 3: Sols dénudés ,

Classe 4: Localités ou Habitats

Classe 5: Fleuve Bandama,

Classe 6: Rivières

Pour la classification des images, l'algorithme utilisé est le maximum de vraisemblance. Cet algorithme a fourni de bons résultats dans les études de la dynamique des paysages (Konan, 2008; Koné, 2015; Adou, 2015). La méthode calcule la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée. Le pixel est affecté à la classe pour laquelle la probabilité est la plus forte. La classification obtenue est convertie en mode vecteur par les outils «Raster to vector» et «Classic EVF to shapefile». La plateforme ArcGis permet d'effectuer les analyses statistiques et spatio-temporelles sur ce fichier vecteur.

Carte de la dynamique de la cacaoculture

Pour réaliser la carte de la dynamique de la cacaoculture de 1999 à 2017, la superposition de des deux couches de cacaoculture (1999 et 2017) est réalisée par la fonction «union» du logiciel «ArcGIS 10.2». Ensuite, la sélection

de données sur la table attributaire de cette union par l'outil «select by attributes», permet de déterminer les surfaces suivantes (adaptée d'après Koné, 2015):

- Surfaces de Plantations stables: «Surface» de «date 1 (1999)» > 0 et «Surface1» de «date 2 (2017)» > 0.
- Surfaces de Plantations nouvelles: «Surface» de «date 1» = 0 et «Surface 1» de «date 2» > 0.
- Surfaces de Plantations disparues : «Surface» de «date 1» > 0 et «Surface 1» de «date 2» = 0.

Chaque surface sélectionnée est constituée en couche. La superposition de ces couches permet d'obtenir la carte de la dynamique de la cacaoculture (Figure 8). Le même procédé est utilisé pour la dynamique des sols dénudés.

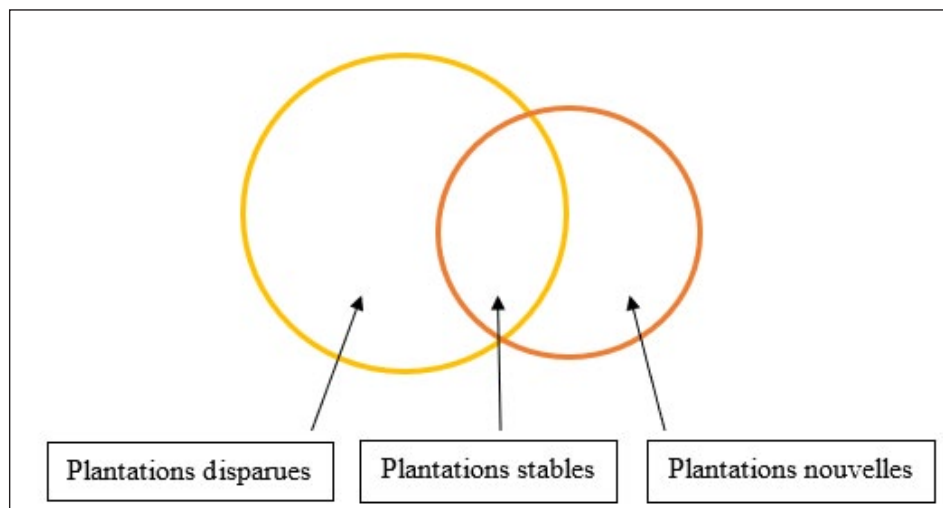


Figure 8: Illustration de l'Union des couches

Analyse de la disparition des exploitations agricoles et de la reconversion des formations en sols dénudés

Pour déterminer les formations issues de la disparition des plantations cacaoyères et les formations reconverties en sols nus, les croisements suivants sont faits. L'intersection de la couche des plantations disparues avec les couches des autres formations existantes en 2017 produit les surfaces des formations issues de la disparition des plantations de 1999 (Kangah et Koli Bi, 2015; Koné, 2015) (Figure 9). De même, l'intersection

de la couche des sols dénudés avec celle des autres formations existantes en 1999, détermine les surfaces des formations existantes en 1999 et reconverties en sols nus en 2017. Les mutations des plantations agricoles et des espaces dénudés permettent d'évaluer l'impact de l'activité minière dans le remodelage du paysage de l'espace étudié d'Oumé. L'organigramme ci-dessous (Figure 10) résume les méthodes utilisées pour la caractérisation de l'occupation du sol.

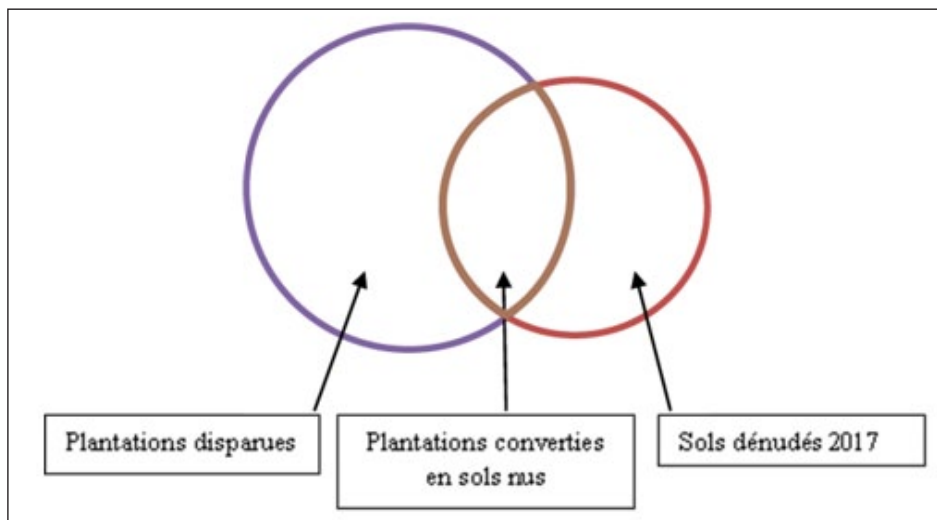


Figure 9: Illustration de l'Intersection des couches

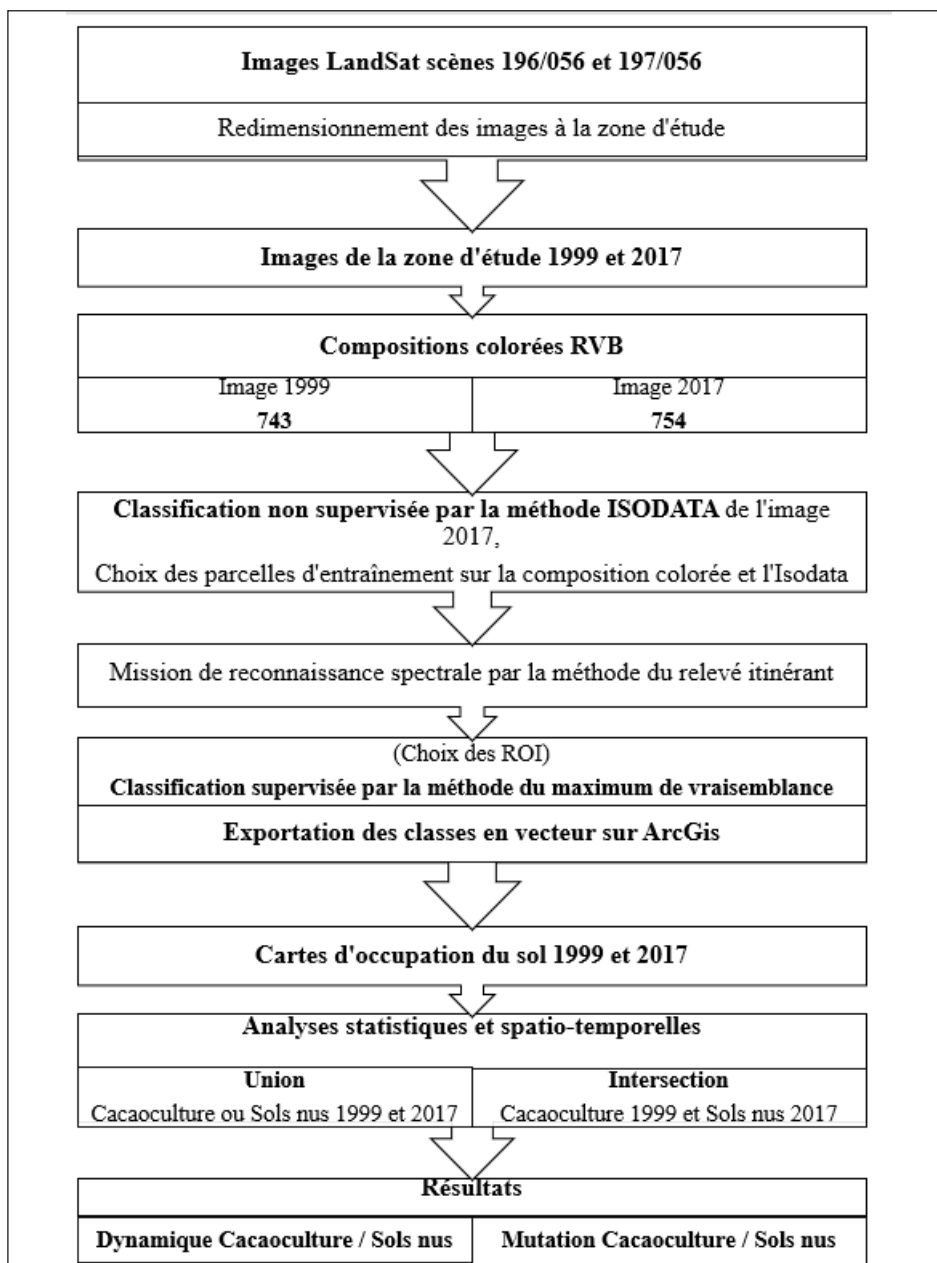


Figure 10: Organigramme des méthodes utilisées pour la caractérisation de l'occupation du sol

Délimitation de l'espace étudié

Les périmètres d'exploitation et de recherche se localisent à l'Est de la commune d'Oumé. De ce fait, la première étape est de tracer un polygone à l'Est de la commune d'Oumé lequel englobe les localités de Bonikro, Gabia, Dougbafla et Zangué. La seconde étape est

d'exclure les forêts classées de Sangoué et Doka en utilisant l'outil «Cut Polygons». La troisième étape est de circonscrire la limite sud du polygone aux limites de la sous-préfecture d'Oumé par la fonction «Clip». Enfin, la quatrième étape est de circonscrire la limite ouest du polygone aux sommets des périmètres miniers.

Resultats

Occupation du sol de l'espace étudié

L'occupation du sol de l'espace étudié est présentée pour les années 1999 et 2017. Les taux de classification globaux et de coefficient Kappa sont respectivement de 98,96% et 0,98 pour l'image de 1999 et de 89,88% et 0,87 pour l'image de 2017.

Occupation du sol de l'espace étudié en 1999

L'occupation du sol en 1999 se compose de six thèmes (Tableau 1) et est illustrée par la figure (11). Elle présente de grandes surfaces de forêts galeries denses situées sur la rive du fleuve Bandama évaluées à 607 ha. Les cultures paysannes essentiellement le cacao dominent le paysage avec 79% d'occupation des terres suivies des sols dénudés, 13%.

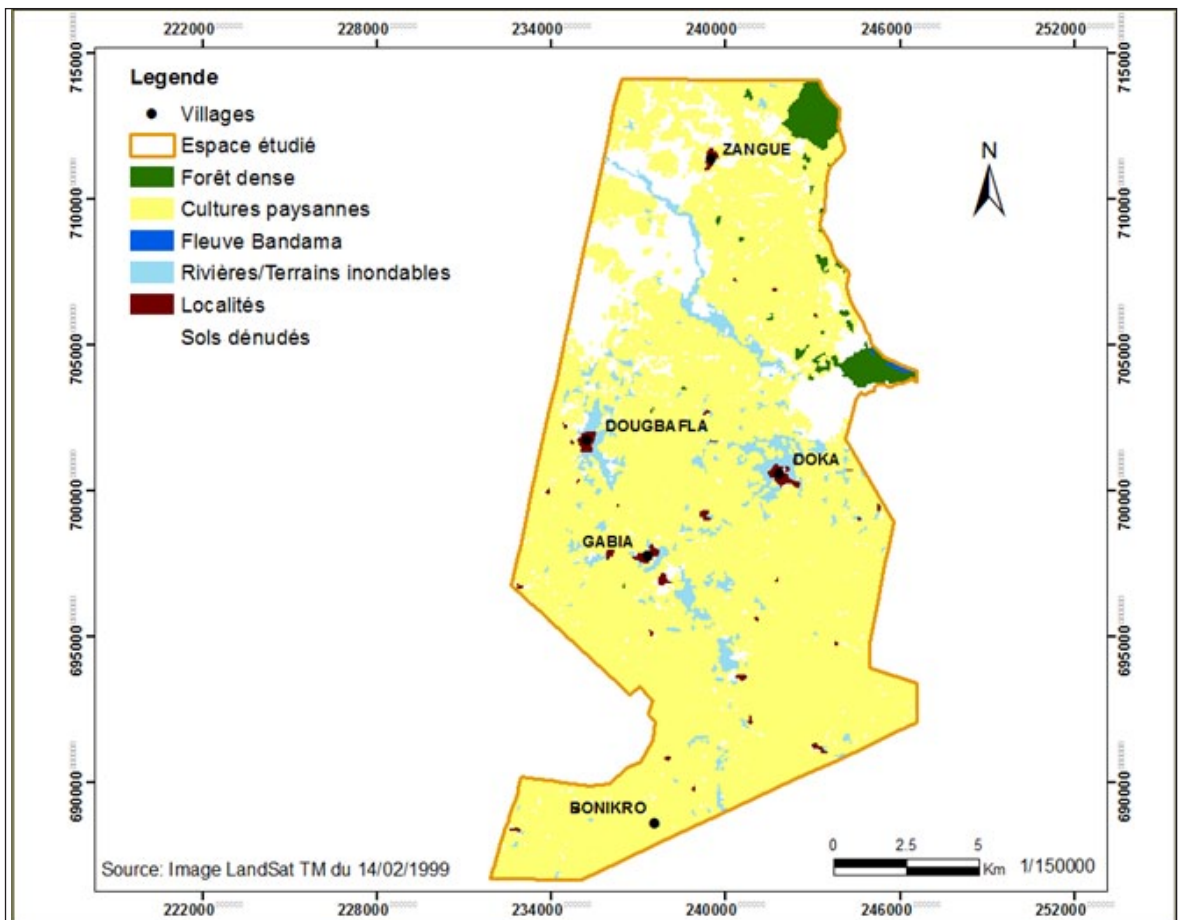


Figure 11: Occupation du sol de l'espace étudié en 1999

Tableau 1: Statistiques de l'occupation du sol de l'espace étudié en 1999

Thèmes	Surface 1999 (ha)	Surface 1999 (%)
Forêts denses	607	2,36
Cultures paysannes	20342	79,00
Cours d'eau	20	0,08
Rivières/Terrains inondables	1171	4,55
Localités/Habitats	220	0,85
Sols dénudés	3390	13,17
Total	25750	100,00

Occupation du sol de l'espace étudié en 2017

L'occupation du sol en 2017 se compose également de six thèmes (Tableau 2) et est illustrée par la figure (12).

Tableau 2: Statistiques de l'occupation du sol de l'espace étudié en 2017

Thèmes	Surface 2017 (ha)	Surface 2017 (%)
Forêts régénérées	1910	7,42
Cultures paysannes	12425	48,25
Cours d'eau	105	0,41
Zones humides	130	0,50
Localités	400	1,55
Sols dénudés	10780	41,86
Total	25750	100,00

En 2017, les cultures paysannes (48%) et les sols dénudés (42%) se partagent le paysage de l'espace étudié. Les sols dénudés sont passés de 13% en 1999 à 42% en 2017. Les formations forestières sont dominées par des forêts régénérées avec une grande concentration dans le terroir villageois de Zangué. Les essences forestières rencontrées sur la rive du fleuve Bandama sont le Raphia [*Raphia hookeri* G.Mann & H.Wendl (Arecaceae)], le Bahia [*Fleroya ledermannii* (K.Krause) Y.F. Deng (Rubiaceae)], le Badi [*Nauclea xanthoxylon* A.Chev Aubrév. (Rubiaceae)], le Borikio [*Uapaca corbisieri* De Wild (Phyllanthaceae)], le Rikio [*Uapaca guineensis* Müll.Arg.(Phyllanthaceae)] etc. Les terroirs des différents villages présentent de grandes surfaces dénudés. La mission a identifié et géoréférencé onze (11) sites d'extraction de l'or en activités et plusieurs autres puits d'extraction de l'or abandonnés après utilisation par les orpailleurs clandestins. Les plantations cacaoyères foisonnent de ces puits. Les sites visités ne représentent qu'un échantillon de l'état du paysage actuel. Même le fleuve Bandama est sous exploitation artisanale par des groupes d'individus.

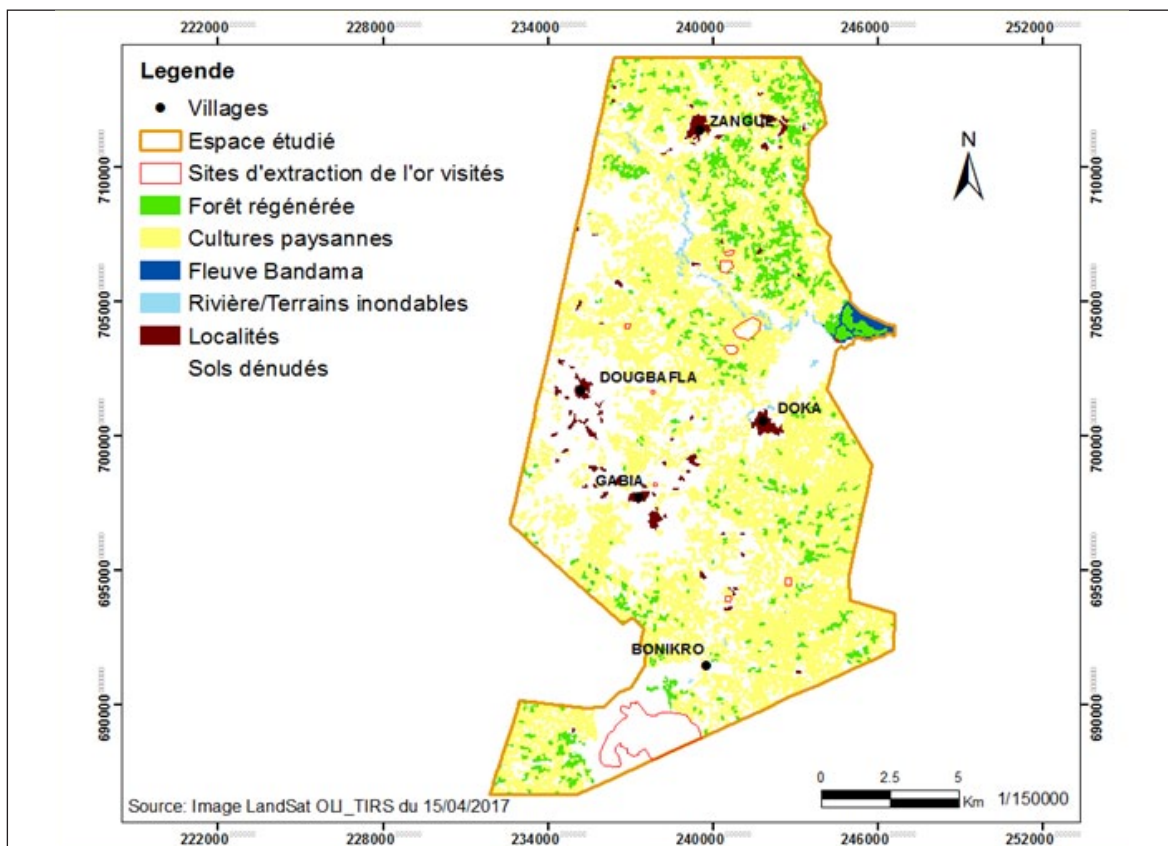


Figure 12: Occupation du sol de l'espace étudié en 2017

La disparition des cultures paysannes notamment des plantations de cacao et la forte croissance des sols nus suscitent l'intérêt d'étudier la dynamique de la cacaoculture et des sols dénudés.

Dynamique de la cacaoculture dans l'espace étudié de 1999 à 2017

Ces dix-huit dernières années, les exploitations agricoles détruites ou n'existant plus s'évaluent à 9535 ha soit plus de 43% des plantations (Tableau 3). Ces plantations détruites s'étendent sur tout le territoire étudié avec de fortes surfaces au niveau de Bonikro, Gabia et Dougbafla (Figure 13). Les nouvelles plantations prennent leur existence dans le terroir de Zangué. La mutation des plantations en sols dénudés est importante, 7750 ha soit 80% des plantations détruites (Tableau 4).

L'autre part des cacaoyères détruites s'est régénérées en forêts secondaires jeunes (17%).

Tableau 3: Statistiques de la dynamique de la cacaoculture, 1999-2017

	Plantations disparues	Plantations stables	Plantations nouvelles
Superficie (ha)	9535	10806	1618
Superficie (%)	43.42	49.21	7.37

Tableau 4: Unités thématiques issues de la disparition des plantations cacaoyères, 1999-2017

Thèmes	Surface (ha)	Surface (%)
Forêts régénérées	1614	16.93
Cours d'eau	3	0.03
Zones humides	32	0.34
Localités / Habitats	140	1.47
Sols dénudés	7746	81.24
Total	9535	100.00

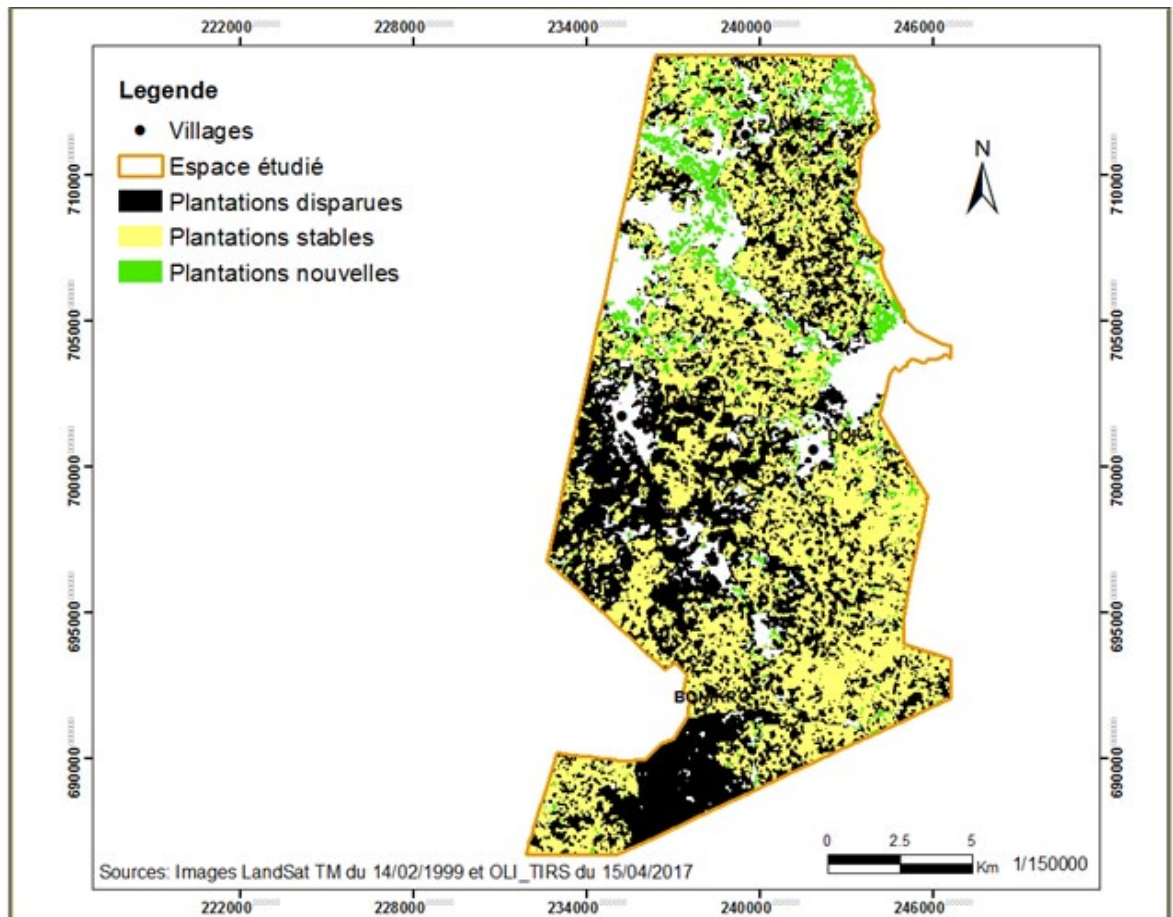


Figure 13: Dynamique de la cacaoculture 1999-2017

Dynamique des sols dénudés de l'espace étudié de 1999 à 2017

La dynamique des sols témoigne d'une recrudescence ces dernières années des sols dénudés dans l'espace étudié. Les surfaces

récemment dénudées s'estiment à 8700 ha (Tableau 5) soit 70% des sols. Les surfaces restées stables sont les routes, les pistes et les localités villageoises (20%). Tous les terroirs villageois sont marqués par de nouvelles

surfaces dénudées (Figure 14). Plus de 60 % de ces nouvelles surfaces proviennent de la destruction des plantations agricoles et 25% de la disparition des forêts (Tableau 6).

Tableau 5: Statistiques de la dynamique des sols dénudés, 1999-2017

	Sols reconvertis	Sols stables	Sols dénudés
Superficie (ha)	1171	2437	8734
Superficie (%)	9,49	19,75	70,77

De 1999 à 2017, deux phénomènes s'observent dans la zone d'étude: la destruction des plantations cacaoyères et la recrudescence des surfaces dénudées.

Tableau 6: Unités thématiques converties en sols nus, 1999-2017

Thèmes	Surface (ha)	Surface (%)
Forêts	74	25,12
Cultures paysannes	7860	62,65
Zones humides	800	12,23
Total	8734	100,00

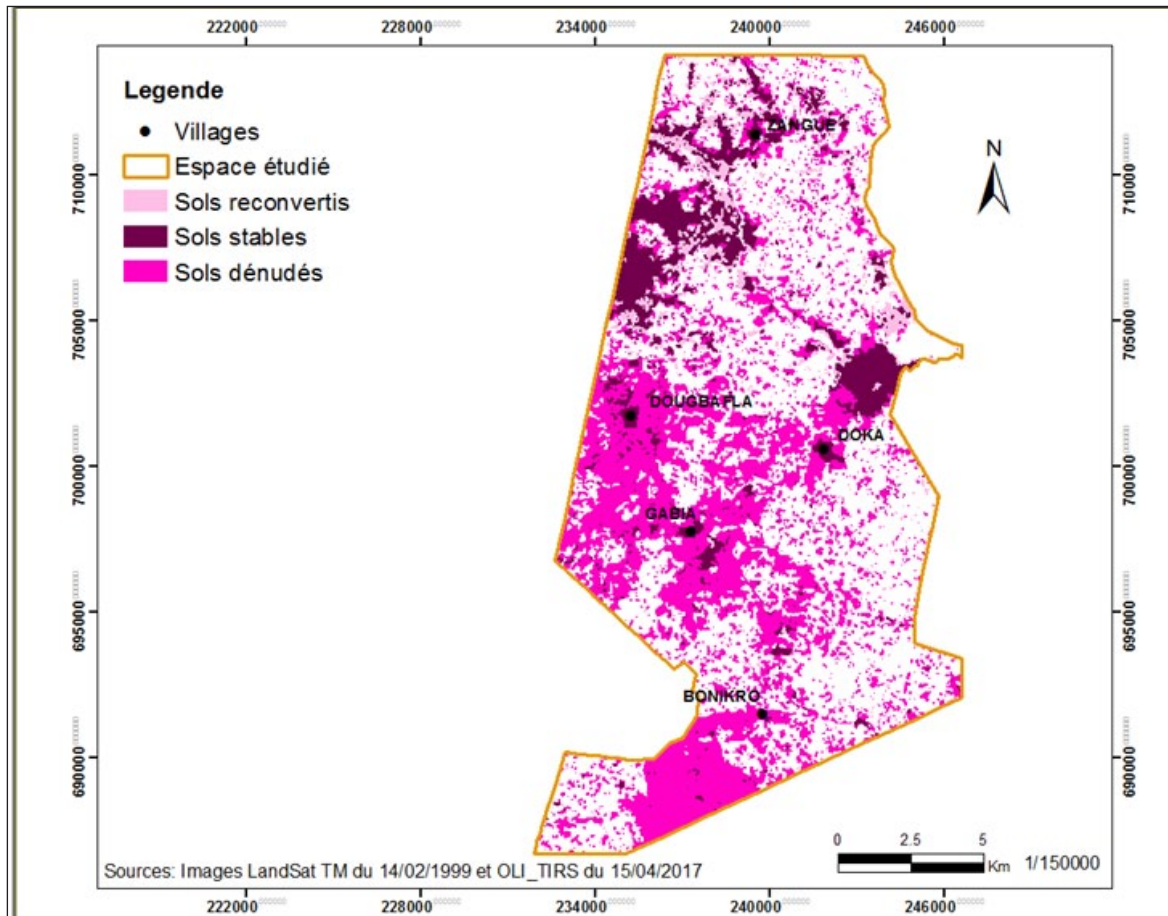


Figure 14: Dynamique des sols dénudés 1999-2017

Discussion

Les classifications des images satellitaires LandSat TM de 1999 et OLI_TIRS de 2017 ont permis de comprendre la dynamique spatio-temporelle sur une échelle de 18 ans de la zone étudiée. Les ressources forestières déjà soumises à la pression de la cacaoculture alors qu'elles jouent, encore aujourd'hui, un rôle important dans la vie des populations sont en forte réduction (Koulibaly *et al.* 2017; Piba *et al.* 2011). Cette pression de la cacaoculture s'apprécie par la domination

de 80% du paysage avant le début des travaux de prospection et d'exploitation. Par conséquent, avant les années 2000, l'agriculture basée sur la cacaoculture et les petits villages ont été les seuls éléments qui ont structuré le paysage de cet espace étudié du Département d'Oumé. En revanche, en 2017, au paysage agricole coexiste un paysage dénudé. Les sols dénudés occupent 42% du paysage tandis que la cacaoculture se réduit à 48% au lieu de 80% en 1999.

L'intrusion de l'activité minière sur un territoire exige de par ses procédés de prospection et d'exploitation, l'exclusion de tout autre usage dans le même espace. La constante mobilité à la recherche du minerai caractérisée par la présence de fosses et de puits ici et là accentue la mise à nu du paysage. Ce qui explique que les sols nus comptent pour 80% des unités thématiques issues de la disparition des exploitations agricoles. Au Sénégal, Diallo (2017) constate cette même compétition pour l'espace entre d'un côté les activités d'extraction du phosphate et de l'autre l'agriculture et l'élevage.

L'analyse à la fois des cartes de la dynamique de la cacaoculture et des sols a permis de localiser, d'évaluer l'impact de l'activité minière et de comprendre son évolution dans l'espace. Cette compétition pour l'espace dans notre zone d'étude suit une direction Sud-Nord. Elle a débuté au sud de Bonikro, ensuite Gabia, Dougbafla, Doka et atteint Zangué au Nord de la zone.

La dynamique de la cacaoculture évaluée à 43% les plantations détruites entre 1999 et 2017. L'impact de l'activité minière sur le cacao est manifeste dans les phases de prospection et d'exploitation aurifère. Durant la phase de prospection, des layons de 9m de largeur sur 1km sont effectués dans les plantations et détruisent des pieds de cacaoyers au passage. Par contre, la phase d'exploitation met à nu les surfaces cacaoyères. L'impact des industriels, plus considérable, est percevable sur les images satellitaires contrairement aux artisanaux dont l'appréciation de l'impact n'est possible que par la visite de terrain. Les artisanaux plus nombreux exploitent de petites surfaces et sont très mobiles. L'activité minière a une rentabilité plus considérable que l'agriculture mais a une plus faible employabilité et menace sur un long terme les cultures industrielles et vivrières. Faut-il faire un choix entre l'or et/ou le cacao? Cette préoccupation est relevée au Mali par Belem (2006) en ce qui concerne le choix entre l'or et/ou le coton. « le secteur cotonnier malien permet de faire vivre plus de 3 millions de personnes, comparativement aux quelques milliers de travailleurs du secteur minier ». De plus les zones cotonnières au Mali contribuent à la sécurité alimentaire par la production de 40% des céréales (Hazard, 2004).

Au Niger, Youssoufou (2014) indique de même que l'exploitation de l'uranium (qui s'étend sur 90 000 km² environ) compromet l'élevage et met en cause la dynamique des systèmes pastoraux.

En Europe et En Amériques, la découverte des gisements menacent de même les espaces agropastoraux. L'extraction et la valorisation du lignite s'est imposée au paysage agricole de la région d'Olténie en Roumanie (Calugaru, 2006). La dynamique des sols chiffre à 70% les sols dénudés entre 1999 et 2017 de l'espace étudié suite aux activités minières. Elle a permis d'exclure les villages et les routes existants et de considérer que les espaces dénudés par l'activité minière. L'exploitation des gisements exige l'agrandissement des routes existantes, la création de nouvelles routes, la construction de fosses, de carrières, de puits et de bâtiments. Cette conquête du territoire est qualifiée d'un enchâssement territorial par Diallo (2017) qui se traduit par l'expropriation des terres, des parcours pastoraux et le déplacement des populations riveraines au Sénégal.

Ces dynamiques du paysage provoquées par l'activité minière industrielle, semi-industrielle ou artisanale se caractérisent par des mutations biophysiques, économiques, sociales et engendrent des risques sanitaires. Les études d'impacts environnementales (EIE) menées par les entreprises industrielles permettent de circonscrire et réduire ces impacts mais les miniers artisanaux ou orpailleurs sont la plus grande menace. Transler *et al.* (2006) dénoncent en Guyane, l'utilisation du mercure par les orpailleurs pour récupérer les particules d'or piégées dans les boues aurifères. Le mercure a pollué les eaux et intoxiqué les populations du Haut Maroni (Guyane). Les impacts biophysiques s'observent par la modification de la topographie d'une zone relativement plane (200 m d'altitude), la destruction du couvert végétal, la turbidité des rivières et du fleuve Bandama.

Au niveau économique, la baisse du prix bord-champ du cacao de 1000 à 700F CFA (Jeune Afrique, 2017) durant la campagne 2016-2017 contribue à l'abandon des exploitations agricoles au profit de l'extraction minière clandestine. La main d'œuvre agricole burkinabé s'oriente vers l'orpaillage plus rentable que les contrats agricoles.

Au niveau sanitaire, la pollution de l'eau et de l'air (poussière dû aux opérations d'excavation et au concassage des minerais) peut provoquer des infections. Au Cameroun, dans l'arrondissement de Figuil, Toumba et Wakponou (2014) ont démontré que depuis 2011, 20% des malades souffrent de problèmes respiratoires. Ces infections sont dues à l'absorption des fines particules

de poussières ($< 2\mu\text{m}$) qui pénètrent dans les alvéoles pulmonaires. Une corrélation significative et forte (0,89) relie le nombre de malades à l'évolution de l'activité minière du calcaire. Les blessures sociales sont les plus lourdes. Selon Calugaru (2006), même si les villages détruits sont reconstruits sur des sites nouveaux, la rupture psychologique créée par la dissolution des anciennes communautés ne peut être comblée. Concernant la réduction des ressources forestières dans le département d'Oumé,

elle a été déjà démontrée par Koulibaly *et al.* (2017). La prise en compte ici, de l'impact de l'activité minière permet de faire un diagnostic plus complet de la menace qui pèse sur les ressources naturelles. De façon générale, il conviendrait comme le propose Belem (2006) de réduire l'impact des activités minières sur les territoires agricoles en fixant un compromis entre croissance économique et préservation des ressources naturelles dans une optique de développement social.

Conclusion

L'analyse de l'occupation du sol des années 1999 et 2017 de la zone étudiée dans le Département d'Oumé fait ressortir de grandes transformations du paysage rural dominé par la culture du cacao. Ces transformations sont la conséquence de l'intrusion minière depuis l'an 2000. À ce jour, on dénombre dans la sous-préfecture d'Oumé, trois sociétés en exploitation, deux autres en prospection et de nombreux orpailleurs artisanaux clandestins présents dans les plantations cacaoyères, dans les lits des cours d'eaux et sur les bords du fleuve Bandama. Cette intrusion minière évaluée à travers l'étude de la dynamique du paysage révèle une réduction de la surface des exploitations cacaoyères et une augmentation des sols dénudés. Il s'agit d'une progression évolutive du paysage minier aux dépens du paysage agricole guidée par l'exploitation des gisements aurifères de direction Sud-Nord. Le paysage minier caractérisé par les sols dénudés a atteint 42% d'occupation de la zone étudiée. Son impact sur la cacaoculture s'évalue à une perte de 7800 ha soit 90% des formations dénudés. Les sols dénudés comptent pour 80% des formations issues de la disparition des plantations cacaoyères. L'économie agricole et locale est ainsi mise

en mal au profit de l'économie minière et fait naître des tensions sociales. Les forces vives se reconvertissent à l'orpaillage ou migrent vers d'autres régions, et le tonnage départementale de la production du cacao baisse. Par ailleurs, l'entrée en jeu des orpailleurs clandestins dans l'activité minière fait naître des problèmes sociaux (conflits fonciers, insécurité...) et environnementaux (transformation du relief, assèchement et pollution des cours d'eau, pollution des nappes phréatiques, pollution de l'air, du sol, déforestation).

Mais, l'enjeu le plus important reste la préservation des réserves forestières incluses dans les permis de recherche et d'exploitation et la réhabilitation du paysage post minier. Une politique réussie de réhabilitation du paysage minier telle qu'incluse dans l'étude d'impact environnemental menée par les entreprises industrielles permettra sans doute de concilier développement économique, écologique et qualité de l'environnement. Dans cette perspective, la turbidité constante du fleuve Bandama et de ses affluents provoqués par l'intensification de l'orpaillage doit interpeller les politiques et la communauté scientifique.

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à United State Geological Survey, au Centre de Gestion de la SODEFOR de Gagnoa, à la Direction régionale des mines et de l'énergie

de Gagnoa, à la Direction départementale de l'agriculture d'Oumé et au Bureau de l'ANADER d'Oumé.

Références Bibliographiques

- Adou AG. 2015. Dynamiques, mutations spatiales et gestion des milieux naturels sur le littoral Alladjan (Sud-est de la Côte d'Ivoire) de 1990 à 2008. Thèse, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 302p.
- Anonyme. 2017. Rapport relatif aux activités minières. Direction départementale de l'agriculture, Oumé, 37p.
- Belem G. 2006. Le développement durable en Afrique : un processus sous contraintes. Expérience de l'industrie minière malienne. <http://www.vertigo.revues.org/2242>, consulté le 26/06/2017.
- Benveniste C. 1974. La boucle du cacao, Côte d'Ivoire, Étude régionale des circuits de transport. Travaux et documents, ORSTOM, Paris, 223p.
- Calugaru C. 2006. L'exploitation du lignite et la réhabilitation des paysages dans la région minière d'Olténie en Roumanie. <http://www.rge.revues.org/1444>, consulté le 25/06/2017.
- Chauveau JP, Richard J. 1983. Bodiba en Côte d'Ivoire, du terroir à l'Etat : petite production paysanne et salariat agricole dans un village Gban. Atlas des structures agraires au Sud du Sahara 19, ORSTOM, Paris, 119 p.
- Daouda YH. 2014. Responsabilité sociétale des multinationales en Afrique Subsaharienne : enjeux et controverses. <http://www.vertigo.revues.org/14712>, consulté le 26/06/2017.
- Diallo ML. 2017. L'industrie du phosphate de Taïba au Sénégal : front minier et tensions locales. <http://www.vertigo.revues.org/18330>, consulté le 26/06/2017.
- Guillaumet JL, Adjanohoun É. 1971. La végétation naturelle de la Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de la Côte. Avenard J, Eldin M, Girard G, Coulin JS, Touchebeuf P, Perraud A. *Mémoire ORSTOM*, 50 : 161 -261.
- Hazard E. 2004. Mali, Yellow Gold and White Gold, ENDA Prospective, Dialogue, Politiques, page 5.
- Jeune Afrique 2017. La Côte d'Ivoire enregistre une hausse de 28% de la production de cacao en 2016. <https://www.jeuneafrique.com/478856/économie>, consulté le 26/06/2017.
- Kadeba O, Barrora AV. 1981. Les sols de la savane soudanienne de l'Afrique occidentale. In F.A.O. & Forêt (Éd.). *Boisement des savanes en Afrique*, 11: 23-41.
- Kangah A, Koli BZ. 2015. Dynamique et transformation spatiale du littoral ivoirien : cas du littoral Alladjan, à l'ouest d'Abidjan. *Geotrope*, 1: 25-39.
- Kokora V. 2013. Oumé, Difficile cohabitation entre le cacao et l'or: De graves menaces planent. <http://www.news.abidjan.net/h/453432.html>, consulté le 10/03/2016.
- Konan KE. 2008. Conservation de la diversité végétale et activités humaines dans les aires protégées du sud forestier ivoirien: l'exemple du Parc National d'Azagny. Thèse de l'Université de Cocody, Abidjan, 270 p.
- Koné M. 2015. Evolution du couvert forestier dense et impact de la déforestation sur la migration de la boucle du cacao en Côte d'Ivoire. Thèse de l'Université Nanguy Abrogoua, Abidjan, 185p.
- Koulibaly A, Amon A, Konan D, Goetze D, Traoré K. 2017. Evaluation of the impact of «Clearing Practice» on vegetation for sustainable cacao culture in Côte d'Ivoire. *International Journal of science and Research*, 6 (1): 44-50.
- OIBT. 2004. Etude de la composition floristique et de la combustibilité des jachères, friches et savanes autour des forêts classées de la Téné et de la Soungourou. 87p.
- Piba SC., Koulibaly A, Goetze D, Porembski S, Traoré D. 2011. Diversité et importance sociale des espèces médicinales conservées dans les agrosystèmes cacaoyers au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Annales de Botanique. Afrique de l'Ouest*, 7 : 80-96.
- Toumba O, Wakponou A. 2014. Exploitation minière dans l'arrondissement de Figuil (Cameroun): problèmes de santé publique et effets environnementaux. <http://www.belgeo.revues.org/14853>, consulté le 25/06/2017.
- Transler AL, Saffache P, Moullet D. 2006. L'activité aurifère en Guyane : contexte et perspectives. <http://www.etudescaribeennes.revues.org/315>, consulté le 25 juin 2017.

EFFETS DE LA FERTILISATION MINÉRALE SUR L'ARCHITECTURE RACINAIRE DU RIZ PLUVIAL SOUS RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE BIMODAL EN ZONE DE SAVANE GUINÉENNE DE LA CÔTE D'IVOIRE

N'GANZOUA KR^{1*}, BAKAYOKO S¹, BRAHIMA K², YAO-KOUAMÉ A²

RÉSUMÉ

Les racines jouent un rôle important dans la fixation de la plante au sol et contribuent à son développement et sa survie. Leur architecture dépend de l'humidité du sol et de sa fertilité. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets des engrais chimiques sur la croissance racinaire du riz pluvial sous régime pluviométrique bimodal. Un dispositif en blocs complets randomisés a permis de comparer chez le riz pluvial NERICA 5, les effets de sept traitements d'engrais (K, PK, NK, NPK, NPKCa, NPKCaMg et NPKCaMgZn) appliqués comme fumure de fond, à un témoin sans engrais. Les expérimentations ont été conduites à M'bé Foro-Foro Bouaké au centre de la Côte d'Ivoire successivement en 2012, 2013 et 2014 sous des conditions pluviométriques variables et irrégulières. Les résultats ont montré un sol morphologiquement sans obstacle majeur à la croissance racinaire du NERICA 5. Cependant, leur architecture a été différemment impactée par les traitements étudiés sous la fluctuation de l'eau du sol. Un développement racinaire vertical du NERICA 5 a été observé sous stress hydrique alors qu'il a été latéral, en condition suffisante d'humidité. Ainsi, une meilleure architecture racinaire marquée respectivement par la densité racinaire, le front racinaire maximal, écart moyen racinaire et le taux d'exploration racinaire du sol, a été attribuée aux traitements fertilisants PK, NK et NPK. Cependant, l'efficacité de l'utilisation de l'eau du sol a été plus marquée par NPKCa avec la densité racinaire et la biomasse sèche dans l'agrosystème étudié.

Mots clés : Architecture racinaire, Engrais, Pluviométrie, Riz pluvial, Côte d'Ivoire

EFFECTS OF MINERAL FERTILIZATION ON THE ROOT ARCHITECTURE OF RAINFED RICE UNDER A BIMODAL RAINFALL REGIME IN THE GUINEAN SAVANNAH ZONE OF CÔTE D'IVOIRE

ABSTRACT

Roots play an important role in fixing the plant to the soil and contribute to its development and survival. Their architecture depends on soil moisture and fertility. The aim of this study was to evaluate the effects of chemical fertilizers on the root growth of rainfed rice under bimodal rainfall regime. A randomized complete block design was used to compare the effects of seven fertilizer treatments (K, PK, NK, NPK, NPKCa, NPKCaMg and NPKCaMgZn) in NERICA 5 rainfed rice applied as manure to a control without fertilizer. The experiments were conducted at M'bé Foro-Foro Bouaké in central Côte d'Ivoire successively in 2012, 2013 and 2014 under variable and irregular rainfall conditions. The results showed a soil morphologically without major hindrance to the root growth of NERICA 5. However, their architecture was differently impacted by the treatments studied under the fluctuation of soil water. Vertical root development of NERICA 5 was observed under water stress while it was lateral, in sufficient moisture. Thus, a better root architecture marked respectively by root density, maximum root front, root mean gap and root rate soil exploration were attributed to fertilizer treatments PK, NK and NPK. However, the efficiency of soil water use was more marked by NPKCa with root density and dry biomass in the studied agrosystem.

Key words : Root architecture, Fertilizers, Rainfall, Rainfed rice, Côte d'Ivoire

¹ Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, UFR Agroforesterie, Département de Agro pédologie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

² Université Félix Houphouët-Boigny Cocody, UFR Sciences de la terre et de Recherche minière, Département des sciences du sol, 22 BP 582 Abidjan Côte d'Ivoire

*Auteur de correspondance : renenganz@yahoo.fr

Introduction

Le riz est devenu ces dernières décennies, avec une consommation annuelle de plus de 58 kg/personne, l'aliment de base de la majorité de la population vivant en Côte d'Ivoire (STATISTA, 2017). Il entre de plus en plus dans les habitudes alimentaires des habitants des différentes régions du pays, notamment au centre. Malheureusement, sa production reste encore en deçà des besoins de consommation de la population (SNDR, 2012). Pour davantage améliorer la production du riz, les riziculteurs apportent constamment dans leurs différentes exploitations, des engrais simples ou composés. Cette action fertilisante vise essentiellement à favoriser la nutrition hydrominérale des plantes pour un développement harmonieux, et par conséquent, une meilleure récolte (Soltner, 2002). Or, chez les plantes, la nutrition hydrominérale se passe préférentiellement au niveau des racines qui fixent la plante au sol (Chopart, 2004). Le système racinaire étant souterrain, donc invisible et peu accessible, son étude a toujours été sous-estimée et ses caractéristiques sont peu connues. Pourtant, les racines jouent un rôle primordial dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante et apparaissent aussi comme la moitié complémentaire de la partie aérienne dans toutes les fonctions physiologiques de la plante (Raimbault *et al.*, 1991). La morphologie du système racinaire

est extrêmement importante et contribue en grande partie au développement et à la survie de la plante. Divers types de morphologies racinaires existent en général chez les plantes, mais les plantes herbacées dont le riz, ont un système racinaire de type fasciculé (Yoshida et Hasegawa, 1982). C'est un système composé de racines séminales et adventives, pourvues de poils absorbants spécialisés pour l'absorption de l'eau et des minéraux. Par ailleurs, il est prouvé qu'un bon développement racinaire est influencé par la chimie du sol (Lopez-Bucio *et al.*, 2003). L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont des nutriments qui agissent singulièrement sur le développement des racines des plantes (Jeon, 2006). Du fait que des relations de synergie et d'antagonisme peuvent exister entre ces nutriments suivant les conditions d'humidité du sol (Westerman, 1990), certaines combinaisons d'engrais pourraient donc, être plus favorables aux développements racinaires de sorte à avoir une conséquence directe sur l'alimentation hydrique et minérale du riz pluvial. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets des fertilisants chimiques (engrais) sur la croissance des racines du riz pluvial pour une bonne alimentation hydrique et minérale sous des conditions pluviométriques variables et irrégulières en zone de savane guinéenne de la Côte d'Ivoire.

Matériel et Méthodes

Description de la zone d'étude

Le travail a été réalisé à M'bé Foro-Foro Bouaké (07°52 N, 05°14 W, alt.261m) situé au centre de la Côte d'Ivoire, en zone de transition forêt-savane (Figure 1). Cette zone a été choisie parce qu'elle regorge d'immenses activités agricoles des populations, notamment, la riziculture pluviale. Le régime pluviométrique y est bimodal et définit quatre saisons bien

réparties : deux saisons sèches (une grande, novembre-février et une petite, juillet-août) et deux saisons pluvieuses (mars-juin pour la grande saison et septembre-octobre pour la petite saison). Les précipitations annuelles atteignent 1200 mm et la température moyenne se situe autour de 27 °C (Gigou, 1987a). Le sol est de type Dystric Ferralsol avec une végétation essentiellement herbacée, colonisée par *Imperata cylindrica* (Diatta et Koné, 2003 ; Kouakou *et al.*, 2016).

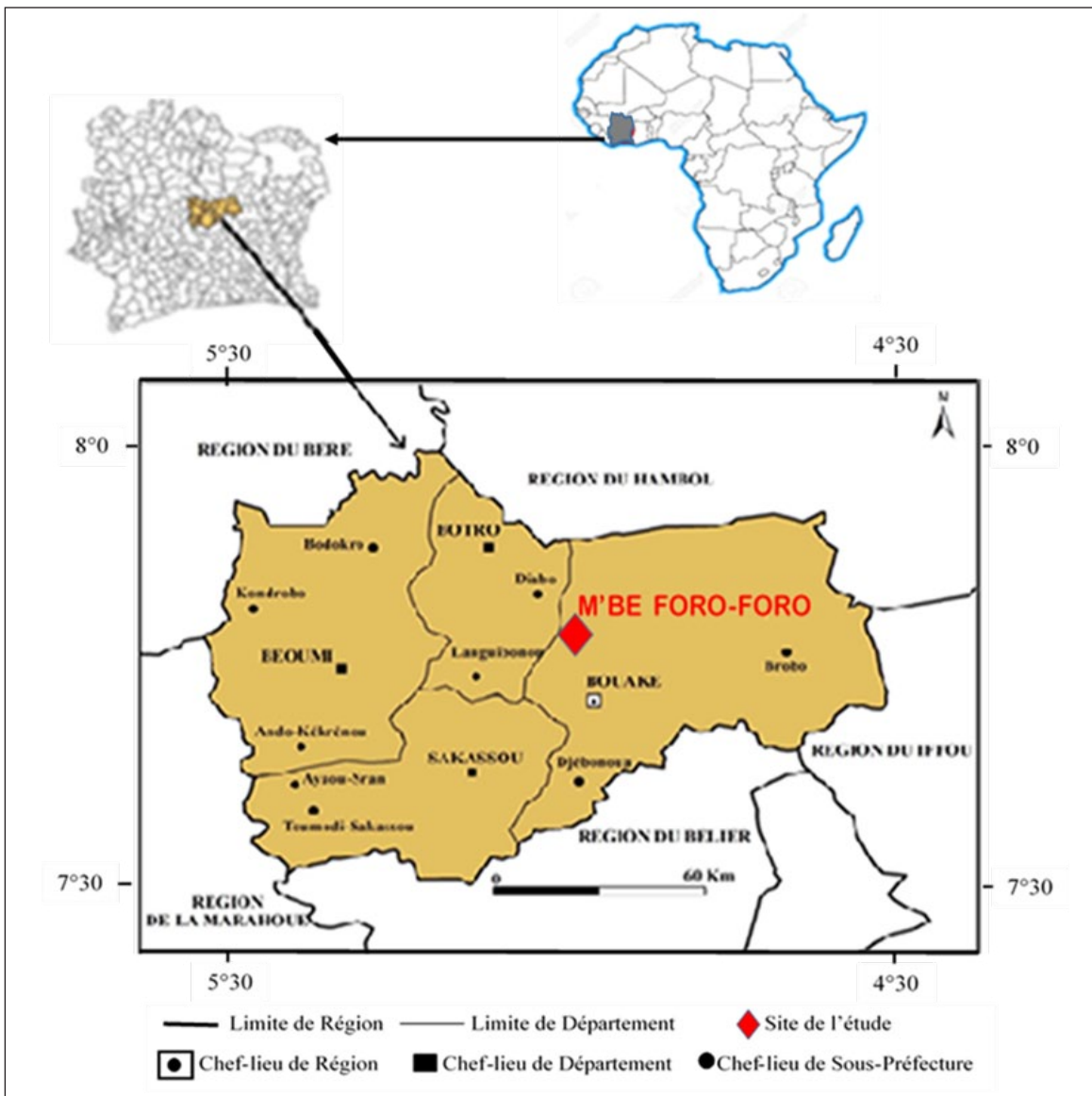
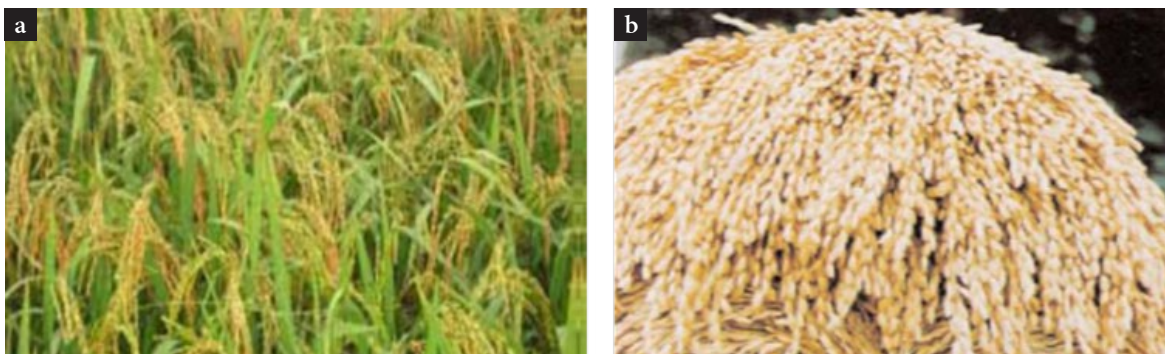


Figure 1 : Carte administrative de la région du Gbêkê indiquant le site d'étude

Variété de riz

Le NERICA 5 développé par AfricaRice a été la variété de riz utilisée dans cette étude (Figure 2). Elle est issue du croisement interspécifique entre le riz d'origine

asiatique *Oryza sativa* L. et le riz d'origine africain *Oryza glaberrima* L. Le NERICA 5 est précoce avec un cycle court de 95 à 100 jours et un rendement potentiel à la récolte de 4 tonnes à l'hectare (Moukoubi, 2001).



(a) : Riz NERICA 5

(b) : Paddy du riz NERICA 5

Figure 2 : Champ et paddy de riz pluvial de la Variété NERICA 5

Tableau 1: Doses d'engrais appliquées comme fumure de fond (Koné et al, 2009b)

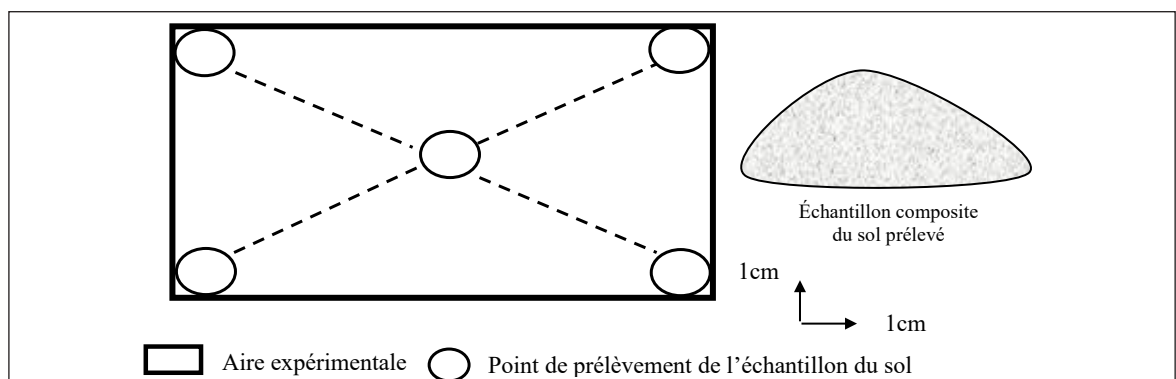
Source d'engrais	Doses appliquées (kg.ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	Zn
Urée (CO(NH ₂) ₂)	30	-	-	-	-	-
Super phosphate-tri (Ca(H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O)	-	100	-	-	-	-
Chlorure de potassium (KCl)	-	-	100	-	-	-
Carbonate de calcium (CaCO ₃),	-	-	-	50	-	-
Sulfate de Magnésium (MgSO ₄ H ₂ O)	-	-	-	-	50	-
Sulfate de zinc (ZnSO ₄ H ₂ O)	-	-	-	-	-	10

Mise en place des essais

Les essais ont été réalisés pendant trois années successives (2012, 2013 et 2014) dans un dispositif en blocs complets randomisés de quatre répétitions. Les blocs étaient distants de 1,5 m et possédaient chacun huit parcelles élémentaires de 5 m × 3 m. Les fumures minérales, qui ont été utilisées, étaient essentiellement constituées d'engrais, notamment, l'Urée (CO(NH₂)₂), le Super phosphate-tri (Ca(H₂PO₄)₂H₂O), le Chlorure de potassium (KCl), le Carbonate de calcium (CaCO₃), le Sulfate de magnésium (MgSO₄H₂O) et le Sulfate de zinc (ZnSO₄H₂O). Ces engrais ont servi à constituer sept traitements fertilisants : K, PK, NK, NPK, NPKCa, NPKCaMg et NPKCaMgZn aux différentes doses indiquées dans le tableau 1. Ils ont été appliqués comme fumure de fond avant le semis dans chaque micro parcelle, et comparés à un témoin sans engrais. Le riz a ensuite été semé directement en poquets à raison de deux grains à l'aide d'une daba dans un espacement régulier de 20 cm × 20 cm. Les semis ont été faits en juin respectant ainsi le calendrier cultural du riz pluvial en zone de savane de la Côte d'Ivoire. Un sarclage manuel a été réalisé au besoin. Aucune irrigation ni traitement phytosanitaire n'a été appliqué durant l'expérimentation. Au tallage et à l'initiation paniculaire, 35 kg ha⁻¹ d'azote ont été appliqués comme engrais de couverture.

Collecte des données pédoclimatiques du site d'étude

La collecte des données pédoclimatiques a consisté d'abord à l'ouverture d'une fosse pédologique de dimension de 100 cm de long sur 80 cm de large, avec 120 cm de profondeur sur le site et à sa description conformément aux variables définies par la FAO (2006). A partir de la description réalisée, le sol a été classé selon la base des ressources mondiales des sols (WRB, 2014). Ensuite, un prélèvement d'échantillons du sol a été réalisé à la tarière sur l'aire d'expérimentation, entre 0-20 cm de profondeur, dans chaque angle et au centre de la parcelle (Figure 3). Ces échantillons de sol ont été séchés, broyés et mélangés afin de prendre 1 kg d'échantillon composite pour les analyses physico-chimiques. Ces analyses ont été réalisées au laboratoire des sols et des végétaux de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro, en Côte d'Ivoire selon les méthodes standards (FAO, 1984). Elles ont concerné la granulométrie, le pH, le carbone (C), l'azote (N), le phosphore (P), le fer (Fe), le zinc (Zn), les cations échangeables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) et la capacité d'échange cationique (CEC). La teneur en matière organique (MO) a été calculée par la multiplication de la teneur en carbone par 1.72.

**Figure 3 :** Échantillonnage du sol dans la parcelle expérimentale

Concernant les données de pluviométrie, elles ont été relevées tous les matins à 7 heures et les soirs à 18 heures, par la lecture d'un pluviomètre installé à une cinquantaine de mètres de notre installation expérimentale durant les trois années respectives de l'essai. Ces heures de lecture du pluviomètre ont été choisies pour mieux apprécier les variations journalières et nocturnes de ce paramètre climatique.

Paramètres de croissance des racines

Les paramètres de croissance des racines sont multiples. Toutefois, dans cette étude, la priorité a été accordée à la densité des racines (DR), au front racinaire maximal (FRmax), à la densité de la longueur des racines (DLR), à l'écart moyen racinaire (EMR), au taux d'exploration racinaire (TER) et à la biomasse sèche racinaire (BSR) du riz. La densité racinaire et la biomasse racinaire ont été déterminées à maturité. Des vigoureux pieds de riz avec leurs racines ont été prélevés sur les quatre côtés et au centre de chaque micro-parcelle, en enfonçant un tube PVC de 110 mm de diamètre autour de chaque pied de riz choisi, jusqu'à 60 cm de profondeur. Les racines des pieds de riz prélevés ont été ensuite délicatement lavées sous jet d'eau pour les débarrasser de la boue et leur nombre déterminé après avoir sectionné la partie végétative. Ensuite, une fosse de 60 cm x 60 cm a été ouverte à 5 cm des lignes de semis dans chaque micro-parcelle pour

le comptage *in situ* des points d'impacts des racines à l'aide d'une grille de dimension 60 cm x 30 cm et de maille de 5 cm x 5 cm. Les nombres des points d'impacts racinaires ont été transformés à l'aide du logiciel « Racine » pour déterminer respectivement le front racinaire maximal, la densité de la longueur des racines, l'écart moyen racinaire et le taux d'exploration racinaire selon la méthode d'étude racinaire de Chopart (2004). Quant à l'efficacité de l'utilisation de l'eau du sol (EUES) par les racines, elle a été déterminée en faisant le rapport du rendement grain du riz par le cumul pluviométrique de chaque cycle cultural.

Analyse statistique

Les données racinaires obtenues ont subi une analyse de variance (ANOVA) réalisée avec le logiciel SAS V9.1 pour identifier les traitements qui ont significativement affecté le système racinaire du riz. La séparation des moyennes a été faite grâce au test de Student-Newman-Keuls lorsque le test d'analyse de variance est significatif au seuil de $\alpha = 0,05$. Des analyses de corrélation de Pearson (R) ont été également effectuées pour établir des relations entre les paramètres de croissance racinaire et l'efficacité de l'utilisation de l'eau du sol par les racines. La corrélation est établie au seuil de $\alpha = 0,60$ et les valeurs (+ R ; - R) indiquent, respectivement, une variation de même sens et de sens opposé, avec une intensité similaire de deux variables.

Résultats

Potentialité agro systémique du milieu

Le tableau 2 présente la description des caractéristiques morphologiques et physiques du profil du sol réalisé du site de l'essai.

On dénombre cinq horizons allant de A₁₁ à Gley12 d'épaisseurs variables (0-70 cm), de couleur brun foncé (7,5 YR 2,5/1) superficiellement à brun grisâtre tacheté ; brun 7,5 YR 6/1, Gley1 1/N, orangé 10 YR 5/8 en profondeur avec une nappe phréatique à environ 70 cm.

Leur porosité et leur cohésion vont respectivement de très poreux et meuble

superficiellement à pas poreux et très compacte plus en profondeur. Les racines sont assez nombreuses et millimétriques à orientation préférentielle subhorizontale à rares jusqu'à 50 cm de profondeur. La texture est sableuse superficiellement avec une structure particulière jusqu'à 28 cm et sablo-limoneuse, de structure polyédrique subangulaire au-delà de 28 cm jusqu'à 70 cm de profondeur. Cette description indique un sol de type hydromorphe sans horizon B, caractérisant son faible niveau d'évolution. Il s'agit d'un sol hydromorphe peu évolué d'apport colluvial, donc un sol Arénic gleyic (WRB, 2014) du fait de l'ensablement et de l'hydromorphie induite par la nappe phréatique.

Tableau 2: Caractéristiques morphologiques et physiques du profil du site d'étude

Horizons	Couleur	MO	Porosité	Cohésion	Racines	Texture	Structure
A ₁₁ (0-5 cm)	Brun foncé ; 7,5 YR 2,5/1	élevée	Très poreuse	Meuble	Assez nombreuses racines	Sableux	Particulaire
A ₁₂ (5-15 cm)	Brun tacheté ; brun 7,5 YR 3/2 ; orangé 7,5 YR 5/6	faible	poreuse	Peu compacte	Assez nombreuses racines	Sableux	Particulaire
A ₁₃ (15-28 cm)	Brun grisâtre tacheté ; brun 7,5 YR 4/2, orangé 7,5 YR 6/8	absente	Moyennent poreuse	Moyennent compacte	Nombreuses racines	Sableux	Particulaire
A ₁₄ (28-50 cm)	Brun grisâtre tacheté ; brun 7,5 YR 6/2, Gley 1 7/N, orangé 10 YR 6/8	absente	Peu poreuse	Compacte	Quelques racines	Sablo- limoneux	Particulaire à tendance polyédrique subangulaire
A ₁₅ (50-70 cm)	Brun grisâtre tacheté ; brun 7,5 YR 6/1, Gley 1 7/N, orangé 10 YR 6/8	absente	Pas poreuse	Très compacte	Quelques rares racines	Sablo- limoneux	Particulaire à tendance polyédrique subangulaire
Nappe (>70 cm)	+	+	+	+	+	+	+

MO = matière organique ; + (présence de nappe phréatique)

L'analyse physico-chimique de l'échantillon composite obtenu de l'horizon 0-20 cm est donnée dans le Tableau 3. Elle indique que le sol dans cette couche est sableux (83 %) peu acide (pH= 6,2) avec des teneurs en azote et en phosphore assimilables très faibles, respectivement, (N= 2,2 gkg⁻¹) et (P_{ass} =7,67 mgkg⁻¹). Le rapport C/N est élevé (C/N > 12). La capacité d'échange cationique (CEC) est de 2,4 cmolkg⁻¹. Les teneurs en cations échangeables en K⁺ (0,35 cmolkg⁻¹), Mg⁺⁺ (0,24 cmolkg⁻¹) et Ca⁺⁺ (0,63 cmolkg⁻¹) sont faibles ainsi que la teneur en oligo-éléments, notamment, en zinc (Zn = 0,167 mgkg⁻¹). Cependant, la teneur en fer est élevée (Fe = 2805 mgkg⁻¹). Le rapport Ca /Mg est moyen (Ca / mg > 2,62) et indique un léger excès du calcium sur le magnésium dans le sol. Les rapports Mg/K (Mg/K < 4) et Ca/K (Ca/K < 12) se sont révélées également faibles. Ce qui dénote que le magnésium et le calcium sont déficients par rapport au potassium dans le sol. Mais, la somme du calcium et du magnésium est en excès par rapport au potassium (K/Ca+Mg < 2). Tout ceci montre que le sol est pauvre en éléments nutritifs.

Tableau 3: Caractéristiques physico-chimiques du sol à la profondeur de 0-20 cm

Caractéristiques		Teneurs dans l'horizon (0-20 cm)
Physiques	Argile (p.c.)	10
	Limon (p.c.)	7
	Sable (p.c.)	83
Chimiques	pH (eau)	6,2
	MO (gkg ⁻¹)	59,86
	C (gkg ⁻¹)	34,7
	N (gkg ⁻¹)	2,2
	C/N	15,77
	P _t (mgkg ⁻¹)	50
	P _{ass} (mgkg ⁻¹)	7,67
	Zn (mgkg ⁻¹)	0,167
	Fe (mgkg ⁻¹)	2805
	K ⁺ (cmolkg ⁻¹)	0,35
	Ca ²⁺ (cmolkg ⁻¹)	0,63
	Mg ²⁺ (cmolkg ⁻¹)	0,24
	CEC (cmolkg ⁻¹)	2,4
	Ca/Mg	2,62
	Mg/K	0,68
Ca/K	1,8	
K / (Ca + Mg)	0,4	

Condition pluviométrique durant l'essai

Le tableau 4 montre la distribution des pluies par mois et par décades mensuelles en 2012, 2013 et 2014 durant le cycle du riz (NERICA 5).

On note une variabilité décadaire de la pluie durant l'expérimentation quelle que soit l'année. Sur la période de l'essai, les mois de juin et d'août en 2012 ainsi que juin, août et septembre en 2014 ont bénéficié d'une bonne pluviométrie (Cumul de pluie >100 mm) par rapport au mois de juillet qui a enregistré une faible pluviométrie (Cumul de pluie <100 mm). Cependant, excepté juin (2012)

et septembre (2014), on a une mauvaise répartition de la pluviométrie mensuelle illustrée par les pluviométries décadaires très variables.

En revanche en 2013, toutes les pluviométries mensuelles ont été très faibles (<100 mm) indiquant un déficit hydrique sévère durant l'expérimentation. Par ailleurs, avant le semis en juin 2012, le sol a reçu en mai un cumul pluviométrique depuis janvier de 580 mm contre 630 mm en 2013 et 912 mm en 2014. Aussi, la pluviométrie cumulée durant le cycle du riz en chaque année de l'expérimentation est plus marquée en 2014, 2012 et 2013 par ordre croissant.

Tableau 4: Paramètres pluviométriques du site d'étude au cours des années culturales

Années	Mois	Pluviométrie (mm)							
		Décades mensuelles			Maximale mensuelle	Minimale mensuelle	Cumulée mensuelle	Cumulée depuis janvier	Cumulée du cycle cultural
		1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}					
2012	Mai	5,5	41	91	45	2	137,5	580	327
	Juin	41	46	47	32	3	134	714	
	Juillet	21	5	56	52	4	82	796	
	Août	74	33	4	32	2	111	907	
	Septembre	36,8	43,3	62	38	1,5	142,1	1049,1	
2013	Mai	54,5	80,5	91,5	25	4	226,5	630,1	164,2
	Juin	55	2	6	50	2	63	693,1	
	Juillet	4,2	12,2	2,8	7,2	1,2	19,2	712,3	
	Août	16	28	48	25	2,5	92	804,3	
	Septembre	106	33	29	72	4	168	972,3	
2014	Mai	207	149,5	14	116,5	3	370,5	911,9	636,6
	Juin	123	77,8	10,5	66	1,2	211,3	1123,2	
	Juillet	26,8	43,4	5,4	41	2	75,6	1198,8	
	Août	33	63,8	41,5	40,2	1	138,3	1334,1	
	Septembre	182,6	109	117	92	1	408,5	1742,6	

Effets des traitements sur la rhizosphère par cycle cultural durant l'essai

Densité racinaire (DR)

La figure 4 montre la valeur moyenne de la densité racinaire indiquant le nombre total de racines au mètre carré par traitement selon le cycle cultural.

Globalement tous les traitements fertilisants ont affecté la densité racinaire par comparaison au témoin à blanc. Cependant, on observe que les valeurs de stimulations

de la densité racinaire enregistrées sont variables selon les traitements fertilisants avec un fort effet pour le NPKCa quel que soit le cycle cultural. Toutefois, il n'y a pas eu statistiquement de différence significative entre la densité racinaire affectée par ces traitements par cycle de culture. On note par ailleurs, une variabilité de la moyenne de la densité racinaire d'une année à l'autre avec respectivement 9198 racines pour 2012, 9018 racines en 2013 et 9738 racines en 2014 au mètre carré.

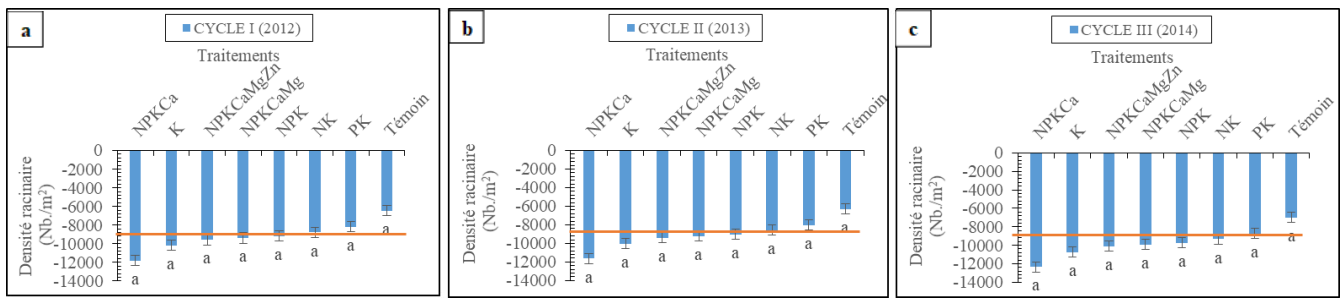


Figure 4: Valeur moyenne de la densité racinaire selon le traitement durant les cycles culturaux de 2012 (a), 2013 (b) et 2014 (c)
Le trait rouge indique la valeur moyenne générale pour le paramètre considéré par cycle de traitement

Front racinaire maximal (FRmax)

Le front racinaire maximal indique l'allongement maximal des racines impacté par les traitements fertilisants en chaque cycle cultural durant l'essai (Figure 5).

On note globalement que les traitements affectent variablement le FRmax dans un cycle et aussi d'un cycle à l'autre. En effet, en 2012, on note une variation des valeurs enregistrées résultant de la stimulation des traitements fertilisants avec un grand effet du PK (45 cm). Cependant, aucune différence significative n'a été statistiquement observée entre les traitements fertilisants affectant le FRmax. Par ailleurs, la valeur moyenne de la profondeur caractérisant le FRmax se situe autour de 39,22 cm pour ce cycle de culture.

En revanche, en 2013, on note une différence significative ($P < 0,05$) d'impacts des traitements sur le FRmax. Le traitement NK a eu la valeur de FRmax la plus élevée (50 cm), PK et K ont eu des valeurs intermédiaires tandis que NPK, NPKCaMgZn, NPKCaMg et NPKCa ont enregistré des valeurs faibles et similaires par comparaison au témoin à blanc. La moyenne générale des valeurs de FRmax (37,19 cm) a été presque identique à celle de l'année précédente, 2012 (39,22 cm). Tous les traitements fertilisants ont influencé significativement ($P < 0,05$) le FRmax en 2014, excepté NPKCaMgZn qui n'a pas été statistiquement différent du témoin. La profondeur maximale a été obtenue avec le traitement NK (35 cm) pour une moyenne générale se situant autour de 31 cm.

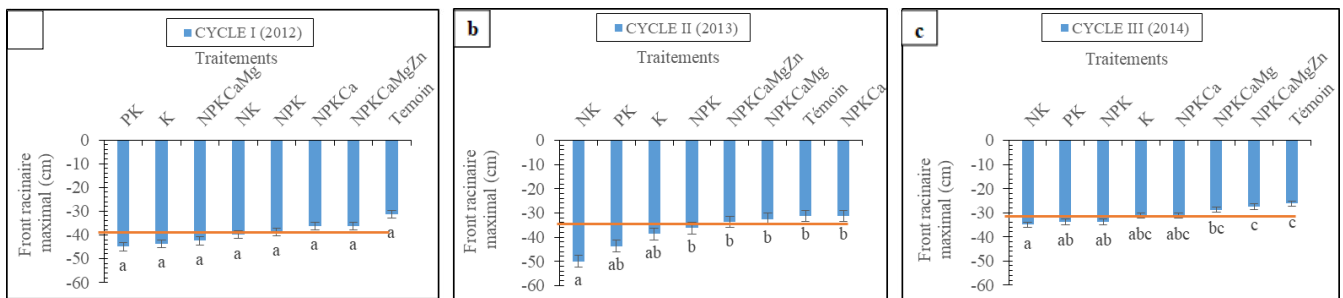


Figure 5: Valeur moyenne du front racinaire maximal selon le traitement durant les cycles culturaux de 2012 (a), 2013 (b) et 2014 (c)
Le trait rouge indique la valeur moyenne générale pour le paramètre considéré par cycle de traitement

Densité de la longueur racinaire (DLR)

La figure 6 présente les variations de la densité de la longueur racinaire par traitement durant les trois années successives de l'essai.

On note qu'il a un effet variable des traitements fertilisants sur la densité de la longueur racinaire dépendamment de l'année de culture. Le traitement NK respectivement en 2012 (38,7 cm/m²) et en 2014 (34,75 cm/m²) semble avoir un meilleur effet sur la DLR alors que pour l'année 2013, c'est le traitement NPKCaMg (74,48 cm/m²) qui s'est montré

plus intéressant pour la DLR. En revanche, le traitement fertilisant NPKCaMgZn a eu un moindre effet sur la densité de la longueur racinaire quel que soit l'année de culture. Dans l'ensemble, on remarque que la DLR a bien été stimulée en 2013 avec une moyenne générale de 55,32 cm comparativement en 2012 (31,85 cm) et 2014 (28,16 cm) par ordre décroissant. Toutefois, il n'y a statistiquement aucune différence significative entre les valeurs de la DLR résultant de l'effet des traitements fertilisants pour chacune des trois années d'études.

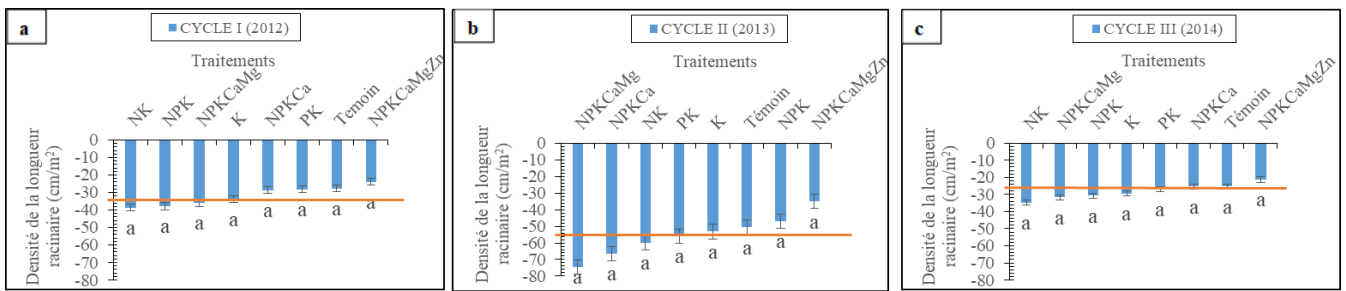


Figure 6: Valeur moyenne de la densité de la longueur racinaire selon le traitement durant les cycles culturaux de 2012 (a), 2013 (b) et 2014 (c)

Le trait rouge indique la valeur moyenne générale pour le paramètre considéré par cycle de traitement

Ecart moyen racinaire (EMR)

La ramification racinaire traduit par les écarts moyens racinaires est illustrée par la figure 7.

On note globalement une variabilité de l'EMR selon les traitements fertilisants et l'année d'expérimentation. En effet, en 2012, NPKCa (5,73 cm) a été le traitement qui a le moins affecté l'EMR et K (3,21 cm) celui qui a induit un plus grand écart entre les racines par comparaison aux autres traitements et au témoin à blanc. Toutefois, aucune différence significative n'a été statistiquement observée entre les traitements fertilisants affectant

l'EMR. Par ailleurs, la valeur moyenne de l'EMR enregistrée pour ce cycle de culture a été de 4,35 cm. En revanche, 2013 et 2014, ont présenté des différences significatives ($P < 0,05$) entre les traitements fertilisants impactant l'EMR. Le traitement NPKCaMgZn a eu un moindre effet sur ce paramètre racinaire alors que NK a entraîné un fort EMR par comparaison aux autres traitements y compris le témoin. Par ailleurs, 2014 a globalement eu une stimulation assez faible des traitements fertilisants pour une valeur moyenne générale de l'EMR plus grande (5,35 cm) contre 4,57 cm pour 2013.

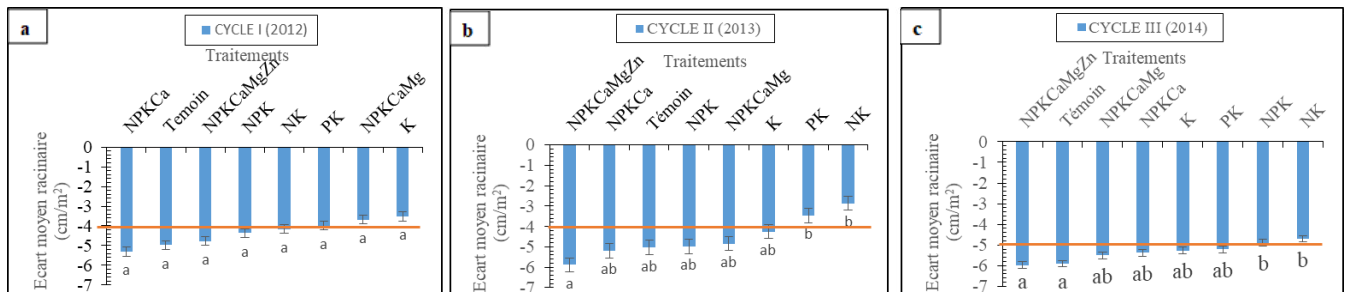


Figure 7: Valeur moyenne de l'écart moyen racinaire selon le traitement durant les cycles culturaux de 2012 (a), 2013 (b) et 2014 (c)

Le trait rouge indique la valeur moyenne générale pour le paramètre considéré par cycle de traitement

Taux d'exploration racinaire (TER)

La figure 8 montre le taux d'exploration du sol par les racines selon les traitements au cours des trois années expérimentales.

On note dans l'ensemble que les traitements fertilisants ont bien impacté le taux d'exploration du sol par les racines variablement de l'année de culture. En 2012, tous les traitements fertilisants ont eu des valeurs de stimulation du TER en dessous du témoin à blanc avec un très faible effet pour le NPKCa. En revanche en 2013, NPK et

NPKCaMgZn ont eu des valeurs en dessous du témoin à blanc alors que NPKCaMg et NPKCa affichaient les valeurs du TER relativement les plus élevées. Un résultat similaire a été obtenu en 2014 avec NK et NPKCaMg pour les plus grandes valeurs puis NPKCa et NPKCaMgZn pour les valeurs les plus faibles du TER. Cependant, aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les traitements fertilisants n'a été enregistrée variablement par cycle cultural et les valeurs de la moyenne générale enregistrées ont été 70 % (2012), 23 % (2013) et 12 % (2014) par ordre décroissant.

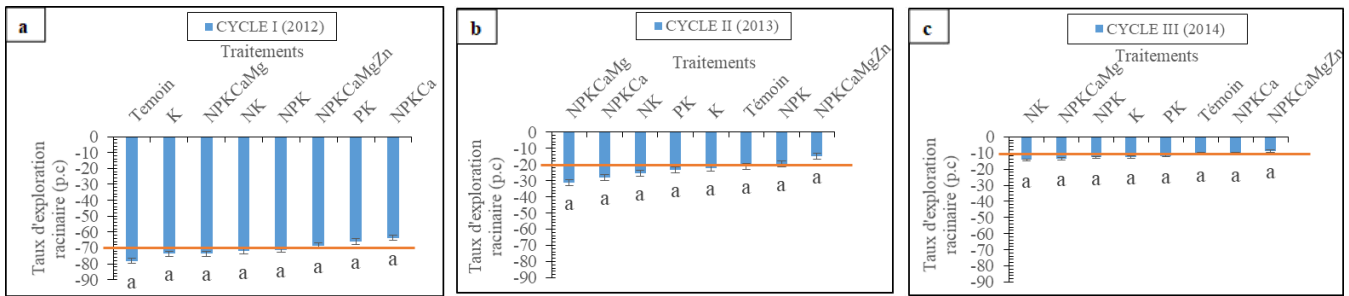


Figure 8: Valeur moyenne du taux d'exploration racinaire selon le traitement durant les cycles culturaux de 2012 (a), 2013 (b) et 2014 (c) Le trait rouge indique la valeur moyenne générale pour le paramètre considéré par cycle de traitement

Biomasse sèche des racines (BSR)

La valeur moyenne de la biomasse sèche racinaire (Figure 9) traduit le calibrage des racines selon les traitements et les années.

Globalement, tous les traitements fertilisants ont impacté significativement ($P < 0,05$) la biomasse des racines par comparaison au témoin à blanc quel qu'en soit le cycle

cultural. Le traitement NPKCa a eu la valeur de BSR la plus élevée, NPK a été intermédiaire et NPKCaMg, K, PK, NPKCaMgZn ont enregistré des valeurs faibles et similaires par comparaison au témoin à blanc. Cependant, les valeurs moyennes générales du BSR respectivement enregistrées ont été 123,86 g/m² (2013), 131,06 g/m² (2012) et 138,26 g/m² (2014) par ordre croissant.

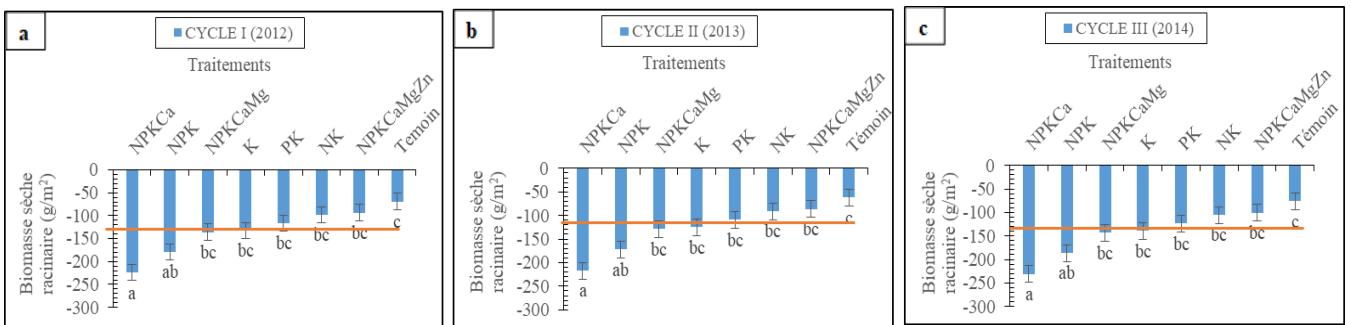


Figure 9: Valeur moyenne de la biomasse sèche racinaire selon le traitement durant les cycles culturaux de 2012 (a), 2013 (b) et 2014 (c) Le trait rouge indique la valeur moyenne générale pour le paramètre considéré par cycle de traitement

Comparaison des valeurs moyennes de la rhizosphère durant l'essai

Les valeurs moyennes des différents caractères d'enracinement évalués par cycle cultural sont représentées par la figure 10.

On note une variabilité des valeurs moyennes des caractères racinaires d'un cycle à un autre durant la période expérimentale. Pour la densité racinaire (Figure 10a), les cycles culturaux n'ont pas statistiquement été différents mais affichent une légère variabilité de la densité racinaire avec respectivement 9738 racines (2014), 9198 racines (2012) et 9018 racines (2013) au mètre carré. Une observation similaire a été également faite avec la biomasse sèche racinaire dans le même ordre avec respectivement 138,26 g (2014), 131,06 g (2012) et 123,86 g (2013) au mètre carré, présenté par la figure 10f.

Pour le front racinaire maximal (Figure 10b), une différence statistiquement significative a été enregistrée entre les cycles culturaux. On note que 2012 et 2013 ont enregistré une valeur du front racinaire maximal plus grande et sensiblement identique par rapport à 2014.

En ce qui concerne, la densité de la longueur racinaire, les cycles culturaux ont présenté des valeurs statistiquement différentes (Figure 10c). On observe que l'année 2012 a permis d'obtenir une densité de la longueur racinaire plus élevée que 2013 et 2014 qui ont d'ailleurs affiché des valeurs presque identiques. Un résultat similaire a été enregistré respectivement avec l'écart moyen racinaire (Figure 10d) et le taux d'exploration racinaire (Figure 10e) enregistrant respectivement des valeurs plus grandes en 2012 que 2013 et 2014.

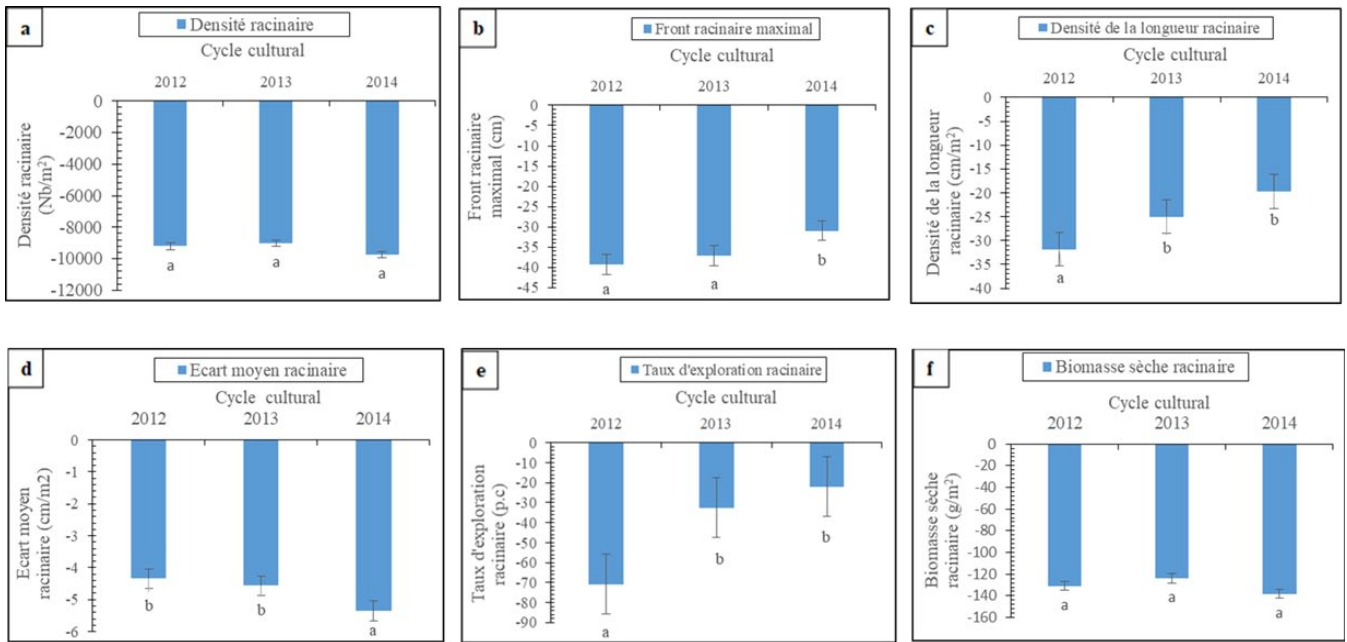


Figure 10: Variation des caractéristiques racinaires du riz selon les cycles culturaux

Effets des traitements sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau du sol (EUES)

Le tableau 5 présente les valeurs moyennes de l'efficacité de l'utilisation de l'eau selon les traitements fertilisants et les années.

Il n'y a aucune variation significative ($P > 0,05$) des valeurs moyennes de l'efficacité de l'eau quel que soit le traitement au cours d'une année. Par ailleurs, d'un cycle de

culture à l'autre, l'efficacité de l'utilisation de l'eau liée aux traitements fertilisants n'a été significative ($P < 0,05$) que pour les traitements K, PK et NPKCa. Pour les traitements K et NPKCa, l'efficacité de l'utilisation de l'eau la plus importante a été observée en 2014. La plus faible efficacité d'utilisation de l'eau a été observée durant l'année 2013 avec les traitements K, PK, NPKCa et NPKCaMgZn.

Tableau 5: Valeur moyenne de l'efficacité de l'utilisation de l'eau selon le traitement et le cycle cultural (2012, 2013, 2014)

	Efficacité de l'utilisation de l'eau (Kg grains / m ³)					
	2012	2013	2014	CV (p.c.)	MG (Kg grains/m ³)	P > F
Témoin	0,35aA	0,17aC	0,52aA	59,86	0,35	0,113
K	0,44aB	0,16aC	0,82aA	34,91	0,47	0,001
PK	0,69aA	0,23aB	0,74aA	45,42	0,55	0,034
NK	0,61aA	0,27aA	0,70aA	55,52	0,57	0,147
NPK	0,36aA	0,38aA	0,67aA	53,62	0,47	0,215
NPKCa	0,60aB	0,27aC	0,82aA	44,42	0,57	0,035
NPKCaMg	0,55aA	0,42aA	0,58aA	58,47	0,51	0,741
NPKCaMgZn	0,52aA	0,21aB	0,56aA	50,02	0,43	0,097
CV (p.c.)	62,71	67,81	31,23	-	-	-
MG (Kg grains/m ³)	0,52	0,26	0,68	-	-	-
P > F	0,782	0,404	0,342	-	-	-

CV = Coefficient de variabilité ; MG = Moyenne générale. Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de $\alpha = 0,05$. Les lettres en minuscule et en majuscule indiquent respectivement la comparaison des traitements par année et des années par traitement

Relation rhizosphère et efficacité de l'utilisation de l'eau du sol (EUES)

Le tableau 6 présente les valeurs de corrélation entre l'efficacité de l'utilisation de l'eau et les paramètres racinaires durant les trois années (2012, 2013 et 2014) de l'essai.

Pour les paramètres DLR et TER, aucune corrélation significative avec l'efficacité d'utilisation de l'eau n'a été observée pour

tous les cycles de culture. Une corrélation positive a été observée entre le coefficient d'utilisation de l'eau et le FRmax (0,35). Durant l'année de culture 2014, une corrélation positive a été enregistrée entre le coefficient d'utilisation de l'eau et les paramètres DR (0,51), FRmax (0,61), et BSR (0,44). Au cours de cette même année, le coefficient d'utilisation de l'eau et l'EMR ont été corrélés négativement.

Tableau 6: Corrélation entre les caractéristiques racinaires et l'efficacité de l'eau du sol selon le cycle cultural

	Coefficient de corrélation (R)																	
	DR			FRmax			DLR			EMR			TER			BSR		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
EUES	-0,25	0,05	0,51	0,35	0,03	0,61	-0,00	0,19	-0,13	-0,27	0,07	-0,40	-0,01	0,19	-0,13	-0,25	0,09	0,44
	ns	ns	**	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*

EUES = Efficacité de l'utilisation de l'eau du sol ; DR = Densité racinaire ; FRmax = Front racinaire maximal ; DLR = Densité longueur racinaire ;

EMR = Ecart moyen racinaire ; TER= Taux d'exploration racinaire ; BSR. = Biomasse sèche racinaire ; ns = Corrélation non significative ; * = Corrélation significative, ** = corrélation hautement significative;

Discussion

Le diagnostic physico-chimique du sol étudié a indiqué au niveau physique, qu'il s'agit de sol hydromorphe sans horizon B, peu évolué d'apport colluvial avec en occurrence la présence d'une nappe phréatique en profondeur. Il est classé comme un sol de type Arénic gleyic (WRB, 2014). Sa texture sableuse et sa structure particulière polyédrique, à tendance subangulaire renfermant d'assez nombreuses à rares racines, démontrent que ce sol ne présente pas d'obstacle majeur quant à l'enracinement des plantes herbacées à système racinaire fasciculé comme le riz (Hoogmoed et Klaij, 1994; Jeon, 2006). Au niveau chimique, les teneurs des éléments nutritifs majeurs et oligo-éléments relevées caractérisent un sol hydromorphe de faible fertilité. Ce caractère appauvri des sols hydromorphes est attribué à la texture sableuse et à la structure particulière des sols transitoires entre le bas-fond et le plateau (Délaunois *et al.*, 2008). Il y a donc un besoin de valoriser ces sols par la fertilisation minérale pour la riziculture pluviale. Cependant, la variabilité et/ou la mauvaise répartition de la pluviométrie si l'on se réfère aux résultats des cumuls pluviométriques durant les cycles culturaux respectivement en 2014 (636 mm),

2012 (327 mm) et 2013 (164,2 mm) constituent une contrainte majeure pour la riziculture pluviale. Cette irrégularité pluviométrique s'explique par une accentuation du régime pluviométrique bimodal dans la région (Kouassi *et al.*, 2010). Toutefois, les nutriments appliqués ont impacté morphologiquement l'architecture racinaire du riz pluvial. Il y a eu un développement variable des paramètres d'enracinement, affectés simultanément par les traitements fertilisants et les conditions pluviométriques sèches (année 2013) ou humides (année 2014). À l'analyse des résultats globaux de l'enracinement, il y a eu un développement racinaire préférentiel de la plante du riz selon les conditions pluviométriques du milieu. On a donc distingué une élongation racinaire verticale en condition de stress hydrique, comme observé par les plus grandes valeurs du front racinaire maximal, de la densité de la longueur racinaire et du taux d'exploration racinaire en 2013, jugé plus sec et une ramification racinaire beaucoup plus latérale en condition suffisante d'humidité comme observé avec la densité racinaire, l'écart moyen racinaire, la biomasse sèche des racines respectivement plus forte et le faible taux d'exploration du sol

par les racines pour une année plus arrosée en 2014. Ce résultat confirme les travaux de Fitter (1982) et ceux de Uga *et al.* (2013) qui ont respectivement montré l'influence de la fertilité des sols et du stress hydrique sur le développement racinaire des céréales. Tout se passe comme si en condition d'assèchement du sol, les traitements induisent une attraction des racines vers les horizons en profondeur, moins exposés à l'évaporation et relativement plus humides d'une part et d'autre part, une extension superficielle des racines par saturation du sol asphyxiant les méristèmes racinaires à cause du manque d'oxygène dans le sol en condition d'humidité élevée. Ce développement architectural est dû aux différentes interactions entre les nutriments dans le sol, notamment, le potassium (K), le phosphore (P) et l'azote (N) qui sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques de fonctionnement de la plante liés à l'élongation racinaire et leur ramification comme l'ont démontré par Gransee et Führs (2012). Ces nutriments ont induit une bonne synergie pendant la nutrition minérale qui a engendré une variabilité qualitative des racines sous stress hydrique ou en condition d'humidité selon les travaux de Hsiao et Läuchli (1996). Du fait que le développement racinaire soit vertical en condition de stress hydrique, la croissance des racines a été plus étirée et plus allongée et donc leur diamètre a été plus réduit par rapport au développement latéral où les racines ont été raccourcies et donc plus ou moins volumineuses pour un diamètre plus grand. Cette assertion découle non seulement du caractère pluvial du riz mais aussi des résultats de la densité de la longueur racinaire, du front racinaire maximal et du taux de l'exploration obtenus respectivement plus importants pour l'année 2013 considérée plus sèche comparée à l'année 2014 plus arrosée. Ces qualités de petits ou de grands diamètres des racines ont influencé la fonction d'alimentation hydrominérale des racines par la conductance de l'eau du sol. À cette morphologie racinaire, s'ajoutent les mécanismes physiologiques racinaires mis en évidence par le riz pour maintenir turgescentes ses cellules, en vue de l'activité photosynthétique en condition d'humidité limite. Ces mécanismes physiologiques font appel d'une part, à la différenciation cellulaire des bandes de Caspari dans l'exoderme et de subérine dans l'endoderme

pour limiter le transport hydrique racinaire par la voie apoplastique et d'autre part, à la modification structurale des aquaporines pour contribuer de façon significative à la régulation de la perméabilité de la racine à l'eau pour une meilleure tolérance au stress. Selon les travaux de Kano *et al.* (2011) et ceux de Lian *et al.* (2004) et de North *et al.*, (2004), tous ces mécanismes contribuent en conditions de stricte humidité, à contrôler le flux du soluté du sol vers les organes aériens pour l'activité photosynthétique par une inhibition des aquaporines. Cette analyse se justifie dans une certaine mesure par la valeur moyenne de l'utilisation efficiente de l'eau du sol significativement avec les traitements PK, NK et NPKCa et par la corrélation positive significative observée entre les différents paramètres d'enracinement avec l'efficience de l'utilisation de l'eau variablement selon l'année de culture. Par ailleurs, une meilleure architecture racinaire marquée par la densité racinaire (DR), le front racinaire maximal (FR_{max}), écart moyen racinaire (EMR) et le taux d'exploration du sol par les racines (TER) ont pu être attribuée aux effets des traitements fertilisants PK, NK et NPK. Cette organisation structurale des racines est modifiée par la présence du calcium (Ca), magnésium (Mg) et le zinc (Zn) dans les traitements NPKCa, NPKCaMg et NPKCaMgZn variablement selon que l'année est sèche ou plus arrosée. L'effet du Ca pourrait réduire la croissance racinaire du fait qu'il joue un rôle de transducteur de signal permanent des récepteurs de la plante induisant des réponses physiologiques dès la détection d'un stress abiotique ou biotique. Ce résultat approfondit les travaux de Koné *et al.* (2008) sur la tolérance du riz pluvial au stress hydrique avec l'exclusion du calcium dans la composition minérale de base. En revanche, l'efficience de l'utilisation de l'eau a été plus marquée dans le traitement NPKCa, que PK, NK et NPK à cause du rôle de transducteur de signal du calcium impliquant les aquaporines pour une conductance du flux d'eau racinaire face au stress hydrique. Ce qui justifie l'assertion que, le calcium participe à la modification structurale des aquaporines pour contribuer de façon significative à la régulation de la perméabilité de la racine à l'eau pour une meilleure tolérance au stress (Shinozaki *et al.*, 2003 ; Lian *et al.*, 2004 ; Sade *et al.*, 2009).

Conclusion

L'alimentation hydrique et nutritionnelle de la plante nécessite une bonne architecture racinaire qui est déterminée à la fois par l'humidité et la disponibilité des nutriments du sol. Notre étude a montré qu'il y a un développement racinaire préférentiel de la plante du riz selon les conditions pluviométriques du milieu : la rhizogenèse est préférentiellement verticale sous stress hydrique et latérale en condition normale d'humidité du sol. La longueur et la densité des racines résultent de l'interaction des éléments nutritifs majeurs (N ; P ; K et Ca)

disponibles dans le sol. Le flux hydrique est régulé par la structure des racines impliquant les aquaporines en réponse à l'état hydrique du sol sous l'effet des éléments minéraux, notamment le calcium. Toutefois, le développement d'un bon système racinaire peut contribuer au transfert des éléments minéraux du sol vers la partie végétative à travers une alimentation hydrique convenable. Ce qui pourrait contribuer à l'activité photosynthétique de la plante et améliorer la productivité, notamment, le rendement.

Références Bibliographiques

- Chopart JL. 2004. Les systèmes racinaires des cultures tropicales : rôle, méthodes d'étude in situ, développement, fonctionnement. Document de synthèse CIRAD-CA, 42p.
- Diatta S, Koné B. 2003. Étude morpho-pédologique et hydrologique du bas-fond de Foro-foro. Projet PBF, PAM-ADRAO, 30p.
- Délaunois A, Ferrié Y, Bouche M, Colin C, Riond C. 2008. Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols, destinés aux agriculteurs et agronomes, Chambre d'agriculture 81, INRA Montpellier, 37 p.
- FAO. 2006. Guidelines for soil description, 93p.
- FAO.1984. Méthodes d'analyse physique et chimique des sols et des eaux, *Bulletin pédologique de FAO* N° 10 Rome, 280 p.
- Fitter AH. 1982. Morphological analysis of root systems: application of the technique and influence of soil fertility on root system development in two herbaceous species. *Plant Cell Environment*, 5: 313-322.
- Gigou JJ. 1987a. L'adaptation des cultures dans le centre de la Côte d'Ivoire. *Agronomie tropicale* 42 (1): pp. 1-12.
- Gransee A, Führs H. 2012. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions, *Plant Soil* doi: 10.1007/s11104-012-1567-y, 104-112.
- Hoogmoed WB, Klaij MC. 1994. Le travail du sol pour une agriculture durable. Cours de formation, 4-13 juillet 1994. FAO. Disponible auprès de : <http://www.fao.org/docrep/W7304F/w7304f00.htm>. Consulté le 25/11/2018
- Hsiao TC, Läuchli A. 1986. Role of potassium in Plant-water relations. *Advances in Plant nutrition* 2 (8): 281-311.
- Jeon WT. 2006. Rice root distribution and rice-based cropping systems for sustainable soil-rhizosphere management. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Land Development Department, Bangkok, Thailand, 15p.
- Kano M, Inukai Y, Kitano H, Yamauchi A. 2011. Root plasticity as the key root trait for adaptation to various intensities of drought stress in rice. *Plant Soil*, 342 : 189-196.
- Koné B, Diatta S, Saidou A, Akintayo I, Cissé B. 2009b. Réponses des variétés interspécifiques du riz de plateau aux applications de phosphate en zone de forêt au Nigeria. *Canadian Journal of Soil Sciences*, 89 (5) : 555-565.
- Kouakou KJ, Yapi A, Alui KA, Akotto OF, Yao-Kouamé A. 2016. Pédopaysage et distribution de *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. (Poaceae) dans deux agro-écosystèmes de la Côte d'Ivoire : Abidjan et Bouaké. *International Journal of Innovation and Scientific Research* 22 (1) : 238-249

- Kouassi AM, Kouamé KF, Koffi YB, Dje KB, Paturel JE, Oulare S, 2010. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Revue Européenne de géographie*. <https://cybergeo.revues.org/23388>, consulté le 17/11/2018.
- Lian HL, Yu X, Ye Q, Ding XS, Kitagawa Y, Kwak SS, Sul WA, Tang ZC. 2004. The role of aquaporin RWC3 in drought avoidance in rice. *Journal of Plant Physiology* 45 : 481-489.
- Lopez-Bucio J, Cruz-Ramirez A, Herrera-Estrella L. 2003. The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Current Opinion in Plant Biology* 6 (3): 280-287.
- Moukoumbi YD. 2001. Caractérisation des lignées interspécifiques (*O. sativa* x *O. sativa*) et interspécifiques (*O. glaberrima* x *O. sativa*) pour leur adaptabilité à la riziculture de bas-fond, 98p
- SNDR, 2012. Ministère de l'agriculture de Côte d'Ivoire, Office National de Développement de la Riziculture, Stratégies Nationales révisées de Développement de la filière Riz en Côte d'Ivoire 2012-2020, 40p.
- Raimbault BA, Vyn TJ, Tollenaar M. 1991. Corn response to rye cover crop, tillage methods and planter options. *Agronomy Journal* 83: 287-290.
- Soltner D. 2002. Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol et son amélioration. Sciences et Techniques Agricoles. 472p.
- STATISTA. 2017. Consommation du riz en kilogrammes par habitant au niveau mondial entre 2010 et 2018. <http://fr.statista.com/statistiques/564291/utilization-du-riz-mondiale-par-habitant-2000/2020>. Consulté le 16/4/2018.
- Uga Y, Sugimoto K, Ogawa S, Rane J, Ishitani M, Hara N, Kitomi ., I Ynukai Y, Ono K, Kanno N, Inoue H, Takehisa H, Motoyama R, Nagamura Y, Wu J, Matsumoto T, Takai T, Okuno K, Yano M. 2013. Control of root system architecture by *DEEPER ROOTING 1* increases rice yield under drought conditions. *Nature Genetics*, 45: 1097-1102
- Westerman RL. 1990. Soil Testing and Plant Analysis, third ed. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 784 p.
- WRB.2014. World reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. World soil resources reports, N° 106, FAO, Rome, Italy, 92p.
- Yoshida S, Hasegawa S. 1982. The rice root system: its development and function. *In: Drought resistance of crops with emphasis on rice*. IRRI, Los Banos, Philippines, pp. 97-114.

DIVERSITÉ STRUCTURALE DES PEUPELEMENTS LIGNEUX DES CACAOYÈRES DE LA RÉGION DE GRAND-ZATTRY (CÔTE D'IVOIRE)

DELEWRON GR^{1,2*}, N'GUESSAN KF^{1,3}, N'GUESSAN KÉ²

RÉSUMÉ

Cette étude réalisée dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire s'est fixée comme objectif principal, la caractérisation de la végétation associée aux cacaoyers en rapport avec le profil des planteurs. La collecte des données a ciblé 102 plantations d'un hectare chacune. Ces plantations appartiennent à trois groupes ethniques. Ainsi, 37 plantations entretenues par les paysans autochtones, 32 plantations chez les paysans allochtones et 33 plantations chez les paysans allogènes ont été caractérisées sur la base du diamètre à hauteur de poitrine (DHP moyen), de la densité, de l'aire basale et de la distribution diamétrique. Cette étude a montré que l'adoption de nouvelles pratiques culturelles a conduit à l'intensification des modes de gestion des plantations. Les espèces ligneuses survivent dans certaines cacaoyères du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire quelle que soit l'origine des planteurs. Cependant la conservation durable de ces espèces est plus assurée chez les paysans autochtones. Ainsi, la cacaoiculture peut permettre de préserver une partie de la flore ligneuse constituée d'espèces naturelles et introduites.

Mots clés : Cacaoyères, Conservation durable, Diversité structurale, Espèces introduites, Espèces préservées.

STRUCTURAL DIVERSITY OF THE WOODY SETTLEMENT IN COCOA FARMS OF THE GRAND-ZATTRY REGION (CÔTE D'IVOIRE)

ABSTRACT

This study realized in the south-west of Côte d'Ivoire has set as a main objective, the characterization of the vegetation associated with cocoa trees in relation to the profile of the farmers. Data collection has targeted 102 plantations of one hectare each. These plantations belong to three ethnic groups. Thus, 37 plantations from indigenous farmers, 32 plantations from allochthonous farmers and 33 plantations from foreign farmers were characterized based on the mean of diameter at breast height, density, basal area and diametric distribution. This study has shown that the adoption of new cultural practices has led to the intensification of plantation management methods. Some woody plant species survive in cocoa farms in South-West Côte d'Ivoire regardless of the origin of the farmers, but the sustainable conservation of these species is more assured among indigenous famers' plantations. Thus, cocoa farming can preserve some of the woody flora made up of natural and introduced species.

Key words : Cocoa farms, Sustainable conservation, Structural diversity, Introduced species, Preserved species

¹Centre Africain d'Excellence sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable, Université Félix Houphouët Boigny (UFHB), site de Bingerville

²Université Félix Houphouët Boigny (UFHB), UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, Côte d'Ivoire, 22 BP 582 Abidjan 22

³Université Nangui Abrogoua (UNA), UFR Sciences de Nature, Côte d'Ivoire, 31 BP 165 Abidjan 31

*Auteur de correspondance : rebeccadeleron@gmail.com

Introduction

La destruction des écosystèmes naturels est à l'origine de la perte d'environ 70% de la biodiversité globale (Myers *et al.*, 2000). Des études soutiennent que l'agriculture est l'une des principales causes de la régression du couvert forestier tropical (Sponsel *et al.*, 1996 ; Dixon *et al.*, 2001) et constitue une menace pour la biodiversité. Malgré cette prise de conscience collective, l'érosion de la biodiversité se poursuit et constitue une menace pour l'humanité (Sinsin et Kampmann, 2010). En Côte d'Ivoire, la perte de la couverture forestière trouve ces racines dans la croissance rapide des populations, les besoins en terre pour l'agriculture, l'exploitation intensive des ressources naturelles afin d'assurer une croissance économique rapide et le déboisement excessif pour la satisfaction des besoins en bois (Aké-Assi 1998 ; Adou Yao et N'Guessan, 2006). Si les conséquences de la déforestation en Côte d'Ivoire sont de divers ordres (Goh, 2005), l'aspect écologique se traduit par la fragmentation forestière généralisée dans toute la zone de la forêt dense humide (Bakayoko, 2005). Cette déforestation a conduit à la disparition des espèces dont certaines sont endémiques (Aké-Assi, 1988 ; Ouattara, 2004). De plus, l'introduction des cultures de rente a accéléré cette dégradation. Le cacao a été un moteur implacable de déforestation qui trouve aujourd'hui son épuisement dans la disparition de la végétation forestière (Sanial, 2015). Bien que la culture du cacao puisse représenter une grave menace pour la végétation forestière dans certains pays tels que la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Cameroun, les systèmes agroforestiers

peuvent représenter une composante importante pour sa conservation (Donald, 2004). Pour certains auteurs, la structure de la végétation de ces systèmes ressemble à celle d'habitats forestiers naturels (Clough *et al.*, 2011) et leur confère un fort potentiel de conservation de la végétation (Bhagwat *et al.*, 2008). Si l'agroforesterie est perçue, aujourd'hui, comme une pratique agroécologique durable, elle demeure une pratique bien ancienne pour la culture du cacao dont l'objectif principal n'était pas le maintien de la biodiversité mais plutôt l'allongement de la vie du cacaoyer considéré comme un arbre appréciant l'ombre (Ruf et Zadi, 1998 ; Anglaeere, 2005). Actuellement, la Côte d'Ivoire fournit 40% de la production mondiale en cacao (World Cocoa Foundation, 2012). Cette production provient, en grande partie, du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, nouvelle boucle du cacao (Kouadio et Aloko, 2015). Dans cette partie de la Côte d'Ivoire, la cacaoculture est pratiquée par des populations de différentes origines avec des pratiques culturelles diverses. Après avoir été un agent de déforestation, la cacaoculture ivoirienne peut-elle être qualifiée de gestionnaire de milieu naturel, favorisant la préservation de la végétation ? Quelles sont les caractéristiques structurales de la végétation dans les cacaoyères du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire ? Dans la présente étude, l'hypothèse selon laquelle l'origine des paysans a une incidence sur la structure de la végétation des agroforêts a été testée. L'objectif principal de cette étude est de contribuer à la compréhension de l'impact de la cacaoculture sur la conservation de la végétation locale.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

La présente étude s'est déroulée au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, dans le Département de Soubré, plus précisément dans la Sous-préfecture de Grand-Zattry, entre 6°07'05" Nord et 6°32'24" Ouest (Figure 1). Le climat local est de type subéquatorial

avec quatre saisons dont deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. Les moyennes de température annuelles varient entre 24 et 29°C et les précipitations annuelles varient entre 1600 et 1800 mm de pluie (Brou, 2010). Les sols sont ferrallitiques fortement désaturés (Perraud, 1971, 1979 ; Perraud et De

la Souchère, 1967). La végétation originelle était la forêt dense humide sempervirente (Kouamé et Zoro Bi, 2010) qui appartient au domaine guinéen (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). Les immenses potentialités naturelles et le déclin de la boucle du cacao dans les régions Est et Centre-Est de la Côte d'Ivoire ont entraîné un flux migratoire de nombreux ressortissants des pays voisins et des autres régions du pays (Kouadio et Aloko, 2015). Aujourd'hui, la densité de la population du Département de Soubré est passée à 76 habitants/km² alors que la moyenne

nationale est de 48 habitants/km² (ICRAF, 2011). Cette population est hétérogène d'environ 30% d'autochtones Bété, 45% d'allochtones prédominés par les Baoulé et 23 % d'allogènes en tête desquels viennent les Burkinabè (Assiri, 2009). Les actions de ces différentes sous-populations sur cette végétation ont conduit à un nouveau paysage présentant des lambeaux de forêts parsemés d'immenses plantations de cultures pérennes traditionnelles (Café et Cacao) et industrielles (Hévéa et Palmier à huile).

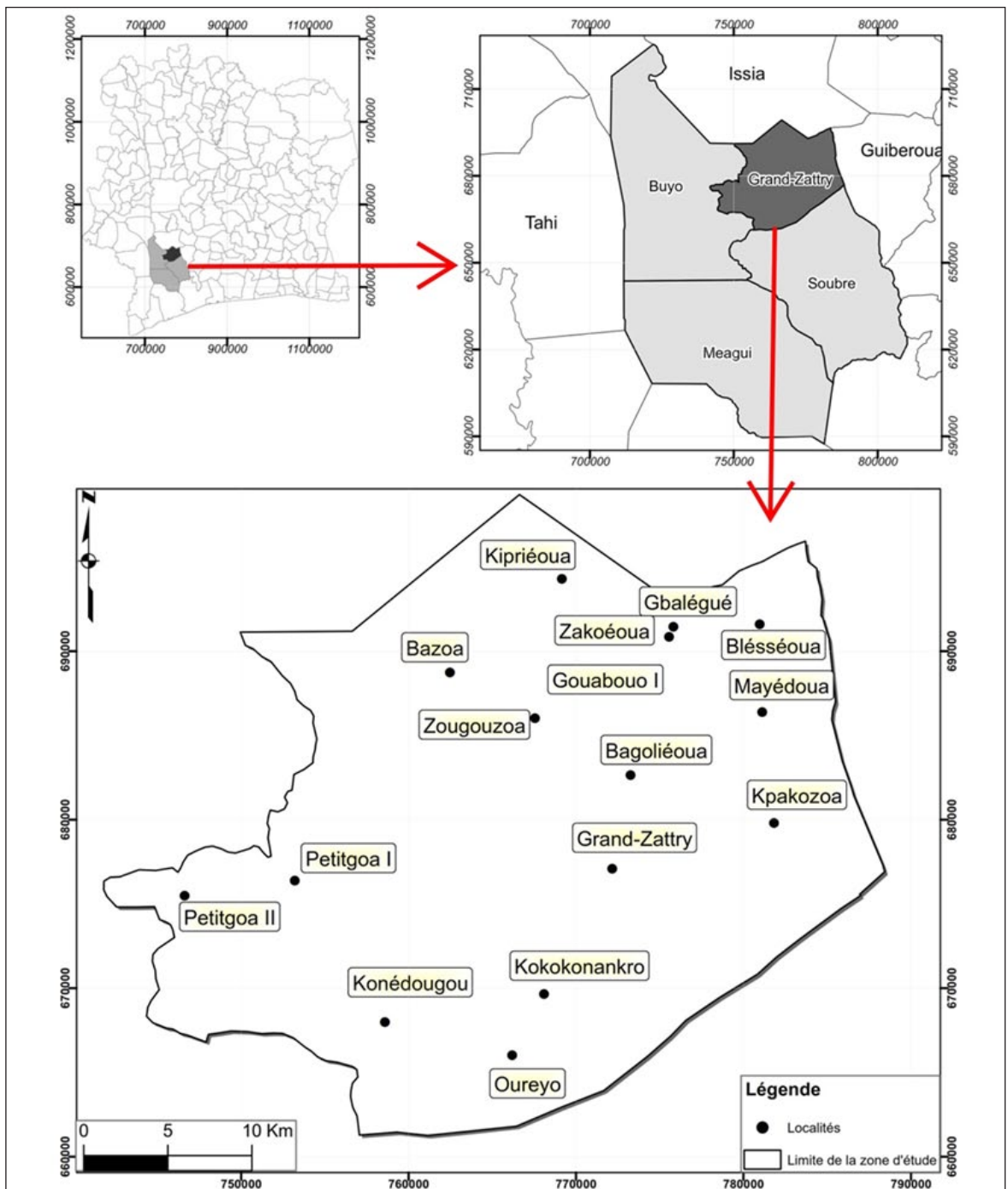


Figure 1 : Localisation de la Sous-préfecture de Grand-Zattry

Collecte des données

La collecte des données s'est faite suivant la méthode de relevés de surface qui a consisté à délimiter des parcelles carrées de 100 m de côté (1 ha). En effet, la superficie de 1 ha a été recommandée par Hall *et al.* (1998) et suggérée par la FAO (1981) pour observer la variance entre population et produire des statistiques fiables des plantations. Les parcelles d'études sont choisies de sorte à couvrir l'homogénéité de la végétation d'une plantation donnée. Un total de 102 parcelles a été délimité dans des plantations de cacao appartenant aux trois principaux groupes ethniques d'agriculteurs locaux à raison de 33 parcelles dans les plantations appartenant aux Burkinabès considérés comme les allogènes, 32 parcelles dans les plantations propriétés des Baoulés considérés comme les allochtones et 37 parcelles dans les plantations appartenant aux Bétés considérés comme les autochtones de la région. À l'intérieur de ces parcelles, tous les individus végétaux (arbustes, arbres et lianes) dont le Diamètre à Hauteur de Poitrine (DHP) est supérieur ou égal à 10 cm, ont été identifiés botaniquement et leurs circonférences ont été mesurées.

Analyse des données

DHP moyen

Le DHP moyen est la moyenne des diamètres à hauteur de poitrine de tous les individus recensés dans une même parcelle. Il permet d'apprécier la grosseur des individus (arbres, arbustes, lianes) présents dans un milieu. Ce paramètre a déjà été utilisé dans plusieurs études (Bonou *et al.*, 2009 ; Houéto *et al.*, 2013 ; Kouamé, 2016). Dans la présente étude, il a été calculé par parcelle puis suivant l'origine du planteur.

$$DHP = C/\pi \quad (1)$$

Avec $\pi = 3,14$ et C comme circonférence mesurée de des arbres et arbustes à 1,30 m du sol. L'unité du DHP est cm/ha.

Distribution diamétrique

Elle désigne la distribution des effectifs des individus d'arbres, d'arbustes et de lianes par classe de DHP. Deux séries de classes ont été définies par parcelle ensuite comparées suivant l'origine des paysans. En effet, au niveau des

individus du cacaoyer, qui est un arbuste, le pas d'intervalle de classe de DHP pris est de 5 cm tandis que pour les individus des autres espèces ligneuses présentes dans les cacaoyères, ce pas de classe pris est de 10 cm. Le choix de ce pas est généralement guidé par la taille maximale des espèces ligneuses (Kouamé, 2016).

Aire basale

L'aire basale d'une espèce correspond à la somme des surfaces des sections transversales des troncs de cette espèce prises, par convention, à 1,30 m du sol (CTFT, 1989). Pour une parcelle donnée, l'aire basale totale correspond à la somme des aires basales de tous les individus qui la composent. La formule utilisée pour calculer l'aire basale d'un individu (CTFT, 1989) est la suivante :

$$\text{Aire Basale (AB)} = \sum_{i=1}^n D^2 \pi/4 \quad (2)$$

Cette formule a évolué avec de récents travaux (Larsen, 1999 ; Hedl *et al.*, 2009) pour se présenter comme suit :

$$\text{Aire Basale (AB)} = 0,00007854 \times DHP^2 \quad (3)$$

Avec $\pi = 3,14$; AB en m²/ha ; DHP le diamètre des arbres et arbustes à 1,30 m du sol.

Densité

La densité d'une espèce, dans une parcelle, correspond au nombre d'individus de cette espèce par unité de surface (Kouamé, 2015). Ce paramètre a été calculé pour chaque parcelle et pour chaque groupe de parcelle suivant l'origine du propriétaire de la plantation. Sa formule mathématique est la suivante :

$$D = N/S \quad (4)$$

Où N est le nombre d'individus et S la surface totale exprimée en hectare. Mais étant donné que les parcelles dans notre étude ont chacune 1 ha de surface, la densité correspond ainsi au nombre d'individus dont les DHP ont été pris en compte dans chaque parcelle.

Tests statistiques

Une analyse de variance simple des différents paramètres a été réalisée suivant la normalité et l'homogénéité des distributions. À cet effet, le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisé. Pour la comparaison des moyennes par paire des paramètres étudiés, le test post-hoc de Dunn a été utilisé. Ces

analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel XLSAT (2014). Ensuite, la méthode des boîtes à moustaches a été utilisée pour une meilleure visualisation des variations des paramètres. Puis, les relations entre les paramètres structuraux des parcelles ont été analysées par le test de corrélation de Pearson avec le logiciel XLSTAT version 2014. Enfin, une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée avec R.3.4.1. L'ACP est une méthode d'analyse

des données multivariées qui consiste à transformer des variables liées entre elles en variables décorrélatées les unes des autres. Ces nouvelles variables nommées composantes principales permet de réduire le nombre de variables et de rendre l'information moins redondante (Pagès, 2013) afin d'apprécier si la discrimination observée reflète les communautés de parcelles.

Résultats

Paramètres structuraux individuels

L'ensemble des espèces rencontrées dans les plantations des différents groupes ethniques est en (Tableau 2). Le DHP moyen des espèces végétales associées aux cacaoyers dans les plantations des différents groupes ethniques présentent des valeurs élevées (Tableau 1). Les plantations des autochtones possèdent la valeur la plus élevée du DHP moyen ($18,44 \pm 10,20$ cm/ha); contrairement aux plantations des allogènes qui possèdent la plus faible valeur du DPH moyen ($15,39 \pm 1,25$ cm/ha). Le test de Kruskal-Wallis a noté une différence significative ($X^2 = 11,25$; $P < 0,05$) entre le DHP moyen des plantations suivant les groupes ethniques. Le test de Kruskal-Wallis ne montre toutefois pas de différence significative ($X^2 = 0,922$; $P > 0,05$) entre les densités des cacaoyères en fonction de l'origine des planteurs (Tableau 1, Figure 2).

La surface terrière a montré des valeurs plus élevées dans les cacaoyères des planteurs autochtones ($29,8 \pm 20,28$ m²/ha) que dans

celles des planteurs allogènes ($19,60 \pm 12,92$ m²/ha). Les cacaoyères des planteurs allochtones enregistrent des valeurs intermédiaires ($19,79 \pm 10,50$ m²/ha). Le test de Kruskal-Wallis confirme l'existence d'une différence très significative ($X^2 = 8,066$; $P < 0,001$) entre les surfaces terrières des cacaoyères, liée à l'origine des planteurs (Figure 2).

Les histogrammes de distribution par classe de diamètre des individus des cacaoyers et des espèces ligneuses compagnes présentent, en général, une allure en J inversé (Figure 3). En effet, les individus à DHP compris entre [10-15 cm[chez les cacaoyers et entre [10-20 cm[chez les espèces compagnes des cacaoyers sont les plus nombreux. Les proportions de ces individus juvéniles constituent 60 % des cacaoyers dans les plantations des trois origines. En ce qui concerne les autres espèces ligneuses, elles représentent 55 % dans les plantations des paysans allogènes, 47 % chez les paysans allochtones et de 33 % chez les planteurs autochtones.

Tableau 1 : Valeurs des paramètres structuraux de la végétation dans les cacaoyères en fonction de l'origine de leurs propriétaires

Légende : Les moyennes portant la même lettre sont statistiquement égales tandis que celles portant des valeurs différentes sont statistiquement différentes

Paramètres	Origine des propriétaires des cacaoyères			
		Allochtones	Autochtones	Allogènes
DHP moyen (cm/ha)	Minimum	13,96	13,87	13,38
	Maximum	17,86	78,02	18,76
	Moyenne	15,64 ^a	18,44 ^b	15,39 ^a
	Ecart-type	1,16	10,20	1,25
Densité (individus/ha)	Minimum	306	288	333
	Maximum	1305	872	1070
	Moyenne	643 ^a	596 ^a	638 ^a
	Ecart-type	272	145	191
Aire basale (m ² /ha)	Minimum	7,68	9,18	6,25
	Maximum	60,89	96,94	60,46
	Moyenne	19,79 ^{ab}	29,80 ^b	19,60 ^a
	Ecart-type	10,50	20,28	12,92

Tableau 2 : Liste des espèces associées aux cacaoyères étudiées

Espèces	Familles	Chorologies
<i>Acioa barteri</i> (Hook.f. ex Oliv.) Engl.	Chrysobalanaceae	GC
<i>Adansonia digitata</i> L.	Malvaceae	SZ
<i>Afzelia africana</i> Sm.	Fabaceae	GC-SZ
<i>Afzelia bella</i> Harms	Fabaceae	GCW
<i>Alafia barteri</i> Oliv.	Apocynaceae	GC
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schum.) W.F.Wight	Fabaceae	GC
<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae	GC-SZ
<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F.Macbr.	Fabaceae	GC-SZ
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schum. & Thonn.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	GC-SZ
<i>Allophylus africanus</i> P.Beauv.	Sapindaceae	GC-SZ
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	GC
<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	GC
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	i
<i>Angylocalyx oligophyllus</i> (Bak.) Bak.	Fabaceae	GC
<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	GC
<i>Anthocleista djalonensis</i> A. Chev.	Gentianaceae	GC-SZ
<i>Anthocleista nobilis</i> G.Don	Gentianaceae	GCW
<i>Anthonotha macrophylla</i> P.Beauv.	Fabaceae	GC
<i>Anthostema aubryanum</i> Baill.	Euphorbiaceae	GC
<i>Antiaris toxicaria</i> Loes. var. <i>africana</i> C.C.Berg	Moraceae	GC-SZ
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Moraceae	i
<i>Atroxima liberica</i> Stapf	Polygalaceae	GC
<i>Aubrevillea platycarpa</i> Pellegr.	Fabaceae	GC
<i>Baphia bancoensis</i> Aubrév.	Fabaceae	GCi
<i>Baphia nitida</i> Lodd.	Fabaceae	GC
<i>Berlinia grandiflora</i> (Vahl) Hutch. & Dalz.	Phyllanthaceae	GC
<i>Blighia sapida</i> Koenig	Sapindaceae	GCW
<i>Blighia unijugata</i> Bak.	Sapindaceae	GC
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	GC
<i>Bombax brevicuspe</i> Sprague	Malvaceae	GC
<i>Bombax buonopozense</i> P.Beauv.	Malvaceae	GC
<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Phyllanthaceae	GC-SZ
<i>Bridelia grandis</i> Pierre ex Hutch.	Phyllanthaceae	GC
<i>Bridelia micrantha</i> (Hochst.) Baill.	Phyllanthaceae	GC
<i>Buchholzia coriacea</i> Engl.	Capparidaceae	GC
<i>Canarium schweinfurtii</i> Engl.	Burseraceae	GC
<i>Carapa procera</i> DC.	Meliaceae	GC-SZ
<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	i
<i>Carpolobia lutea</i> G. Don	Polygalaceae	GC
<i>Casearia calodendron</i> Gilg	Salicaceae	GC-SZ
<i>Cassia siamea</i> .Lam	Fabaceae	i
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	GC-SZ
<i>Celtis adolfi-friderici</i> Engl.	Cannabaceae	GC
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Cannabaceae	GC
<i>Celtis philippensis</i> .Blanco	Cannabaceae	GC
<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Cannabaceae	GC
<i>Christiana africana</i> DC.	Malvaceae	GC-SZ
<i>Chrysophyllum perpulchrum</i> Mildbr. ex Hutch. & Dalziel	Sapotaceae	GC
<i>Chrysophyllum pruniforme</i> Pierre ex Engl.	Sapotaceae	GC
<i>Chrysophyllum ubanguense</i> (De Wild.) D.J. Harris	Sapotaceae	GC

<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.f.	Rutaceae	i
<i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr.	Rutaceae	i
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae	i
<i>Citrus sinensis</i> L.	Rutaceae	i
<i>Cleidion gabonicum</i> Baill.	Euphorbiaceae	GC
<i>Cleistopholis patens</i> (Benth.) Engl. & Diels	Annonaceae	GC
<i>Cnestis corniculata</i> Lam.	Connaraceae	GC
<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	i
<i>Coffea canephora</i> Froenh.	Rubiaceae	i
<i>Cola caricaefolia</i> (G.Don) Schumann	Malvaceae	GCW
<i>Cola lateritia</i> Schumann var. <i>maclaudi</i> (A.Chev.) Brenan & Keay	Malvaceae	GC
<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae	GC
<i>Cordia guineensis</i> Schum. & Thonn.	Boraginaceae	GC
<i>Cordia platythyrsa</i> Bak.	Boraginaceae	GC
<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae	i
<i>Croton penduliflorus</i> Hutch.	Euphorbiaceae	GC
<i>Dacryodes klaineana</i> (Pierre) H.J. Lam,	Burseraceae	GC
<i>Dalbergia oblongifolia</i> G.Don	Fabaceae	GCW
<i>Daniellia ogea</i> (Harms) Rolfe ex Holland	Fabaceae	GC
<i>Dasylepis brevipedicellata</i> Chipp	Flacourtiaceae	GCi
<i>Deinbollia pinnata</i> (Poir.) Schumach. & Thonn.	Sapindaceae	GC
<i>Dialium dinklagei</i> Harms	Fabaceae	GC
<i>Dichapetalum madagascariense</i> Poir.	Dichapetalaceae	GC
<i>Diospyros abyssinica</i> (Hiern) F.White	Ebenaceae	GC-SZ
<i>Diospyros heudelotii</i> Hiern	Ebenaceae	GCW
<i>Diospyros kamerunensis</i> Gurke	Ebenaceae	GC
<i>Diospyros soubreana</i> F. White	Ebenaceae	GC
<i>Discoglyprena caloneura</i> (Pax) Prain	Euphorbiaceae	GC
<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill	Fabaceae	GC
<i>Dracaena arborea</i> (Willd.) Link.	Asparagaceae	GC
<i>Dracaena mannii</i> Baker	Asparagaceae	GC
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	GC
<i>Entada gigas</i> (L.) Fawcett & Rendle	Fabaceae	GC
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	GC
<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Meliaceae	GC
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	Meliaceae	GC
<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague	Meliaceae	GC
<i>Eribroma oblongum</i> (Mast.) Pierre ex A.chev	Malvaceae	GC
<i>Erythrina senegalensis</i> DC.	Fabaceae	GC-SZ
<i>Erythrina vogelii</i> Hook.f	Fabaceae	GC
<i>Ficus barteri</i> Sprague	Moraceae	GC
<i>Ficus bubu</i> Warb.	Moraceae	GC
<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae	GC-SZ
<i>Ficus kamerunensis</i> Warb. ex Mildbr. & Burr & A	Moraceae	GC
<i>Ficus lutea</i> Vahl	Moraceae	GC
<i>Ficus mucoso</i> Welw. ex Ficalho	Moraceae	GC
<i>Ficus polita</i> Vahl.	Moraceae	GC
<i>Ficus scott-elliottii</i> Mildbr. & Burret	Moraceae	GCW
<i>Ficus sur</i> Forsk.	Moraceae	GC-SZ
<i>Ficus thonningii</i> Blume	Moraceae	GC-SZ
<i>Ficus umbellata</i> Vahl	Moraceae	GC
<i>Ficus vogeliana</i> (Miq.) Miq.	Moraceae	GC
<i>Flabellaria paniculata</i> Cav.	Malpighiaceae	GC

<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	GC
<i>Funtumia elastica</i> (P. Preuss) Stapf	Apocynaceae	GC
<i>Garcinia gnetoides</i> Hutch. & Dalz.	Clusiaceae	GC
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	GC
<i>Glyphaea brevis</i> (Spreng.) Monachino	Malvaceae	GC
<i>Grossera vignei</i> Hoyle	Euphorbiaceae	GC
<i>Guarea cedrata</i> (A. Chev.) Peliegr.	Meliaceae	GC
<i>Gymnostemon zaizou</i> Aubrév. & Pellegr.	simaroubaceae	GCi
<i>Hannoa klaineana</i> Pierre & Engl.	Simaroubaceae	GC
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	Clusiaceae	GC
<i>Hevea brasiliensis</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	i
<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) Dur. & Schinz	Apocynaceae	GC-SZ
<i>Holoptelea grandis</i> (Hutch.) Mildbr.	Ulmaceae	GC
<i>Homalium africanum</i> (Hook f) Stapf	Salicaceae	GC
<i>Homalium le-testui</i> Pellegr.	Salicaceae	GC
<i>Homalium lastoursvillense</i> Pellegr.	Salicaceae	GC
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	GC
<i>Khaya grandifoliola</i> C.DC.	Meliaceae	GC
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Bignoniaceae	GC-SZ
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Irvingiaceae	GC
<i>Lannea nigritana</i> (Sc. Elliot) Keay var. <i>nigritana</i>	Anacardiaceae	GC-SZ
<i>Lecaniodiscus cupanioides</i> Planch.	Sapindaceae	GC
<i>Leptoderris fasciculata</i> (Benth.) Dunn	Fabaceae	GC
<i>Macaranga heudelotii</i> Baill.	Euphorbiaceae	GC
<i>Maesobotrya barteri</i> var. <i>sparsiflora</i> (Sc. Elliot) Keay	Phyllanthaceae	GCW
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	i
<i>Mansonia altissima</i> (A.Chev.) A.Chev.	Malvaceae	GC
<i>Mareya micrantha</i> (Benth.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	GC
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	GC-SZ
<i>Markhamia lutea</i> (Benth.) K.Schum.	Bignoniaceae	GC
<i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K. Schum.	Bignoniaceae	GC
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Benth.	Moraceae	GC
<i>Milicia regia</i> A. Chev.	Moraceae	GCW
<i>Milletia griphoniana</i> Baill.	Fabaceae	GC
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	Annonaceae	GC
<i>Morelia senegalensis</i> A. Rich. ex DC.	Rubiaceae	GC-SZ
<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	GC-SZ
<i>Moringa oleifera</i> Lam	Moringaceae	GC-SZ
<i>Morus mesozygia</i> Stapf ex A.Chev.	Moraceae	GC
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	i
<i>Musa sapientum</i> L.	Musaceae	i
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Moraceae	GC
<i>Myrianthus libericus</i> Rendle	Moraceae	GC
<i>Napoleonaea vogelii</i> (Hook.f.) Planch.	Napoleonaeaceae	GC
<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) R. Capuron	Malvaceae	GC
<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau	Bignoniaceae	GC
<i>Oricia suaveolens</i> (Engl.) I. Verd. var. <i>letesrantii</i> Letouzey	Rutaceae	GC
<i>Ouratea glaberrima</i> (P. Beauv.) Engl. ex Gilg A	Ochnaceae	GC
<i>Parkia bicolor</i> A. Chev.	Fabaceae	GC
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Fabaceae	GC
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	i
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben	Barringtoniaceae	GC
<i>Pierreodendron kerstingii</i> (Engl.) Little	Simaroubaceae	GCW

<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan B	Fabaceae	GC
<i>Pleioceras barteri</i> Baill . var. <i>barteri</i>	Apocynaceae	GC
<i>Pouteria aningeri</i> Baehni	Apocynaceae	GC
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A. Rich.) Engl.	Anacardiaceae	GC-SZ
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	i
<i>Psychotria guineensis</i> E. M. A. Petit	Rubiaceae	GC
<i>Psychotria psychotrioides</i> (DC.) Roberty	Rubiaceae	GC-SZ
<i>Psydrax horizontalis</i> (Schumach. & Thonn.) Bridson	Rubiaceae	GC-SZ
<i>Psydrax subcordata</i> (DC.) Bridson	Rubiaceae	GC
<i>Pterygota bequaertii</i> De Wild.	Malvaceae	GC
<i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.	Malvaceae	GC
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warbis	Myristicaceae	GC
<i>Raphia hookeri</i> G.Mann & H.Wendl	Arecaceae	GC
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Apocynaceae	GC-SZ
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Pax	Euphorbiaceae	GC
<i>Rinorea eilii</i> Engl.	Violaceae	GC
<i>Rinorea kibbiensis</i> Chipp	Violaceae	GCW
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H. Wright) Marquand ex Chipp	Violaceae	GCW
<i>Samanea dinklagei</i> (Harms) Keay	Fabaceae	GCW
<i>Scottellia klaineana</i> Pierre var. <i>minfiensis</i>	Flacourtiaceae	GC
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	Solanaceae	GC
<i>Solanum rugosum</i> Dun.	Solanaceae	GC
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	GC
<i>Spondianthus preussii</i> Engl. var. <i>preussii</i>	Euphorbiaceae	GC
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	GC-SZ
<i>Eribroma oblongum</i> (Mast.) Pierre ex Germain	Malvaceae	GC
<i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum.	Malvaceae	GC
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	GC
<i>Stereospermum acuminatissimum</i> K. Schum.	Bignoniaceae	GC
<i>Synsepalum brevipes</i> (Baker) T. D. Penn.	Sapotaceae	GC
<i>Tabernaemontana crassa</i> Benth.	Apocynaceae	GC
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	GC-SZ
<i>Teclea carpopunctifera</i> A. Chev.	Rutaceae	GCi
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	GC
<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	i
<i>Tieghemella heckelii</i> Pierre ex A. Chev.	Sapotaceae	GC
<i>Treculia africana</i> Decne. var. <i>africana</i>	Moraceae	GC
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Ulmaceae	GC-SZ
<i>Trichilia martineau</i> Aubrév. & Pellegr.	Meliaceae	GC
<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J. De Wilde	Meliaceae	GC
<i>Trichilia priureana</i> A. Juss. subsp. <i>Priurean</i>	Meliaceae	GC
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	Malvaceae	GC
<i>Uapaca guineensis</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae	GC
<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Asteraceae	GC-SZ
<i>Vismia guineensis</i> (L.) Chcisy	Hypericaceae	GC
<i>Vitex ferruginea</i> Schum. & Thonn.	Lamiaceae	GC
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.	Annonaceae	GC
<i>Xylopia quintasii</i> Engl. & Diels	Annonaceae	GC
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P. G. Waterman	Rutaceae	GC

Légende : GC : endémique à la région Guinéo-Congolaise (GC) ; GCi endémique à la Côte d'Ivoire ; GCW endémique au bloc forestier ouest africain ; GC-SZ : transition entre les régions Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne ; i : introduite ou exotique

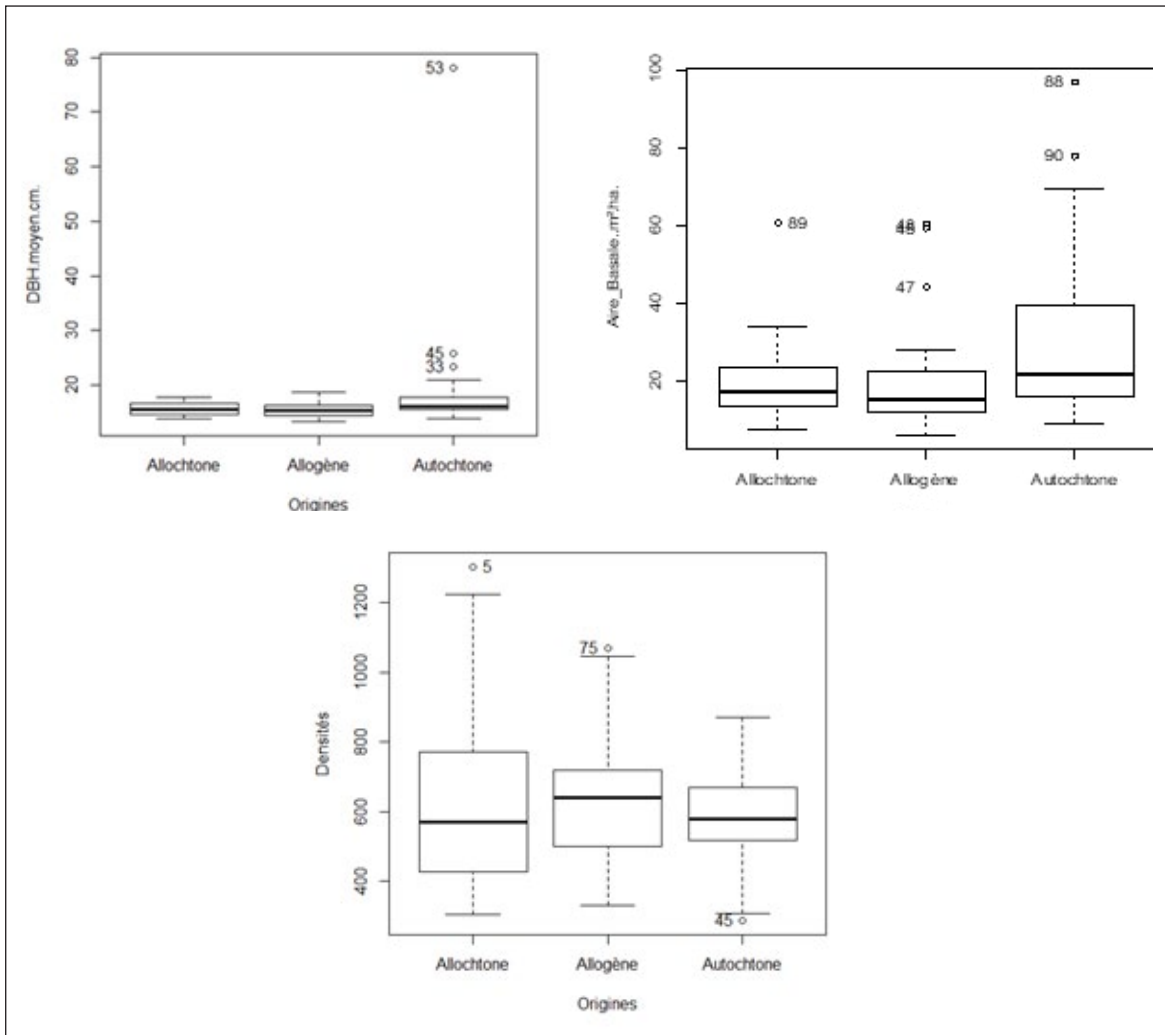


Figure 2: Boîtes à moustache des paramètres structuraux dans les cacaoyères de Grand-Zattry en fonction de l'origine des planteurs

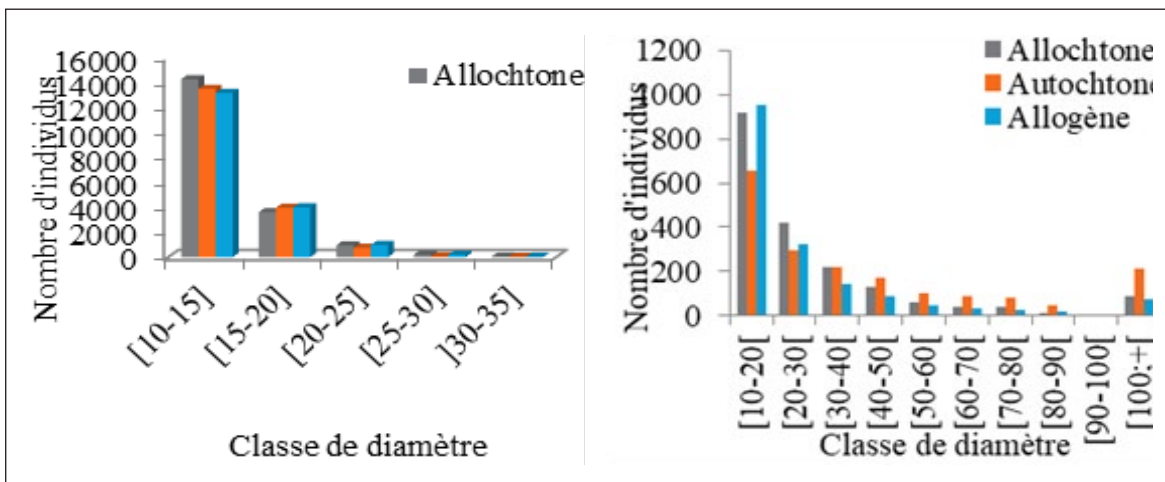


Figure 3: Distribution diamétrique des cacaoyères (à gauche) et des autres espèces ligneuses associées en fonction de l'origine des propriétaires des plantations.

Interactions entre les paramètres structuraux

L'aire basale et le DHP moyen sont corrélés positivement dans les cacaoyères des allogènes et des autochtones alors qu'ils ne le sont pas chez les allochtones (Figure 4). La densité et le DHP moyen ne présentent pas de corrélation dans les cacaoyères des allogènes et allochtones alors qu'ils présentent une corrélation négative dans les plantations des autochtones (Figure 4). Et enfin l'aire basale et la densité sont corrélées positivement aux cacaoyères des allogènes et des allochtones (Figure 4).

La carte factorielle des paramètres structuraux des cacaoyères des différentes origines révèle que les deux premiers axes restituent 90,43 % de la variance des relations entre les paramètres structuraux (Figure 5). L'axe 1 est corrélé positivement au DHP moyen et à l'aire basale, puis négativement à la densité. L'axe 2 est corrélé positivement à la densité et à l'aire basale, puis négativement au DHP moyen. La projection des cacaoyères sur les deux premiers axes de l'analyse

en composantes principales à partir des paramètres structuraux, montre que les plantations sont distribuées indépendamment des origines des paysans (Figure 5). En effet, trois groupes de plantations sont observés à partir de cette analyse. Le premier groupe (G1), regroupe 20 plantations dont 7 appartiennent aux paysans allochtones (Al), 7 autres aux paysans allogènes (E) et 6 aux paysans autochtones (Au). Les plantations de ce groupe sont caractérisées par des valeurs de la densité et du DHP élevés. Le second groupe (G2), rassemble 69 plantations soit 67% des plantations étudiées, dont 25 appartiennent aux paysans allochtones, 20 aux paysans autochtones et 24 plantations aux paysans allogènes. Ce groupe cumule des valeurs faibles de la densité, de l'aire basale et du DHP moyen. Le groupe (G3) rassemble 13 plantations dont 11 appartiennent aux plantations autochtones et deux (E10, E20) aux paysans allogènes. Ce dernier groupe rassemble les plantations caractérisées par des valeurs élevées de l'aire basale et du DHP moyen:

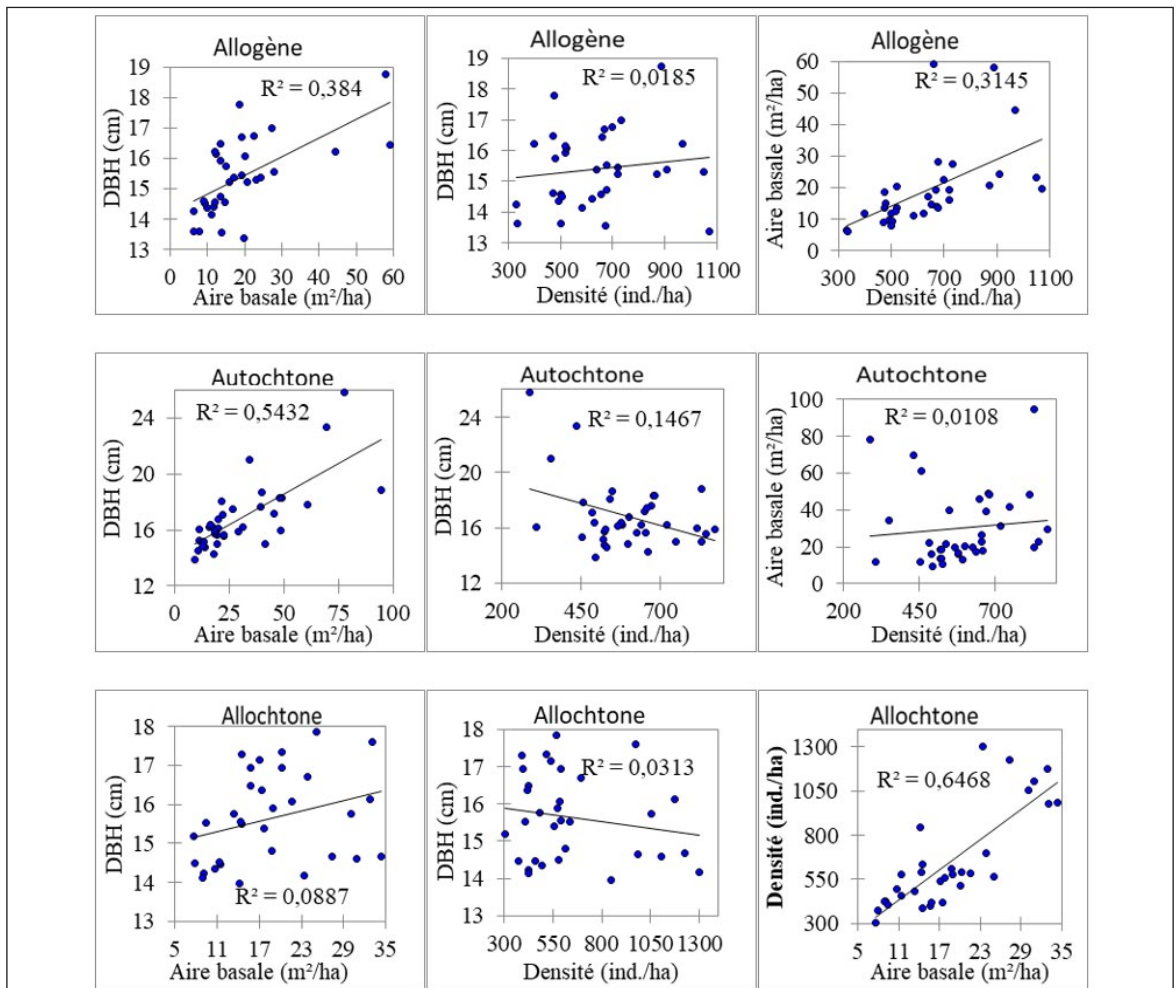


Figure 4 : Valeurs de la corrélation de Pearson entre les paramètres structuraux suivant l'origine des paysans

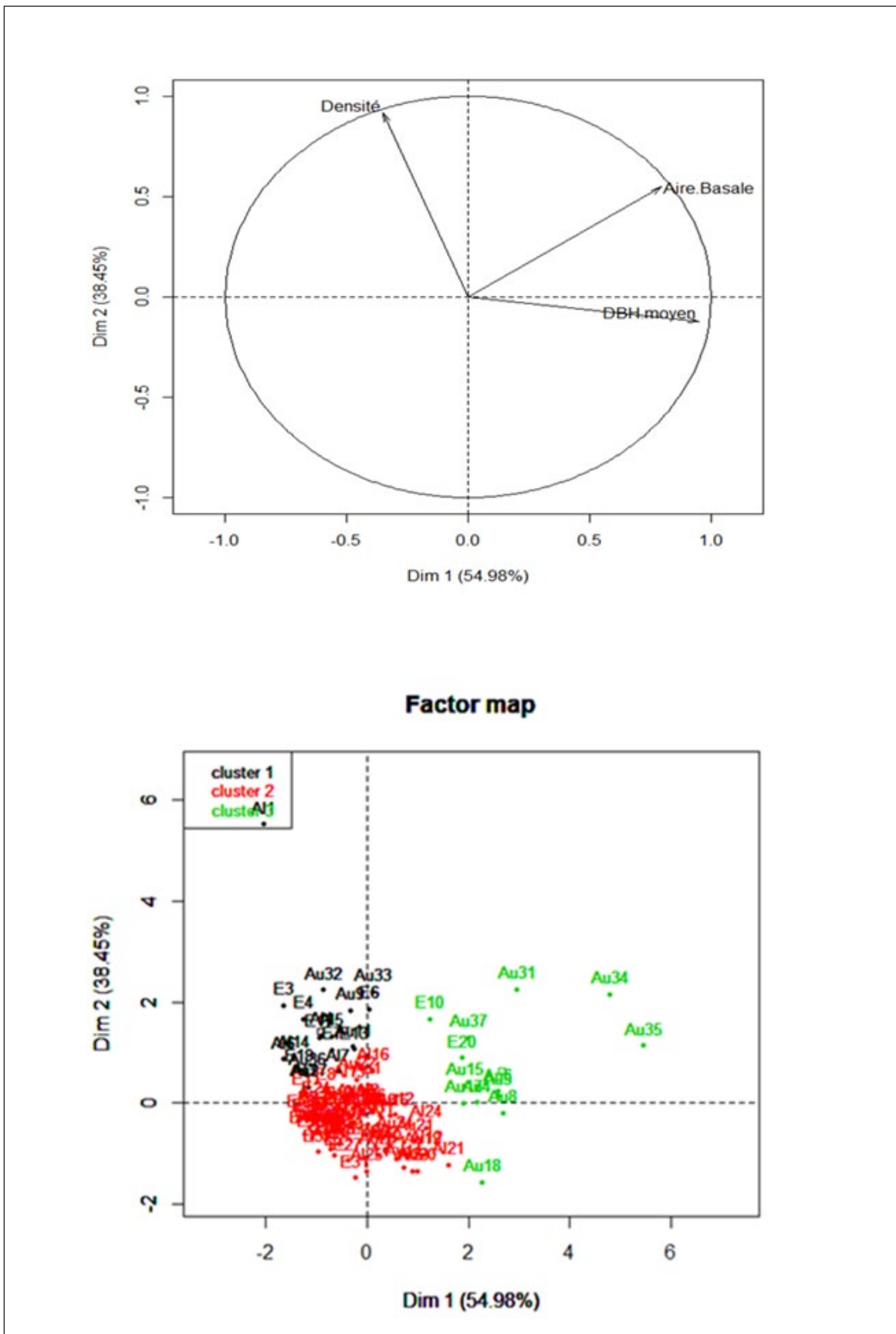


Figure 5: Distribution des parcelles étudiées à travers l'analyse en composantes principales à partir des paramètres structuraux

Légende : Au : cacaoyères des paysans autochtones ; E : cacaoyères des paysans alloctones ; Al : cacaoyères des paysans alloctones.

Discussion

Dans la région de Grand Zattri, la culture de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) est adoptée par la majorité de la population. Cette population est répartie au sein de trois principaux groupes ethniques. Malgré la conversion de la végétation naturelle en terre agricole, les cacaoyères de la zone d'étude regorgent encore de nombreuses plantes vasculaires. Les valeurs de densités des plantations étudiées montrent que les cacaoyères des différents groupes ethniques sont proches au niveau de la structure. Cette ressemblance peut s'expliquer d'une part, par le brassage culturel au sein de la population locale. En effet, Ruf (2006) a montré que la recherche d'un retour rapide sur investissement a conduit les paysans allogènes à adopter de nouvelles pratiques culturelles, le système plein soleil. De ce système, se sont plus ou moins inspirés les natifs du pays. D'autre part, la promotion de nouvelles pratiques culturelles constitue un élément déterminant. En effet, il est de plus en plus question d'une mise à niveau des connaissances sur les nouvelles pratiques culturelles (champ école) par les structures en charge de promouvoir la certification. C'est le cas dans notre zone d'étude où les planteurs disent avoir tous reçu des formations sur la gestion durable de leurs cacaoyères. Les travaux de Smith Dumont *et al.*, (2014), dans la même région, ont montré que les propriétaires devaient aligner la structure de leurs cacaoyères aux normes recommandées par les promoteurs de la certification. Cependant, les valeurs de la densité observées dans la présente étude sont inférieures à la norme recommandée qui est comprise entre 1111 et 1600 pieds/ha (CIRAD et GRET, 2002). Cette différence peut se justifier par la méthode d'inventaire utilisée dans la présente étude. En effet, pour la réalisation de ces travaux, seuls les individus ayant un DHP supérieur ou égale à 10 cm ont été pris en compte. Plusieurs travaux scientifiques ont stipulé que sur une petite surface d'échantillonnage, il suffit de baisser le DHP minimum pour avoisiner la densité maximale réelle d'une parcelle (Senterre, 2005 ; Thiombiano *et al.*, 2010, Vroh, 2013). Dans notre cas, les dimensions des parcelles étant de grande taille, nous avons considéré uniquement les

individus matures. Le choix des individus matures, a été guidé par le type de biotope étudié. Les cacaoyères étant des écosystèmes anthropisés, les individus qui atteignent la maturité sont volontairement épargnés par les paysans. Ainsi ces individus peuvent être considérés comme élément permanent de la flore.

Bien que les valeurs de la densité soient statistiquement égales, les valeurs du DHP et l'aire basale ont indiqué des différences significatives. Ce constat traduit la conservation des grands arbres indigènes ou introduits dans les plantations. Nos résultats corroborent ceux de Smith Dumont *et al.* (2014) qui ont montré que malgré les tendances importantes en matière de déforestation et la promotion du cacao en plein soleil, les plantations de cacao dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire représentent un refuge pour grand nombre d'espèce indigènes. La variabilité de l'aire basale et du DHP moyen au sein des cacaoyères entre les différents groupes ethniques est le résultat de l'existence de différents modes de gestion ethnique. Bien que les propriétaires des plantations se fient aux conseils des structures d'encadrement et de l'industrie cacaoyère, ils demeurent perplexes face au devenir de leurs plantations. Alors, ils ont très souvent recours à leurs propres expériences sur le sujet. Les valeurs de l'aire basale enregistrées dans la présente étude sont proches de celles de Kpangui (2015) qui a obtenu les valeurs comprises entre 16,5-30,3 m²/ha dans les cacaoyères du centre de la Côte d'Ivoire. Ces valeurs révèlent que les cacaoyères de Côte d'Ivoire renferment des systèmes agroforestiers complexes avec la présence d'arbres (indigènes et exotiques) de gros diamètre. Selon Kpangui (2015), les agriculteurs sèment directement les fèves de cacao dans le sous-bois en conservant les grands arbres qui seront régulièrement éliminées avec la croissance des jeunes plants de cacao. Cependant, nos valeurs sont supérieures à celles enregistrées par Kouamé *et al.* (2015) dans les cacaoyères de l'Ouest de Côte d'Ivoire (Duekoué, 14,30 m²/ha et Scio, 13,40 m²/ha), et par Koffi (2016) dans les cacaoyères du Sud de la Côte d'Ivoire (15,10-13,8 m²/ha). Les différences peuvent

s'expliquer par le lieu de culture et les pratiques culturelles. En effet, les cacaoyères étudiées par Kouamé *et al.* (2015) et Koffi (2016) ont été installées dans des aires protégées où l'exploitation agricole y est interdite. Nos valeurs sont également supérieures à celles obtenues par Oké et Odebiyi (2007) dans les cacaoyères de l'Etat d'Ondo au Nigeria (6,2 m²/ha) mais inférieures aux valeurs respectives de 30 m²/ha et de 46,7m²/ha obtenues par Sonwa *et al.* (2004) et Bisseleua *et al.* (2008) à l'Ouest et au Sud du Cameroun.

Concernant la structure diamétrique des cacaoyers, le regroupement de la majorité des cacaoyers de la classe de DHP [10-15 cm [, traduit un rajeunissement des plants, à la suite de l'application de certaines mesures d'entretien des parcelles tels que le recépage des vieux cacaoyers et le mode de régénération. Au niveau des espèces ligneuses associées aux cacaoyers, un nombre important d'individus de DHP comprise entre [10-20 cm [a été observé dans les cacaoyères des paysans d'origine allochtone et allogène. A l'opposé, les individus de diamètre compris entre 70 ≥DHP ≥100 cm ont été plus abondants dans les cacaoyères des autochtones. Cette distribution traduit une différence dans la structure de la végétation associée aux cacaoyères. Cette répartition peut être due à l'intensité lumineuse réfractée qui parvient au sous-bois des formations forestières reconnue comme un facteur limitant la croissance des jeunes plants (Baraloto, 2003). En effet, dans les cacaoyères très

ombragées, il se produit naturellement un phénomène de taux de croissance négative dû à l'insuffisance de la lumière réfractée pour assurer la croissance du développement optimal comme l'ont observé Poorter (2001), Baraloto (2001) et Kouamé (2016). Dans la présente étude, les cacaoyères des paysans autochtones semblent plus ombragées que celles des paysans allogènes et allochtones. La prédominance des individus de gros diamètre serait liée au mode de gestion des cacaoyères des paysans autochtones qui semble être moins intensif. Schroth et Harvey (2007) ont indiqué que, bien que les agriculteurs autochtones et les allogènes conservent des espèces végétales utiles dans leurs cacaoyères, les autochtones conservent et plantent une plus grande diversité d'arbres autres que le cacaoyer et utilisent un plus large éventail d'espèces. Les espèces sont associées pour la satisfaction des besoins quotidiens (alimentaire, médicinale, etc...) des paysans eux-mêmes (Kaffo *et al.*, 2007). Cette distribution des individus par classe de diamètre démontre que les espèces indigènes et exotiques survivent dans les plantations de cacao, comme l'ont observé Kpangui (2015), Cissé (2016) et Kouamé (2016). Les résultats de cette étude démontrent que ce sont les cacaoyères des paysans autochtones qui sont les mieux fournies en espèces compagnes arborescentes. En somme, tous les planteurs ont reçu la même formation de base, mais ils ne se comportent pas de la même manière concernant la gestion de leurs cacaoyères.

Conclusion

Nos résultats ont montré des ressemblances, pour la densité, entre les cacaoyères appartenant aux paysans d'origine diverse. Cependant, des dissemblances ont été perceptibles au niveau des DHP moyen, des surfaces terrières et des distributions des individus par classe de diamètre. Ces disparités montrent une spécificité propre dans le mode de gestion de ces cacaoyères.

Cette étude a contribué à montrer que les espèces ligneuses survivent encore dans les cacaoyères du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire quelle que soit l'origine des planteurs. La cacaoculture traditionnelle telle que pratiquée dans la zone de Grand-Zattry peut contribuer à la préservation de la végétation locale.

Remerciements

Ce travail a été financé par le Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable. Les auteurs sont reconnaissants aux autorités administratives et villageoises de la région de Soubré et de Grand-Zattry, aux aimables populations des villages de Gbaleguhé, Pkapkzoa, Gadago

Koffikro, Kaborédougou, Blessehoua, Amanikouakoukro et aux propriétaires des cacaoyères étudiées. Notre reconnaissance va également à l'endroit de nos guides Messieurs Seri Wapo Lucien, Driti-Bi Bienvenu ; Sam Nathanaël ; Séri Arthur ; M. Tébili Dillan, pour leur soutien durant la collecte des données sur le terrain.

Références Bibliographiques

- Adou Yao CY, N'Guessan EK. 2006. Diversité floristique spontanée des plantations de café et de cacao dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire, *Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen*, 157 (2) :31-36.
- Aké Assi L. 1988. Espèces rares et en voie d'extinction de la flore de la Côte d'Ivoire. Monography, Systematics and Botany, Missouri Botanical Garden, 25 : 461-463.
- 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 : 20-21.
- Anglaaere LCN. 2005. Improving the sustainability of Cocoa farms in Ghana through utilization of native forest trees in agroforestry systems, University of Wales, Preference and species composition of cocoa-based agroecosystems in Ghana, *Agroforestry systems*, 81(3): 249-265.
- Assiri A, Yoro G, Deheuvelds O, Kebe BI, Keli ZJ, Adiko A, Assa A. 2009. Les caractéristiques agronomiques des Agroforest Systèmes vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 2(1):55-66.
- Bakayoko A. 2005. Influence de la fragmentation forestière sur la composition floristique et la structure végétale dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse Doctorat, Botanique, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 229 p.
- Baraloto C. 2001. Tradeoffs between Neotropical tree seedling traits and performance in contrasting environments, PhD, University of Michigan.
- Baraloto C. 2003. Régénération forestière naturelle: de la graine à la jeune tige, *Revue Forestière de France LV*, numéro spécial, 179-187.
- Bhagwat SA, Willis KJ, Birks HJB, Whittaker RJ. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecology Evolution*, 23:261-267.
- Bisseleua DHB, Vidal S. 2008. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management, *Biodiversity Conservation*, 17: 1821-1835.
- Bonou W, Glèlè Kakaï R, Assogbadjo AE, Fonton, HN, Sinsin B. 2009. Characterisation of *Azelia africana* Sm. habitat in the Lama forest reserve of Benin, *Forest Ecology and Management*, 258: 1084-1092.
- Brou T. 2010. Variabilité climatique déforestation et dynamique agrodémographique en Côte d'Ivoire, *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 21(4):327-329
- CIRAD et GRET 2002. *Momento de l'agronome*, Jouve, 1691 p.
- Cissé A. 2016. Diversité floristique, Biomasse Végétale Aérienne et valeurs de conservation pour la biodiversité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers (*Theobroma cacao* L., Malvaceae) dans le département de Lakota (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire), thèse de l'Université Félix Houphouët-Boigny, 185p.
- Clough Y, Barkmann J, Jührbandt J, Kessler M, Wanger CT, Anshary A, Buchori D, Cicuzza D, Darras K, Dwi Putra D, Erasmis S, Pitopang R, Schmidt C, Schulze CH,

- Seidel D, Dewenter SI, Stenchly K, Vidal S, Weist M, Wielgoss AC, Tschardtke T. 2011. Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests, *PNAS*, 108(20):8311-8316.
- Clough Y, Faust H, Tschardtke T, 2009 Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation, *Conservation Letters*, 2(5):197-205.
- CTFT.1989. Memento du forestier. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, 1266 p.
- Dixon J, Gulliver A, Gibbon D. 2001. Farming systems and poverty, FAO/World Bank, Rome/Washington DC. 49 p.
- Donald PF. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology*, 18(1) : 17-37.
- Eldin M. 1971. Le climat. In : Avenard JM, Eldin M, Girard G, Sircoulon J, Toucheboeuf P, Guillaumet JL, Adjanohoun E et Perraud A (eds), *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoire ORSTOM, Paris (France), 50 : 75-108.
- Eldin, M., Combres JC, Montels J. 1979. Éléments généraux du climat. A3a. Précipitations mensuelles. A3b. Déficits hydriques - Durée de la saison sèche. A3c. In : Anonyme (eds), *Atlas de Côte d'Ivoire*, Ministère du Plan de Côte d'Ivoire/IGT-Université d'Abidjan/ ORSTOM, 72 p.
- Goh D. 2005. Les approches participatives dans la gestion des aires protégées en Côte d'Ivoire : l'expérience du projet autonome pour la conservation du parc National de Taï, Thèse de Doctorat Unique, UFR SGE, Université d'Abobo-Adjamé, 307 p.
- Guillaumet J-L, Adjanohoun É. 1971. La végétation de la Côte d'Ivoire, In : Avenard JM, Eldin E, Girard G, Sircoulon J, Toucheboeuf P, Guillaumet J-L, Adjanohoun É, Perraud A. (eds), *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoires ORSTOM, Paris, pp. 157-266.
- Hall P, Ashton PS, Condit R, Manokaran N, Hubbel SP. 1998. Signal and noise in sampling tropical forest structure and dynamics, *Forest biodiversity research, monitoring and modeling. Conceptual background and Old World case studies*. pp. 63-77.
- Houéto G, Fandohan B, Ouédraogo A, Ago EE, Salako VK, Assogbadjo AE, Sinsin B. 2013. Floristic and dendrometric analysis of woodlands in the Sudano-Guinean zone: a case study of Belléfoungou forest reserve in Benin, *Acta Botanica Gallica*, 159(4): 387-394.
- ICRAF. 2011. Présentation synoptique du Département de Soubré, Project Internal Document.
- Kaffo C, Kano MC, Temgoua YN. 2007. L'exploitation du raphia en économie de survie à l'Ouest du Cameroun, *Rapport des Recherches Africaines N°06*. 42 p.
- Koffi KAD. 2016. Dynamique de la végétation et valeurs de conservation des espaces anciennement cultivés du parc national d'Azagny (Sud de la Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Botanique, Université Félix Houphouët-Boigny, 187 p.
- Kouadio YD et Aloko NJ. 2015. Dynamique démographique et économique, facteurs déterminants de la croissance spatiale des villes du Département de Soubré (Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal*, 11(26):180-199.
- Kouamé FN, 2016, Structure de la végétation, flore et régénération des forêts classées de Duékoué et de Scio dans la zone de forêt dense humide de l'ouest de la Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, 285p
- Kouamé FN, Amonkou EY, Boraud M NK, N'Guessan EK. 2015. Structure of Duekoue and Scio protected forests under anthropogenic activities in southwestern Côte d'Ivoire, *Global Advanced Research Journal of Plant Science*, (1):1-15
- Kouamé, FN, Zoro Bi, IA. 2010. Nouveau découpage de la zone de forêt dense humide de la Côte d'Ivoire, *Sciences et Nature* 7(2) : 177-194.
- Kpangui, KB. 2015. Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 162 p.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature*, 403: 853-858.
- Oke DO, Odebiyi KA. 2007. Traditionnal cocoabased agroforestry and forest species conservation in Ondo state, Nigeria *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122: 305-310.

- Ouattara B.** 2004. Espèces endémiques de Côte d'Ivoire : mise à jour de leur nombre, monographie et répartition géographique, Mémoire DEA Botanique, UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 94 p.
- Pagès J.** 2013. Analyse factorielle multiple avec R, EDP sciences, Paris, 253 p.
- Perraud A, de la Souchère P.** 1967. Notice explicative de l'esquisse pédologique, Mémoires ORSTOM, Adiopodoumé Abidjan, 93 p. +1 carte en 4 coupures.
- Perraud A** 1971. Les sols de la Côte d'Ivoire. In Avenard, J. M., Eldin, M., Girard, G., Sircoulon J, Toucheboeuf P, Guillaumet J-L, Adjanohoun É, et Perraud A, (eds): Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Mémoire ORSTOM, (50) : 269-389.
- Perraud A.** 1979. Pédologie A5a Aptitudes culturales et forestières des sols A5b In : Anonyme (eds), Atlas de Côte d'Ivoire, Ministère du Plan de Côte d'Ivoire / IGT-Université d'Abidjan / Mémoires ORSTOM, 72 p.
- Poorter L.** 2001. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits, *Functional Ecology*, 13:396-410.
- Ruf F, Deheuvels O, Ake Assi L, Sarpong D.** 2006. Intensification in cocoa cropping systems: is agroforestry a solution for sustainability? The Case of Manso Amenfi, Western Region Ghana. In 15th International conference on cocoa research, (1): 355–364.
- Ruf F, Zadi H.** 1998. Cocoa: from deforestation to reforestation, Workshop on shade grown cocoa, Panama. Smithsonian Institution, Washington D.C. 36 p.
- Sanial E.** 2015. À la recherche de l'ombre : analyse du retour des arbres associés dans les plantations de cacao ivoiriennes, Master II Interface Nature Société, Université Jean Moulin Lyon 3, 212 pp.
- Schroth G, Harvey C.** 2007. Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: An Overview, *Biodiversity and Conservation*, 16(8): 2237-2244.
- Senterre B.** 2005. Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 456 p.
- Sinsin B, Kampmann D.** 2010. Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I, Bénin. Cotonou et Frankfurt/Main. BIOTA, 676 p.
- Smith Dumont E, Gnahoua GM, Ohouo L, Sinclair FL, Vaast P.** 2014. Farmers in Côte d'Ivoire value integrating tree diversity in cocoa for the provision of ecosystem services, *Agroforestry Systems*, 88 (6): 1047 - 1066.
- Sonwa DJ.** 2004. Biomass management and diversification within cocoa agroforest in the humid forest zone of southern Cameroon, Thèse de doctorat, Bonn University, Germany, 112 p.
- Sponsel LE, Headland TN, Bailey RC.** 1996. Tropical deforestation: the human dimension, Columbia University Press New York, 365 p.
- Thiombiano A, Hahn-Hadjali K, Koulibaly A, Sinsin B.** 2010. Collecte des données sur les plantes. In : Konate S, Kampmann D, (eds). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Vol. III, Côte d'Ivoire, Biota, Abidjan & Frankfurt/Main, pp. 444-478.
- Vroh Bi TA A.** 2013. Évaluation de la dynamique de la végétation dans les zones agricoles d'Azaguié (Sud-Est, Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 162 p.
- World Cocoa Foundation.** 2012. Cocoa market update compiled by the world cocoa foundation from published reports and resources, p.1-7.

ÉTUDE DE LA PERCEPTION DE *Lantana camara* L. (VERBENACEAE), UNE ESPÈCE VÉGÉTALE EXOTIQUE ENVAHISSANTE, PAR LES POPULATIONS RIVERAINES DES COCOTERAIES DU SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE

TIÉBRÉ MS^{1*}, PAGNY FPJ¹, KOUADIO YJC¹, GOULI GNANAZAN ZR¹

RÉSUMÉ

L'étude de la perception d'une population permet de comprendre les opinions des personnes sur une problématique donnée afin d'adopter une stratégie de gestion efficace et durable. La présente étude vise à évaluer d'une part, la perception des populations riveraines des cocoteraies des villages de Mondoukou, d'Assouindé et de la ville de Grand-Bassam sur *Lantana camara*, une espèce végétale exotique envahissante et d'autre part, leurs impressions sur les espèces exotiques envahissantes en général. Pour atteindre ces objectifs, 190 personnes ont été interviewées dont 141 parmi les populations locales, 38 agents du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) en charge de la gestion des cocoteraies industrielles et 11 horticulteurs. Les résultats obtenus montrent que les personnes enquêtées ont une bonne connaissance de *Lantana camara* et des plantes exotiques envahissantes. Les plantes telles que *Chromolaena odorata*, *Bambusa vulgaris*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* et *Cecropia peltata* sont les plus citées par les populations car ayant un impact négatif sur l'environnement. *Lantana camara* est souvent utilisée à des fins thérapeutiques et alimentaires et la moitié des personnes enquêtées est défavorable à un programme de lutte contre l'espèce.

Mots clés : Perception, Plantes exotiques envahissantes, *Lantana camara*, Côte d'Ivoire.

STUDY OF THE PERCEPTION OF *Lantana camara* L. (VERBENACEAE) AN INVASIVE ALIEN PLANT SPECIES BY THE RIPARIAN POPULATIONS OF THE COCONUT PLANTATIONS OF SOUTH-EASTERN CÔTE D'IVOIRE

ABSTRACT

The study of the perception of a population makes it possible to understand people's opinions on a given problem in order to adopt an effective and sustainable management strategy. The aim of this study is to assess, on the one hand, the perception of riparian populations of coconut plantations in the localities of Grand-Bassam, Mondoukou and Assouindé on *Lantana camara*, an alien invasive plant species, and on the other hand, their opinions on the alien invasive species in general. To achieve these objectives, hundred and ninety people were interviewed including hundred and forty-one among the local populations, thirty-eight people from the National Center for Agronomic Research in charge of the management of industrial coconut plantations and eleven horticulturists. The results show that the people surveyed have a good knowledge of *Lantana camara* and invasive alien plants. Plants such as *Chromolaena odorata*, *Bambusa vulgaris*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* and *Cecropia peltata* are the most popular cited species because they have a negative impact on the environment. *Lantana camara* is often used for therapeutic and dietary purposes, and half of those surveyed is against a control program.

Key words : Perception, Exotic invasive plant, *Lantana camara*, Côte d'Ivoire.

¹UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, Université Félix Houphouët-Boigny, Cocody Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

*Auteur de correspondance : tiebre.ms@skynet.be

Introduction

L'étude de la perception d'une population est une démarche qui permet d'avoir les avis de chaque personne appartenant à la population sur un sujet ou une problématique donnée (de Carrara *et al.*, 2015). Selon ces auteurs, une telle étude permet de constituer une base de données afin d'identifier les différentes personnes ressources à prendre en compte et leurs attentes. La connaissance de la perception des populations et leurs avis assurent une meilleure orientation quant à l'élaboration des plans de gestion. À l'inverse, toujours selon les mêmes auteurs, ne pas connaître les perceptions, c'est prendre le risque de définir des objectifs de gestion en décalage avec les attentes de certains. Cette approche est de plus en plus utilisée en Écologie des Invasions (Atlan et Darrot, 2012).

Les études récentes menées sur la perception des plantes envahissantes auprès des personnes ayant un rôle dans leur dispersion, telles que les personnes travaillant dans l'environnement ou dans l'horticulture, ont permis de conduire des campagnes de sensibilisation auprès de ces derniers, permettant ainsi, de freiner l'introduction des Espèces Exotiques Envahissantes (Vanderhoeven *et al.*, 2011). De ce fait, selon ces auteurs, l'évaluation de la perception des plantes envahissantes a permis la mise en place d'actions de communications, des mesures préventives à adopter pour réduire l'expansion et, aussi, de définir les axes de recherches prioritaires sur la biologie et les impacts de ces plantes pour la préservation de la biodiversité. De plus, si ces mesures ne sont pas comprises par la population, elles peuvent susciter une opposition pouvant constituer un frein aux mesures de gestion et, même, à l'échec.

En Côte d'Ivoire, la destruction des écosystèmes naturels à la suite de l'agriculture, l'urbanisation et l'industrialisation, a

provoqué une modification des écosystèmes forestiers vers un environnement dégradé, propice à l'installation des espèces exotiques envahissantes (Sako *et al.*, 2011 ; Tiébré *et al.*, 2014 ; Tiébré *et al.*, 2015). C'est le cas du Sud-Est de la Côte d'Ivoire, une zone agricole marquée par la présence de nombreuses plantations de cocotiers, d'hévéas et d'ananas. On y observe une prolifération de *Lantana camara* L. (Verbenaceae), qui trouve les conditions favorables à son expansion (Hauhouot, 2002).

Lantana camara est originaire de l'Amérique tropicale et subtropicale. Elle a été importée du Brésil en Hollande au 16^{ème} Siècle et, plus tard, les graines ont été vendues en Europe et en Amérique du Nord. Elle a ensuite été introduite en Australie, en Asie et en Afrique à partir des graines par les oiseaux. En Côte d'Ivoire, selon Neuba *et al.* (2014), son introduction s'est faite par l'horticulture. Elle fait partie des 100 espèces invasives les plus néfastes du monde (UICN, 2000) et, par conséquent, a donc fait l'objet de nombreuses études dont la plupart se sont concentrées sur les vertus thérapeutiques, le potentiel horticole et l'impact sur la biodiversité (Aké-Assi, 1987 ; Sharma et Raghubanshi, 2001 ; Aravind *et al.*, 2010). Très peu de travaux se sont intéressés à la perception des populations sur les programmes de lutte contre cette plante qui possède un potentiel ornemental et horticole énorme (Vanderhoeven *et al.*, 2011 ; Catarina *et al.*, 2013 ; Shackleton et Shackleton 2016 ; Maroun, 2017). La présente étude se propose donc de contribuer à une meilleure connaissance des espèces végétales exotiques envahissantes. De façon spécifique, il s'agit d'étudier la perception des populations riveraines des cocoteraies des villages de Mondoukou, d'Assouindé et de la ville de Grand-Bassam sur l'espèce invasive *Lantana camara* et d'analyser leur niveau de connaissance sur la problématique des espèces exotiques envahissantes (EEE).

Matériel et Méthodes

Site d'étude

L'étude a été conduite au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, dans les localités de Grand-Bassam, de Mondoukou et d'Assouindé, situées dans le secteur littoral du domaine guinéen entre 2°70' et 3°88' de longitude Ouest et 5°08' et 6°26' de latitude Nord (Figure 1). La végétation est diversifiée et comprend de nombreuses formations végétales qui subissent, aujourd'hui, de nombreuses pressions anthropiques. Cette végétation est marquée par des forêts sempervirentes caractérisées par *Palisota hirsuta* (Thun.) Schum. ex Engl., *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C. DC.) Pellegr., des forêts littorales, des fourrés littoraux, des forêts marécageuses et des mangroves caractérisées par *Raphia hookeri* et de nombreux palétuviers (*Rhizophora racemosa* G.F. Mey., *Avicennia germinans* (L.) L. et *Conocarpus erectus* L.) puis secondairement la végétation des savanes

pré-lagunaires avec plusieurs formations herbacées et des populations de *Borassus aethiopum* Mart. (Guillaumet et Adjanohoun, 1971 ; Hauhouot, 2002 ; Ouattara, 2017).

On y rencontre des sols ferralitiques, des sols hydromorphes, des sols argilo-sableux et des sols sablo-limoneux (Zan-Bi, 2014). Le climat de cette zone est de type tropical caractérisé par une forte chaleur et une importante pluviométrie. En considérant les données plus récentes de 2009 à 2017, fournies par la SODEXAM pour la région du Sud-Comoé, il existe deux saisons de pluies, une grande saison de mars à mi-juillet et une petite saison d'octobre à novembre. Ensuite deux saisons sèches, une grande saison de décembre à février et une petite saison d'août à septembre. La pluviométrie oscille entre 800 et 1 500 mm par an avec des températures qui varient de 22°C à 34°C (Zan-Bi, 2014).

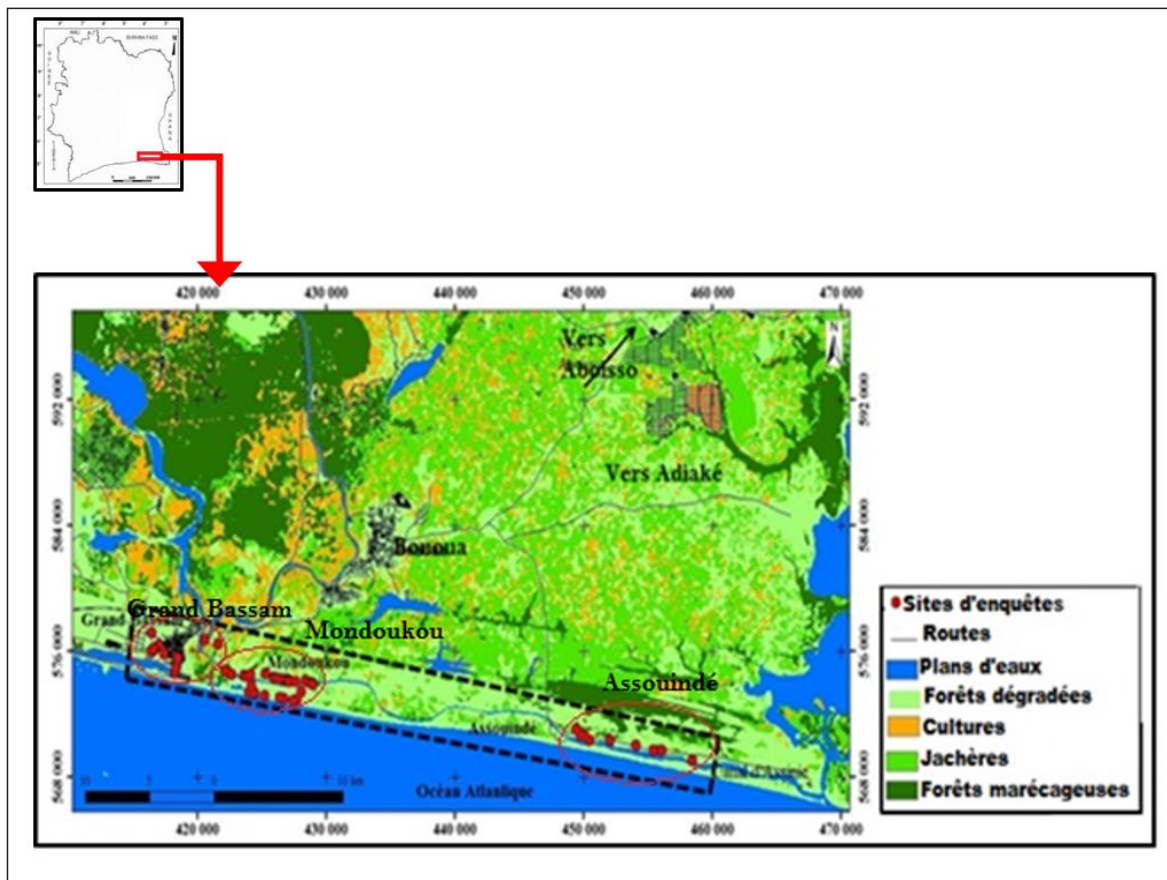


Figure 1: Sites d'enquêtes et formations végétales de la zone d'étude

Collecte des données

La méthode de collecte des données est une enquête semi-structurée réalisée auprès de la population riveraine. Ainsi, des interviews ont été réalisées sur la base d'un questionnaire. Dans chaque localité, les questionnaires destinés à chaque catégorie d'enquêtés visaient en premier lieu à établir le profil des personnes enquêtées. En second lieu, les questions relatives au niveau de connaissance de *Lantana camara* ont été abordées. En troisième lieu, les questions relatives au niveau de connaissance des espèces envahissantes ont été traitées. Ce

questionnaire comportait des questions fermées et ouvertes. Il a été administré à 190 personnes dont 141 appartenant à la population locale en contact avec les Espèces Exotiques Envahissantes (pêcheurs, commerçants et hôteliers), 38 du personnel du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) en charge de la gestion des cocoteraies industrielles (chercheurs et travailleurs au sein des cocoteraies) et 11 parmi les horticulteurs (pépiniéristes et vendeurs de bouquets). Les horticulteurs ont été retenus parce qu'ils sont reconnus comme un vecteur d'introduction des plantes envahissantes.

Tableau 1: Questions posées pendant l'interview

Parties du questionnaire	Sous-questions
Profil des personnes enquêtées	Genre, Âge, Niveau d'étude
Niveau de connaissance de <i>Lantana camara</i>	Habitat, Origine, Usages, Impact, Moyens de lutte.
Niveau de connaissance des espèces envahissantes	Espèces connues, Problème, Programme national.

Traitement des données

La saisie et le traitement des données ont été réalisés à l'aide du logiciel Excel. Le profil des personnes enquêtées (âge, niveau d'instruction) a été analysé à travers des diagrammes et histogrammes. Il en est de même pour la perception des personnes enquêtées sur les Espèces Exotiques Envahissantes et sur *Lantana camara*. Des analyses statistiques ont aussi été réalisées pour évaluer la pertinence des résultats obtenus. Pour analyser la perception des personnes enquêtées sur les Espèces Exotiques Envahissantes, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été effectuée. L'intérêt de l'ACM est de pouvoir visualiser un jeu de données dans

son ensemble (Palm, 2007). Le test de Chi-deux (χ^2) a quant à lui, été utilisé pour tester l'existence de relations entre les différentes variables qualitatives collectées lors de l'enquête. Le niveau de significativité choisi pour ces analyses est de 5 p.c. ($P = 0,05$). En cas de significativité au test de Chi-deux (χ^2), l'Analyse Factorielle de Correspondance (AFC) a été réalisée, pour montrer de façon graphique les relations qui existent entre les différentes variables (Bouزيد *et al.*, 2016). Il s'est agi d'établir des relations existantes entre le type d'enquêtés et la connaissance des habitats préférentiels ; l'usage ; et la lutte contre *Lantana camara*. Également, entre le niveau d'étude et la connaissance des vecteurs d'introduction de *L. camara*.

Résultats

Profil des personnes enquêtées

Dans l'ensemble, l'âge des personnes enquêtées se situent majoritairement entre 19 et 39 ans (62,63 p. c.). L'âge moyen est de 37 ans. Les personnes dont l'âge est compris entre 30 et 50 ans (41,57 p.c.) représentent la tranche d'âge la plus enquêtée tandis que la plus faible proportion des enquêtées (1,05 p. c.) rassemble les personnes jeunes dont l'âge est compris entre 12 et 18 ans. Quant au niveau d'instruction, de façon générale, la tranche d'enquêtés n'ayant aucun niveau d'étude vient en tête avec une proportion de 49,5 p.c. suivie par le niveau secondaire avec 25,80 p.c. puis le niveau primaire avec une proportion de 18,90 p.c. et enfin le niveau supérieur avec une proportion de 5,80 p.c.

Nous retenons dans la zone d'étude que les jeunes ont été les plus interrogés et la majorité des enquêtées est non scolarisée.

Perception des espèces végétales exotiques envahissantes

Les résultats des enquêtes ont montré que les personnes enquêtées reconnaissent au moins une plante envahissante. Les 5

plantes envahissantes les plus citées sont *Chromolaena odorata* (L.) R. King. & H. Robinson, localement appelée indépendance ou Sékou-Touré avec une proportion de 95,3 p.c. ; *Bambusa vulgaris* Schrad. (Bambou de récolte ou bambou de Chine) citée à 62,1 p.c. ; *Pistia stratiotes* L. (Salade d'eau) citée à 47,4 p.c. ; *Eichhornia crassipes* Mart. (Jacinthe d'eau) citée à 34,7 p.c. et *Cecropia peltata* L. (Faux parasolier) citée à 24,7 p.c.

L'Analyse en Composantes Multiples (ACM) indique que les deux premiers axes restituent 50,76 p.c. de la variance des données (Figure 2). Il ressort de cette analyse que la majorité de la population locale et le personnel du CNRA pensent que les plantes envahissantes constituent un problème pour la biodiversité. Elles se sentent, de ce fait, concernées par cette problématique contrairement aux horticulteurs qui n'ont pas d'avis sur la question. Toutefois, tous approuvent l'élaboration d'un programme national de lutte contre les Espèces Exotiques Envahissantes. En conclusion, pour la population locale et le personnel du CNRA, les plantes envahissantes représentent un danger pour l'environnement.

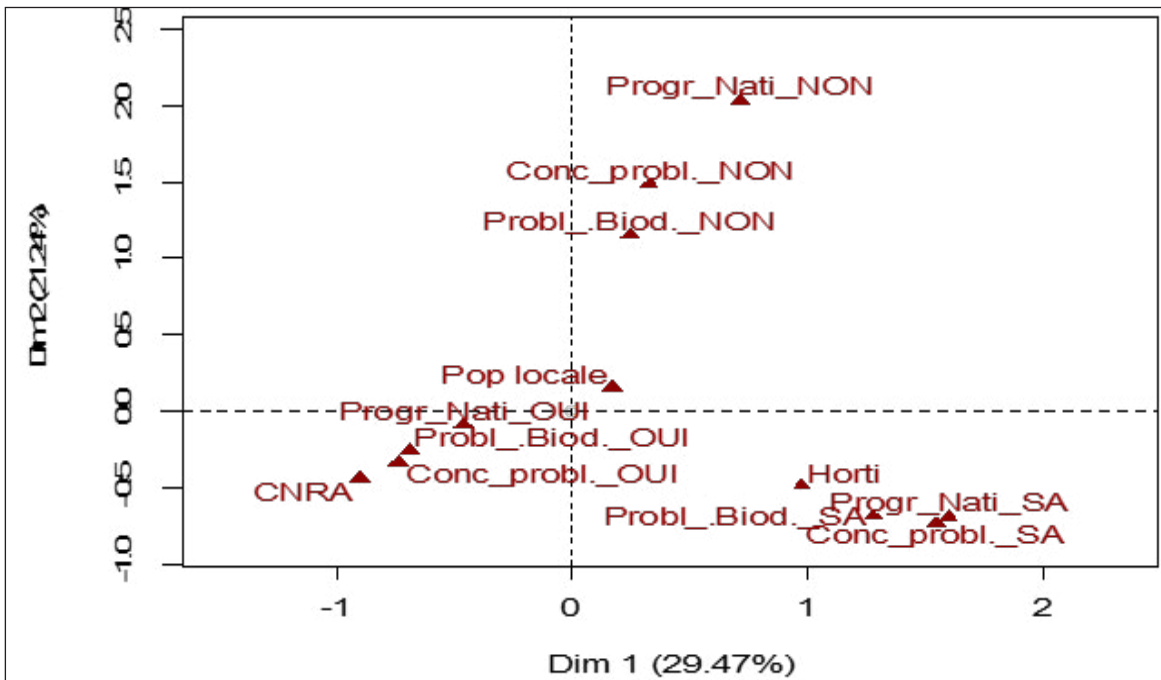


Figure 2: Représentation de la relation entre le type d'enquêté et la problématique des espèces végétales exotiques envahissantes dans un plan factoriel (1 X 2) de l'ACM.

Perception de l'espèce envahissante *Lantana camara*

La carte factorielle de l'AFC indique que toutes les personnes enquêtées ont le même avis sur le type d'habitat colonisé par cette espèce (Figure 3). Elles ont observé la présence de la plante dans les plantations. Cependant, certaines personnes l'ont aussi observée en bordure des routes, des maisons et des cours d'eaux. Le test de Chi-deux montre que la connaissance de son habitat n'est pas liée aux types de personnes enquêtées ($\chi^2 = 8,12$; $P = 0.22$).

La présente étude indique que la majorité de la population interviewée n'a pas une bonne connaissance des vecteurs d'introduction de la plante. Seuls 7,4 p.c. estiment qu'elle a été introduite par les oiseaux. S'agissant de

l'historique de *L. camara*, toutes les personnes enquêtées estiment n'avoir aucune idée.

La majorité des personnes enquêtées n'utilise pas *L. camara* (Figure 4). Il n'en demeure pas moins qu'une partie de la population interviewée reconnaît l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle et/ ou dans l'alimentation. Les pathologies traitées sont le paludisme, la fièvre, la diarrhée, l'hémorroïde, les blessures, le rhume, la grippe, la tension et le diabète. Le paludisme demeure l'affection la plus traitée et la grippe la moins traitée. Le test de Chi-deux montre qu'il existe une relation significative entre les variables type d'enquêtés et usage de la plante ($\chi^2 = 21,83$; $P = 0,0001$). Les feuilles et la tige sont utilisées pour protéger certains aliments (grains d'haricots et d'arachides) contre les attaques de divers insectes.

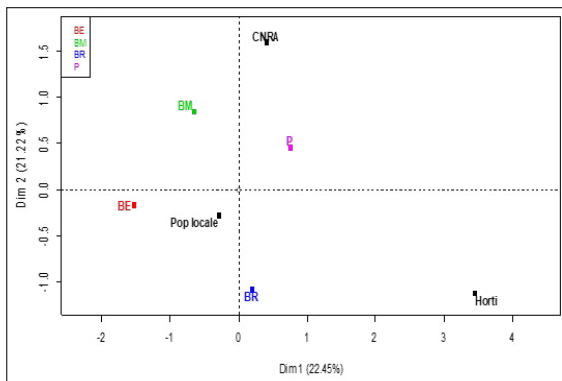


Figure 3: Représentation de la relation entre le type d'enquêté et la connaissance des habitats préférentiels de *Lantana camara* dans un plan factoriel (1 X 2) de l'AFC.

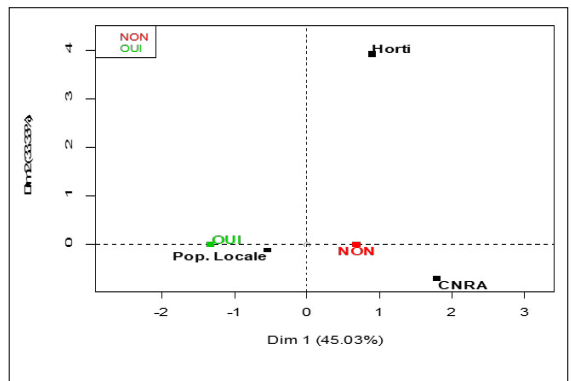


Figure 4: Représentation de la relation entre le type d'enquêté et l'usage de *Lantana camara* dans un plan factoriel (1 X 2) de l'AFC.

Quant à la question des impacts de cette plante, 154 personnes (81,05 p.c.) ont répondu positivement. Les composantes impactées par cette espèce sont les Hommes, les animaux, les plantes et sol (Figure 5). Pour la population locale et le personnel du

CNRA, cette plante a un impact négatif sur les Hommes car elles causent des piqûres et des blessures. Seul 1,6 p.c. de la population locale estime que cette plante a un effet positif sur l'enrichissement du sol.

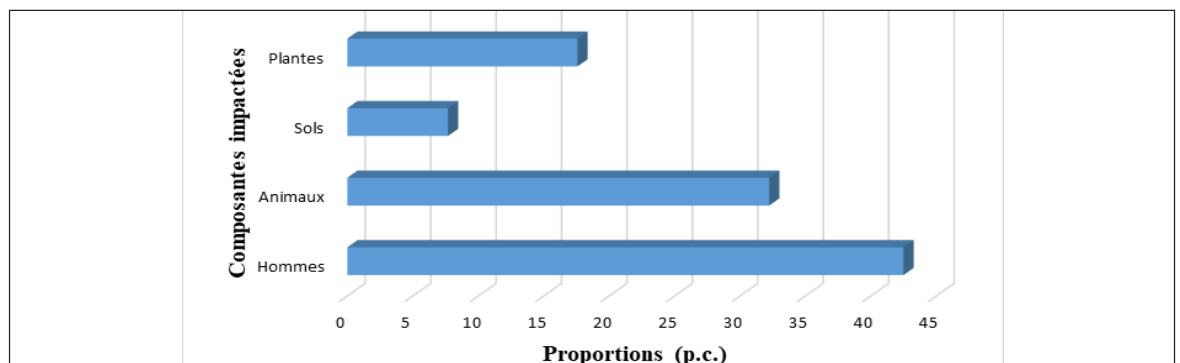


Figure 5: Histogramme représentant les composantes impactées par *Lantana camara* selon les personnes enquêtées.

La majorité du personnel du CNRA adhère à un programme de lutte contre cette espèce, contrairement à la population locale. Les horticulteurs n'ont pas d'avis (Figure 6). Le test de Chi-deux d'indépendance montre qu'il existe une relation significative entre

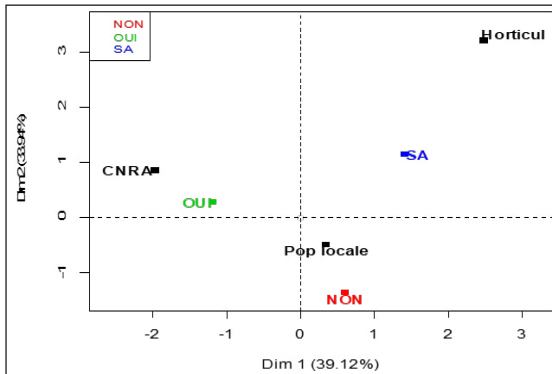


Figure 6: Représentation de la relation entre le type d'enquêté et la lutte contre *Lantana camara* dans un plan factoriel (1 X 2) de l'AFC.

Discussion

La présente étude montre que les populations enquêtées ont une bonne connaissance des espèces exotiques envahissantes. Cela pourrait être dû à la proximité de ces populations avec ces plantes. En effet, des études réalisées par Maroun (2017) dans le Sud de la Côte d'Ivoire ont montré que la proximité des populations avec les espèces végétales exotiques envahissantes est un facteur clé de la connaissance de ces plantes.

Cinq espèces invasives ont été les plus citées par les personnes enquêtées (*Chromolaena odorata*, *Bambusa vulgaris*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* et *Cecropia peltata*). La bonne connaissance de ces plantes pourrait être due aux impacts négatifs sur les écosystèmes. Ces travaux corroborent ceux de Neuba *et al.* (2014) qui ont indiqué que ces espèces font parties des espèces les plus invasives de la Côte d'Ivoire. D'autres études réalisées dans différents pays confirment ces présents travaux, à l'exemple de *Chromolaena odorata* qui représente une mauvaise herbe des cultures, des plantations, des savanes, des forêts dans de nombreuses régions du monde (Agbede *et al.*, 2014). Il y'a également *Eichhornia crassipes* qui a envahi

le type d'enquêté et la lutte contre *Lantana camara* ($\chi^2 = 62,56$; $P = 0,0001$). La lutte mécanique est la méthode de lutte la plus utilisée aussi bien par la population locale que le personnel du CNRA. (Figure 7).

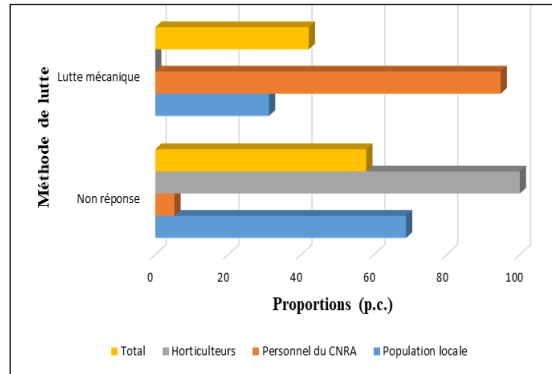


Figure 7: Histogramme se rapportant aux méthodes de lutte utilisées

le lac Ravelobe de Madagascar, causant des dommages économiques (Ranarijaona *et al.*, 2013).

Le manque de connaissance des populations enquêtées sur l'historique de *L. camara* confirme les travaux de Chatelain *et al.* (2001) qui mentionnent que la documentation la plus précise sur l'historique des plantes envahissantes de Côte d'Ivoire ne concerne que *Chromolaena odorata*, *Cecropia peltata*, *Eichhornia crassipes*, *Leucaena leucocephala* et *Salvinia molesta* Mitchell. Shackleton et Shackleton (2016) sont parvenus à des résultats similaires. En effet, ces auteurs ont montré que la majorité de la population Sud-Africaine n'a pas d'information sur l'historique et les vecteurs d'introduction de *L. camara*. Neuba *et al.* (2014) ont indiqué que cette plante a été introduite volontairement en Côte d'Ivoire par l'horticulture. *L. camara* à des usages alimentaire et médicinale. Cela a également été observée en Floride, au Cameroun et en Inde (Chevalier 1951 ; Dibong *et al.*, 2011).

La présente étude a montré qu'une infime partie de la population estime que *L. camara* a un impact positif sur l'enrichissement du sol.

D'autres études ont aussi démontré qu'elle présente des impacts positifs sur le sol par sa capacité à réduire les métaux lourds: Cd, Cu, Zn (Senou *et al.*, 2014). Cette perception est en contradiction avec les études de Raizada et Raghubanshi (2010) qui ont démontré que l'invasion des sites par cette plante modifie négativement la teneur en éléments nutritifs du sol. Des travaux complémentaires doivent être menés pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

L'étude montre aussi que les personnes interviewées sont favorables à un programme de lutte contre les plantes envahissantes. L'approche de lutte qui prend en compte

la perception des populations a donné des résultats très satisfaisants en Belgique. En effet, les enquêtes de perception sur les plantes envahissantes ont permis de freiner l'introduction de *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr. (la Renouée du Japon), *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levrier (la Berce du Caucase), *Impatiens glandulifera* Royle (la Balsamine de l'Himalaya) et bien d'autres espèces invasives permettant ainsi d'éviter de nouvelles invasions (William, 2017). Il en est de même pour les Pays-Bas où 86 p.c. des répondants sont en faveur d'un programme de lutte contre les espèces invasives (Verbrugge *et al.*, 2013).

Conclusion

Au terme de cette étude, on peut retenir que les populations enquêtées ont un bon niveau de connaissance sur les espèces exotiques envahissantes (EEE). Cinq espèces sont les plus citées : *Chromolaena odorata*; *Bambusa vulgaris*; *Pistia stratiotes*; *Eichhornia crassipes*; et *Cecropia peltata*. Concernant la perception de la population sur *Lantana camara*, cette plante est considérée comme une mauvaise herbe par une majorité de la population. Les avis sont partagés quant à la lutte contre cette espèce. Les personnes qui en font

usage sont opposées à un programme de lutte tandis que celles qui ne l'utilisent pas sont favorables à son éradication. Cette étude nous fournit des données de base sur la perception des populations des Espèces Exotiques Envahissantes en Côte d'Ivoire. Cela permettra de mieux comprendre les avis des populations pour freiner l'introduction de ces espèces par la sensibilisation et assurer une meilleure orientation des plans de gestion.

Remerciements

Cette étude a bénéficié de l'appui financier du Centre d'Excellence Africain sur les Changements Climatiques, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD) attribué à Monsieur Pagny Franck Placide Junior. Nous tenons à remercier le Docteur LEKADOU Tacra Thierry, Directeur de la Station Marc Delorme et Chargé de recherche au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) qui a autorisé les

entretiens avec le personnel du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA). Nos remerciements vont aussi à l'endroit du Docteur GNAGBO Anthelme qui nous a assisté dans l'élaboration de la carte de localisation de la zone d'étude. Nous remercions également les populations de la ville de Grand-Bassam, des campements de Mondoukou et d'Assouindé qui ont accepté de participer à l'enquête.

Références Bibliographiques

- Agbede TM, Adekiya O, Ogeh JS. 2014. « Response of soil properties and yam yield to *Chromolaena odorata* (Asteraceae) and *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) mulches ». *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60 (2): 20924.
- Aké-Assi L. 1987. Fleurs d'Afrique Noire, de la Côte d'Ivoire au Gabon, du Sénégal à l'Ouganda : espèces spontanées et introduites. SAEP, Colmar, France, 89 p.
- Aravind NA, Rao D, Ganeshiah KN, Shaanker RU, Poulsen J. 2010. Impact of the invasive plant *Lantana camara* on bird assemblages at Malé Mahadeshwara Reserve Forest South India, *Tropical Ecology*, 51 (2) : 325-338.
- Atlan A, Darrot C. 2012. Les invasions biologiques entre Écologie et Sciences Sociales : quelles spécificités pour l'Outre-Mer Français ? *Rev. Écol. (Terre Vie)*, 11, 101.
- Bouziid A, Ayachi A, Dhaoudi H, Mourali M. 2016. Pertinence des marqueurs sériques du premier trimestre pour prédire les complications de la grossesse : étude prospective tunisienne. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*, 44 (2) : 96-100.
- Catarina SR, Hélia M, Helena F, Elizabete M. 2013. Public perception of invasive plant species: assessing the impact of workshop activities to promote young students' awareness. *International Journal of Science Education*, 35 (4) : 690-712.
- Chatelain C, Gautier L, Spichiger R. 2001. Application du SIG ivoire à la distribution potentielle des espèces en fonction des facteurs écologiques. *Systematics and Geography of Plants*, 71 : 313-326.
- Chevalier A. 1951. Mauvaises herbes envahissantes, fléaux redoutables pour l'Agriculture en Afrique tropicale. *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, 31 (345) : 390-399.
- de Carrara S, Germaine MA, Girard S, Grégoire F, Sacca C, Valy J. 2015. Pour identifier les acteurs et leurs attentes. In: Connaître les perceptions et les représentations : quels apports pour la gestion des milieux aquatiques ? Onema, Lyon, 180p.
- Dibong SD, Mpondo ME, Ngoye A, Kwin M, Betti J. 2011. Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 37: 2496-2507.
- Guillaumet JL, 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, Paris, France, pp. 157-266.
- Hauhouot C. 2002. Les problèmes de l'aménagement de l'estuaire du fleuve Comoé à Grand-Bassam. Les cahiers d'Outre-Mer. *Revue de géographie de Bordeaux*, 219 : 307-324.
- Maroun L. 2017. Étude de la perception des mauvaises herbes et des espèces végétales exotiques par la population des milieux agricoles en Côte d'Ivoire, l'exemple de *Chromolaena odorata*, Master de l'Université de Liège, Belgique, 61p.
- Neuba DFR, Malan DF, Koné M, Kouadio Y. 2014. Inventaire préliminaire des plantes envahissantes de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 22 (2) : 3439-3445.
- Ouattara M, Tiébré MS, N'Guessan K. 2017. Etude de la végétation d'un canal artificiel de navigation soumis aux pressions anthropiques, la rivière Assinie, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 13 (5) : 130-149.
- Palm R. 2007. «L'analyse des correspondances multiples : principes et application ». *Notes de Statistique et d'Informatique*, 2 : 1-28.
- Raizada P, Raghubanshi A. 2010. Seed germination behaviour of *Lantana camara* in response to smoke, *Tropical Ecology*, 51(2) : 347-352.
- Ranarijaona HLT, Zainabo F, Herilala A, Simon A. 2013. Évaluation de la prolifération de la Jacinthe d'eau du lac Ravelobe Ankarafantsika et plan de restauration. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 13 (1) : 9-10.
- Sako N, Beltrando G, Atta KL, Dibi NH, Brou T. 2011. Dynamique forestière et pression urbaine dans le Parc national du Banco (Abidjan, Côte d'Ivoire). *VertigO*, 13 (2), 12p.

- Senou I, Gnankambary Z, Some AN, Sedogo PM. 2014. Projection de trois espèces de plantes locales pour la phytoextraction de métaux lourds à partir de deux types de sols au Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, 26 (2) : 155-166.
- Shackleton C, Shackleton R. 2016. Knowledge, perceptions and willingness to control designated invasive tree species in urban household gardens in South Africa. *Biol Invasions*, 18 : 1599-1609.
- Sharma GP, Raghubanshi AS. 2001. *Lantana camara* L. Invasion and Impact on herb layer diversity and soil properties in a dry deciduous forest of India. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9 (3) : 253-264.
- Tiébré MS, Djaha K, Vroh BTA, N'Da KD, Adou Yao CY. 2014. Stratégies et potentiel d'invasion des massifs forestiers par *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae) : cas du Parc National du Banco en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (2) : 666-679.
- Tiébré MS, Vroh BTA, Kouamé D, Dibi KD, Adou Yao CY. 2015. Effets d'un arbre exotique envahissant *Hopea Odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae) sur la diversité floristique et le stockage de carbone du Parc National du Banco en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10 (1) : 207- 278.
- UICN, 2000. Lignes directrices de l'UICN pour la prévention de la perte de la diversité biologique causée par les espèces exotiques envahissantes. UICN, Commission de sauvegarde des espèces, 25 p.
- Vanderhoeven S, Halford M, Heemers L, Mathys C, Mahy G. 2011. Enquête socio-économique sur les plantes ornementales invasives en Belgique. Rapport Alter IAS-des alternatives aux plantes invasives, Liège, Belgique, 14p.
- Verbrugge LNH, Vandeborn RJG, Lenders H. 2013. Exploring public perception of non-native species from avisions of nature perspective. *Ecosyst Serv*; 12 : 200-208.
- William P. 2017. Enquête sur les plantes invasives. Master de l'Université de Liège, Belgique, 82p.
- Zan-Bi T. 2014. Biologie de reproduction et Dynamique d'exploitation du Pelon *Brachydeuterus auritus* (Valenciennes, 1831) à Grand-Bassam (Côte d'Ivoire). Diplôme de Master recherche en Analyse des Populations des Espaces Fauniques et Halieutiques, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso, 49p.

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) trois 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 ;
- les noms des auteurs (nom de famille et initiale (s) du (des) prénoms), l'adresse postale complète des services ou des laboratoires concernés avec indication de l'appartenance de chacun des auteurs ;
- le nom et le numéro de téléphone, de fax et l'adresse e-mail de l'auteur à qui seront adressés les demandes de modifications avant acceptation, 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, conclusion. 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, elles doivent être en nombre restreint. Aucune abréviation ne sera utilisée 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 la 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. Ils doivent être numérotés en chiffres arabes et accompagnés d'un titre et d'une légende. Les titres et les légendes des figures seront placés en bas et ceux des tableaux seront placés en haut.

Discussion et Conclusion : 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. Une conclusion doit être tirée à la fin de cette section.

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 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'un renvoi 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, (Demebele 2008a, 2008b). Les références doivent être listées par ordre alphabétique à la fin du texte sans numérotation.

Le nombre de références ne doit pas dépasser 30. L'article ne comporte que les références à des textes qui ont été consultés pour la rédaction du travail. Les références citées doivent être accessibles aux lecteurs. Toutes les références citées dans le texte figurent dans la liste des références bibliographiques et vice-versa. Les articles acceptés mais non encore publiés peuvent être référencés en indiquant la revue, l'année et le volume avec la mention (à paraître) ou (in press).

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.

Illustrations

Toutes les figures (graphiques, dessins ou photographies) sont numérotées en chiffres arabes et appelées dans le texte par ordre numérique (numéro entre parenthèses). Les figures sont fournies sur un fichier distinct.

Les illustrations seront reproduites en couleur sur le web mais imprimées en noir et blanc dans la revue papier. Pour des raisons techniques, nous ne pourrions utiliser ces illustrations en couleur pour l’impression en noir et blanc, il est donc impératif de nous envoyer, en plus des illustrations en couleur, toutes les illustrations correspondantes en noir et blanc pour la version imprimée.

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. Il est accompagné d’un titre (placé au-dessus) et, éventuellement, de notes explicatives (au-dessous). Il est saisi en interligne simple.

SOUMISSION DES ARTICLES

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

CORRECTION D’ÉPREUVES, DEMANDES DE REPRODUCTION

En cas de reproduction partielle ou totale, dans le manuscrit, d’un document ou d’une illustration déjà publié, l’autorisation écrite de l’éditeur et des auteurs doit être impérativement fournie. Lors de la mise en production du manuscrit accepté pour publication, l’éditeur enverra à l’auteur correspondant un formulaire de transfert de droits par courrier électronique, qui sera dûment complété et signé par l’auteur responsable de l’article pour le compte de tous les auteurs, puis retourné à l’éditeur dans les plus brefs délais. 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 l’impression 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.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

REB-PASRES, a journal of Environment and Biodiversity, is published by the « Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) », three 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 ;
- 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. 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, 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”).

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.

Discussion and Conclusion : 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.

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.

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).

Journal

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.

The illustrations will be reproduced in color on the web but printed in black and white in the publication’s paper version. For technical reasons, we cannot use color illustrations for black and white printing. You must therefore send us, in addition to color illustrations, any corresponding black and white illustrations for the printed version.

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

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. When laying out the manuscript accepted for publication, the publisher will send to the corresponding author a copyright transfer form by e-mail, which must be duly filled in and signed by the author responsible for the article on behalf of all authors, then sent back to the publisher as soon as possible. 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.

S O M M A I R E

KASEREKA L, KASEREKA V, CHIFUNDERA KZ

Amphibiens du bassin versant de la rivière Ruki en forêt équatoriale de la République Démocratique du Congo.....1

YEO K, ALIKO YJ, OUALI N'GORAN S-WM

Dégâts et facteurs d'influence des infestations de *Apate terebrans* (Coleoptera, Bostrichidae, Pallas, 1772), ravageur de l'anacardier en Côte d'Ivoire: cas des localités de Bondoukou et de Bouna.....11

NEHI B, N'GUESSAN F, KOLI BI Z

Impact de l'exploitation minière sur la cacaoculture à Oumé, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.....22

N'GANZOUA KR, BAKAYOKO S, BRAHIMA K, YAO-KOUAMÉ A

Effets de la fertilisation minérale sur l'architecture racinaire du riz pluvial sous régime pluviométrique bimodal en zone de savane guinéenne de la Côte d'Ivoire.....36

DELEWRON GR, N'GUESSAN KF, N'GUESSAN KÉ

Diversité structurale des peuplements ligneux des cacaoyères de la région de Grand-Zattry (Côte d'Ivoire).....51

TIÉBRÉ MS, PAGNY FPJ, KOUADIO YJC, GOULI GNANAZAN ZR

Étude de la perception de *Lantana camara* L. (Verbenaceae), une espèce végétale exotique envahissante, par les populations riveraines des cocoteraies du Sud-Est de la Côte d'Ivoire.....68