

REB PASRES

Revue de l'Environnement et de la Biodiversité - PASRES

N°
05



JUILLET-DECEMBRE 2020

ISSN : 2520 - 3037

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



PROGRAMME D'APPUI STRATÉGIQUE À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

COMITÉ DE PILOTAGE DU PASRES / STEERING BOARD OF PASRES

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

COMITÉ DE RÉDACTION / EDITORIAL BOARD

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

COMITÉ DE LECTURE / PEER REVIEWERS

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

ADMINISTRATION

Secrétariat Exécutif du PASRES

Tél : (225) 23 47 28 29

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

Fax: (225) 23 45 12 11

01 BP 1303 ABIDJAN 01

E-mail: yayasangci@yahoo.fr

ÉDITORIAL

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

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

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

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

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

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

Dr Sangaré Yaya

Secrétaire Exécutif du PASRES

S O M M A I R E

Noho Yaw · N'da KC · Dibi Kangah P · Koli BZ

Convenance pluviométrique de la flore et de la végétation d'un hydrosystème dans un contexte de changement climatique: cas du bassin versant du N'zi (Côte d'Ivoire).....1

Koné M · Coulibaly D · Tuo Y · Kouakou LMM · N'goan AE · Yéo K · Doannio MJC

Évaluation de l'État de quelques aires protégées du département de Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire) : les fourmis comme indicateur biologique de la qualité du milieu.....15

Konan AS · Malan DF · Ouattara A · Kougbo MD · Dogba M

Dynamique spatio-temporelle de la végétation du Parc National de la Comoé au Nord-Est de la Côte d'Ivoire.....27

Nomel GJR · Kouassi RH · Ambe ASA · Mada D · N'guessan KE

Diversité et estimation de la biomasse des arbres d'alignement de la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....44

Brou GKG · Soumahoro S · Yao KS · Soro YR

Effet des tourteaux de coprah et de palmiste sur la croissance des porcelets à Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire).....52

Anougba BD · Hala N · N'guessan HA · Hala KA · Yéo K

Taxonomie du genre *Recilia* en Côte d'Ivoire : apports des caractères morphologiques pour l'identification des espèces.....61

Pagny FPJ · Lekadou TT · Mévanly O · Gouli Gnanazan ZR · Tiébré MS

Impact of an invasive alien plant species *Lantana Camara* L. (Verbenaceae) on floristic diversity and soil physicochemical properties of coconut groves from Southeastern Côte d'Ivoire....72

Kamagaté B · Ouattara NI · Zéa Bi UC · Pèlèbè ROE

Évaluation des performances de croissance de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) et de *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) en polyculture dans les bas-fonds rizicoles (Bédiala, Côte d'Ivoire).....89

Convenance pluviométrique de la flore et de la végétation d'un hydrosystème dans un contexte de changement climatique: cas du bassin versant du N'Zi (Côte d'Ivoire)

Rainfall suitability of the flora and vegetation of a hydrosystem in the context of climate change: case of the N'Zi watershed (Côte d'Ivoire)

Noho YAW • N'Da KC • Dibi Kangah P • Koli BZ

Received: 10 June 2020 / Accepted: 26 November 2020 / Published online: 01 March 2021

© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé La maîtrise de l'évolution des paramètres pluviométriques fait partie des enjeux majeurs pour la sauvegarde de la biodiversité dans un contexte de changement climatique. La présente étude analyse l'évolution de la pluviométrie et son influence sur la flore et la végétation dans le bassin versant du N'Zi. Elle a pour but de déceler d'éventuelles périodes pluviométriques anormales capables de modifier la phénologie des végétaux. La cartographie de la distribution des isohyètes basée sur 14 stations au pas de temps de cinq ans a été réalisée de 1950 à 2015. L'indice standardisé de précipitation (ISP) a été calculé dans six stations représentatives. Les potentialités pluviométriques ont été confrontées aux nécessités pluviométriques des principales espèces végétales. Il en résulte que l'évolution de la pluviométrie n'est pas un facteur de dégradation ou de disparition de la végétation dans le bassin versant du N'Zi. Elle décline trois périodes : une période très humide de 1950 à 1969, une moins humide de 1970 à 1999 et une autre de faible reprise des pluies de 2000 à 2015. L'analyse des nécessités pluviométriques des principales espèces végétales montre que *Milicia excelsa* (iroko) et *Triplochiton scleroxylon* (samba) reçoivent une quantité de pluie légèrement en deçà de leurs besoins. Mais, cette pluviométrie permet l'épanouissement de la flore et de la végétation de l'hydrosystème N'Zi. La moyenne pluviométrique interannuelle (1100 mm) est faible. Si elle diminue davantage, l'équilibre écosystémique et la biodiversité seront menacés.

Mots clés : Pluviométrie, Flore, Végétation, Hydrosystème N'Zi, Côte d'Ivoire.

Abstract Controlling changes in rainfall parameters is one of the major challenges for safeguarding biodiversity in a context of climate change. This study analyzes the evolution of rainfall and its influence on flora and vegetation in the N'Zi watershed. Its aim was to detect possible abnormal rainfall periods capable of modifying the phenology of plants. The mapping of the distribution of isohyets based on 14 stations at five-year time steps was carried out from 1950 to 2015. The standardized precipitation index (SPI) was calculated at six representative stations. The pluviometric potentialities were confronted with the pluviometric requirements of the main plant species. As a result, the change in rainfall is not a factor in the degradation or disappearance of vegetation in the N'Zi watershed. There are three periods: a very humid period from 1950 to 1969, a less humid period from 1970 to 1999 and another of weak resumption of rains from 2000 to 2015. Analysis of the rainfall requirements of the main plant species showed that *Milicia excelsa* (iroko) and *Triplochiton scleroxylon* (samba) received slightly less rainfall than they need. But, this rainfall allows the flourishing of flora and vegetation of the N'Zi hydrosystem. The inter-annual rainfall average (1100 mm) is low. If it decreases further, the ecosystem balance and biodiversity will be threatened.

Key words : Rainfall, Flora, Vegetation, N'Zi hydrosystem, Côte d'Ivoire.

N'da KC • Dibi-Kangah P • Koli BZ

Laboratoire d'études et de recherches sur les Milieux Naturels Anthropisés Tropicaux (LAMINAT), Institut de Géographie Tropicale (IGT), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Noho YAW (✉)

Laboratoire d'études et de recherches sur les Milieux Naturels Anthropisés Tropicaux (LAMINAT), Institut de Géographie Tropicale (IGT), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
nohoyaliabelwilfried@gmail.com

Introduction

L'une des manifestations du changement climatique est la variation spatiale et temporelle de la pluviométrie (Dibi Kangah, 2010 ; Ba *et al.*, 2018). Cette variabilité, d'origine naturelle et/ou anthropique, exerce des impacts différentiels sur l'environnement et sur l'écologie des milieux (Djoufack, 2011). La tendance climatique d'une région donnée peut être connue à travers les séries de hauteurs de pluies annuelles, suffisamment longues (Sambou *et al.*, 2006). L'influence de variabilité hydroclimatique sur la flore en Afrique occidentale est une thématique de développement durable. Elle est importante dans la gestion des ressources en eau, dans le suivi des activités agricoles et dans la sauvegarde de la biodiversité. Les pays en développement et plus particulièrement ceux de l'Afrique subsaharienne rencontrent des difficultés d'adaptation et de résilience en partie à cause du manque de données climatiques ou de leur actualisation. Cette situation cause un handicap à l'élaboration des projets de gestion durable de la végétation et des aires protégées.

Les conditions atmosphériques des régions intertropicales sont particulièrement instables (Brou, 2005). Les dérèglements hydroclimatiques bouleversent la phénologie des plantes. En Côte d'Ivoire, la répartition des types de végétation est fortement tributaire de la pluviométrie. Les

travaux antérieurs (Noufé 2011 ; Diomandé, 2013 ; N'da *et al.*, 2016) ont privilégié l'évolution de la pluviométrie et ses répercussions sur l'activité agricole. Ils ne prennent pas en compte les nécessités pluviométriques de la végétation en général.

La présente étude analyse l'évolution de la pluviométrie et prend en compte les besoins pluviométriques de plusieurs espèces végétales. Cela, afin de mettre en exergue l'impact de la variation pluviométrique sur la flore et la végétation. Le choix du bassin versant du N'Zi, se justifie par sa biodiversité. En effet, il regroupe des biomes forestiers et savanicoles (Brou *et al.*, 2000). De nombreuses forêts classées se retrouvent dans cette partie du pays. C'est une région majoritairement savanicole qui fut une forte zone de production de café et de cacao (Noho *et al.*, 2018). Elle regroupe trois aires climatiques sur les quatre que compte la Côte d'Ivoire (Goula *et al.*, 2006 ; Kouassi, 2007 ; N'Da, 2016). À l'aide de la cartographie et de l'indice standardisé de précipitation, l'évolution de la pluviométrie est évaluée de 1950 à 2015. Ensuite, la disponibilité pluviométrique est comparée aux besoins des espèces végétales du bassin versant. Cette démarche vise à identifier les tendances pluviométriques. Elle permet ensuite d'évaluer la vulnérabilité pluviométrique de la flore et de la végétation dans l'hydrosystème N'Zi.

Matériel et Méthodes

Description de la zone d'étude

Le bassin versant du N'Zi est situé au Centre-Est de la Côte d'Ivoire entre les longitudes : 3°49 et 5°22 Ouest et les latitudes 6° et 9°26 Nord. Il a une superficie de 35 500 km² (Kouassi, 2007). Sa population est estimée à environ 3 030 381 habitants (Institut National de la Statistique, 2014). Le N'Zi est le premier affluent de la rive gauche du fleuve Bandama. Il mesure 725 km de long et prend sa source à une altitude de 400 m à Ferkessédougou (Noho *et al.*, 2018). Il conflue avec le Bandama à Tiassalé. Il coule globalement dans une direction Nord-Sud. Du fait de sa configuration géographique allongée,

son bassin versant est couvert par trois types de climats. Il bénéficie du régime pluviométrique tropical de transition dans sa partie Nord, du régime tropical humide dans sa partie Centre et du régime subéquatorial au Sud. Il est également partagé par trois secteurs biogéographiques : les secteurs sub-soudanais, préforestier et mésophile (Figure 1). Sa végétation est composée de savanes et de forêts. La végétation savanicole comprend la savane arbustive, arborée, boisée et la forêt claire (Figures 2, 3 et 4). Les formations forestières sont constituées de forêt dense sèche, mésophile, ombrophile et galerie (Figures 5, 6 et 7).

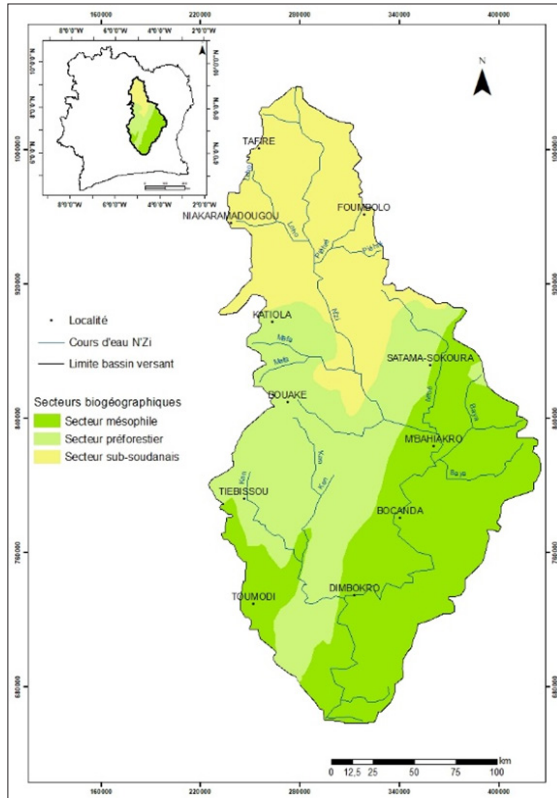


Figure 1 : Bassin versant du N’Zi (Centre-Est de la Côte d’Ivoire)



Figure 2 : Savane arborée à *Parkia biglobosa* à Souleymanekaha (Bonierédougou) (Noho, 2016).



Figure 3 : Savane arborée à *Borassus aethiopum* à Dimbokro (Noho, 2016).



Figure 4 : Forêt claire à Fronan (Katiola) (Noho, 2016).



Figure 5 : Forêt dense sèche à Katiola (Noho, 2016).



Figure 6 : Galerie forestière à Dimbokro (Noho, 2016).



Figure 7 : Forêt mésophile à Dimbokro (Noho, 2016).

Données de l'étude

Les variables utilisées servent à l'évaluation de l'évolution quantitative de la pluviométrie de 1950 à 2015. Il s'agit des quantités de pluies mensuelles des stations de Tiassalé, Dimbokro, Bouaké, Dabakala, Tafiré, Niakaramandougou, Katiola, Yamoussoukro, Bocanda, Bongouanou, Céchi, N'Douci, M'Bahiakro et Ouéllé. L'ensemble de ces données provient de la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM) de la Côte d'Ivoire et de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). En effet, les données météorologiques de la SODEXAM ne couvrent pas entièrement la période 1950-2015. Elles sont disponibles de façon continue sur la période 1950-2000. En Côte d'Ivoire, la crise politico-militaire de 2002 a perturbé la mesure des données dans la quasi-totalité des stations météorologiques du

bassin versant du N'Zi. C'est une réalité qui s'étend à tout le pays. Certaines stations météorologiques du Nord ont été endommagées durant cette crise. Pour combler ce manque de données de la décennie 2000, N'Da (2016) a recueilli pour ses travaux celles de réanalyses, archivées et distribuées au pas de temps journalier par la NASA. Ses travaux (N'Da, 2016 ; N'Da *et al.*, 2016) montrent une corrélation élevée ($r = 0,987$) entre les données mensuelles de pluie mesurées par la SODEXAM et celles estimées par la Global Précipitation Climatology Project (GPCP) de la NASA. Il rassure ainsi de la bonne qualité des cumuls pluviométriques mensuels de la GPCP. Au niveau de la végétation, des échantillons d'observation de terrain ont été photographiés. Des échantillons de plantes présentes sur le site d'étude ont été prélevés.

Cartographie de l'évolution pluviométrique

Les cartes de l'évolution des moyennes pluviométriques annuelles quinquennales ont été réalisées pour étudier l'évolution des quantités de pluie dans l'espace et dans le temps. Elles permettent de détecter des périodes moins humides ou très humides qui agiraient sur l'évolution de la végétation. La période de cinq ans a été choisie pour plus de précision et pour éviter les biais que pourraient cacher les décades. Le module *interpolation* du logiciel *ArcGis 10.2.1* a utilisé les valeurs des 14 stations d'étude pour créer des isohyètes. Les isohyètes couvrent tout le bassin versant et évoluent de 1950 à 2015.

Analyse de l'indice standardisé de précipitation

L'étude des propriétés statistiques des séries de cumuls annuels de hauteurs de pluies à partir d'indices a connu un essor (Noufé, 2011 ; Coulibaly *et al.*, 2019). Dans cet article, le calcul de l'indice standardisé de précipitation (ISP) a permis la mise en évidence des périodes déficitaires qui pourraient perturber l'évolution de la végétation. La formule est la suivante :

$$ISP = \frac{P_i - P_{moy}}{\sigma}$$

Où P_i = Pluie de l'année i ; P_{moy} = pluie moyenne de la série ; σ = écart-type de la série.

Une meilleure observation des fluctuations interannuelles s'obtient en éliminant les variations saisonnières au moyen du filtre non récursif passe-bas de Hanning d'ordre 2 (moyennes mobiles pondérées centrées réduites) recommandé par Tyson *et al.* (1975). Avec le filtre, les cumuls annuels de la série filtrée de taille n sont calculés ainsi :

$$P'(t) = 0,06P(t - 2) + 0,25P(t - 1) + 0,38P(t) + 0,25P(t + 1) + 0,06P(t + 2)$$

Où, $P'(t)$ est le cumul de pluie annuelle et t représente l'année courante. Les premiers et derniers termes de la série sont calculés au moyen des équations suivantes :

$$P(1) = 0,54P(1) + 0,46P(2)$$

$$P(2) = 0,25P(1) + 0,50P(2) + 0,25P(3)$$

$$P(n - 1) = 0,25P(n - 2) + 0,50P(n - 1) + 0,25P(n)$$

$$P(n) = 0,54P(n) + 0,46P(n - 1)$$

Les chiffres obtenus représentent les coefficients de lissage affectés aux données de pluies. L'indice standardisé des précipitations est un indice à la fois puissant, souple d'utilisation et simple à calculer. Les données sur les précipitations constituent en fait le seul paramètre requis. En outre, l'indice se révèle tout aussi efficace pour analyser les cycles humides que les cycles secs. L'analyse de l'indice standardisé de précipitation s'est basée sur la classification de

l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM, 2012) consignée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Valeurs de l'indice standardisé de précipitation

2,0 et plus	Extrêmement humide
de 1,5 à 1,99	Très humide
de 1,0 à 1,49	Modérément humide
de -0,99 à 0,99	Proche de la normale
de -1,0 à -1,49	Modérément sec
de -1,5 à -1,99	Très sec

Source : Organisation météorologique mondiale (2012).

Identification de la végétation

La végétation a été discriminée sur la base des types d'arbres, arbustes et herbacées. Leurs densités ont été également prises en compte. Les essences floristiques identifiées ont été nommées sur la base de la classification phylogénétique de l'Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016).

Résultats

Évolution de la pluviométrie moyenne annuelle

L'étude de l'évolution de la pluviométrie de l'hydrosystème N'Zi par cinq ans est basée sur des cartes d'isohyètes. La pluviométrie annuelle varie au cours de la période 1950-2015. Les hauteurs de pluies minimales annuelles se situent entre 700 et 900 mm. Les valeurs pluviométriques maximales, quant à elles, dépassent 1700 mm. Il se dégage une baisse importante et progressive de la pluviométrie d'une période de cinq ans à une autre.

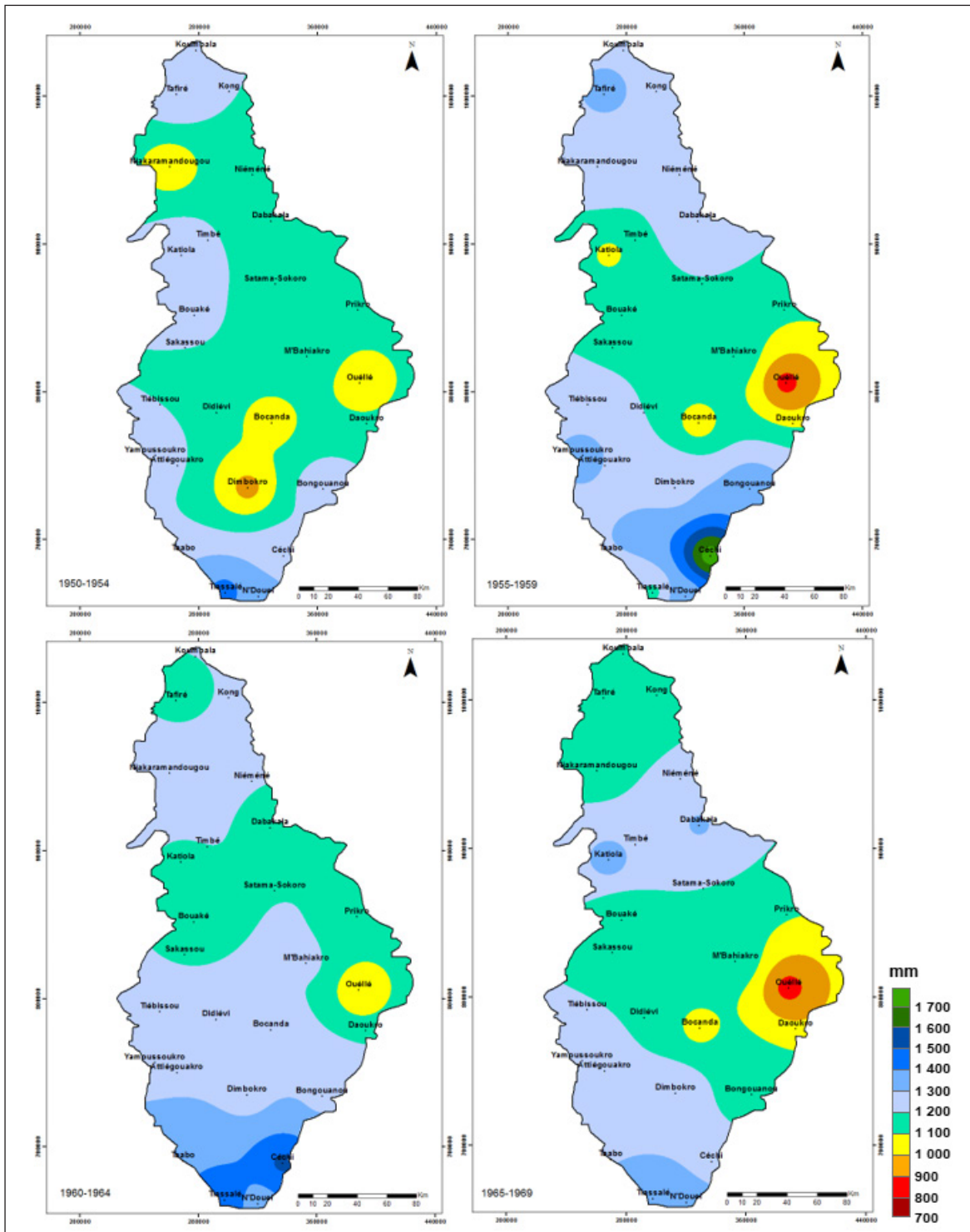
La période 1950-1954 enregistre des isohyètes allant de 900 à 1400 mm. Sur cette période l'isohyète 900 mm couvre uniquement le département de Dimbokro. L'isohyète 1000 mm couvre des aires autour de Dimbokro, Ouéllé et Niakaramandougou. L'isohyète 1100 mm couvre la plus grande superficie du bassin versant. Quant à celle de 1200 mm, elle est enregistrée dans les extrémités Nord, Nord-Est, Sud-Ouest. Elle couvre aussi un croissant comprenant les localités de Taabo, Céchi et Bongouanou. Dans l'extrême Sud, les moyennes de 1300 et 1400 mm couvrent de petites superficies (Figure 8).

Sur la période 1955-1959, la moyenne minimale pluviométrique est de 800 mm et couvre Ouéllé. La moyenne pluviométrique maximale est de

1700 mm. La période 1960-1964 est marquée par la disparition des isohyètes 1600 et 1700 mm. L'isohyète 1200 mm couvre plus d'aires dans l'hydrosystème N'Zi sur ces cinq ans.

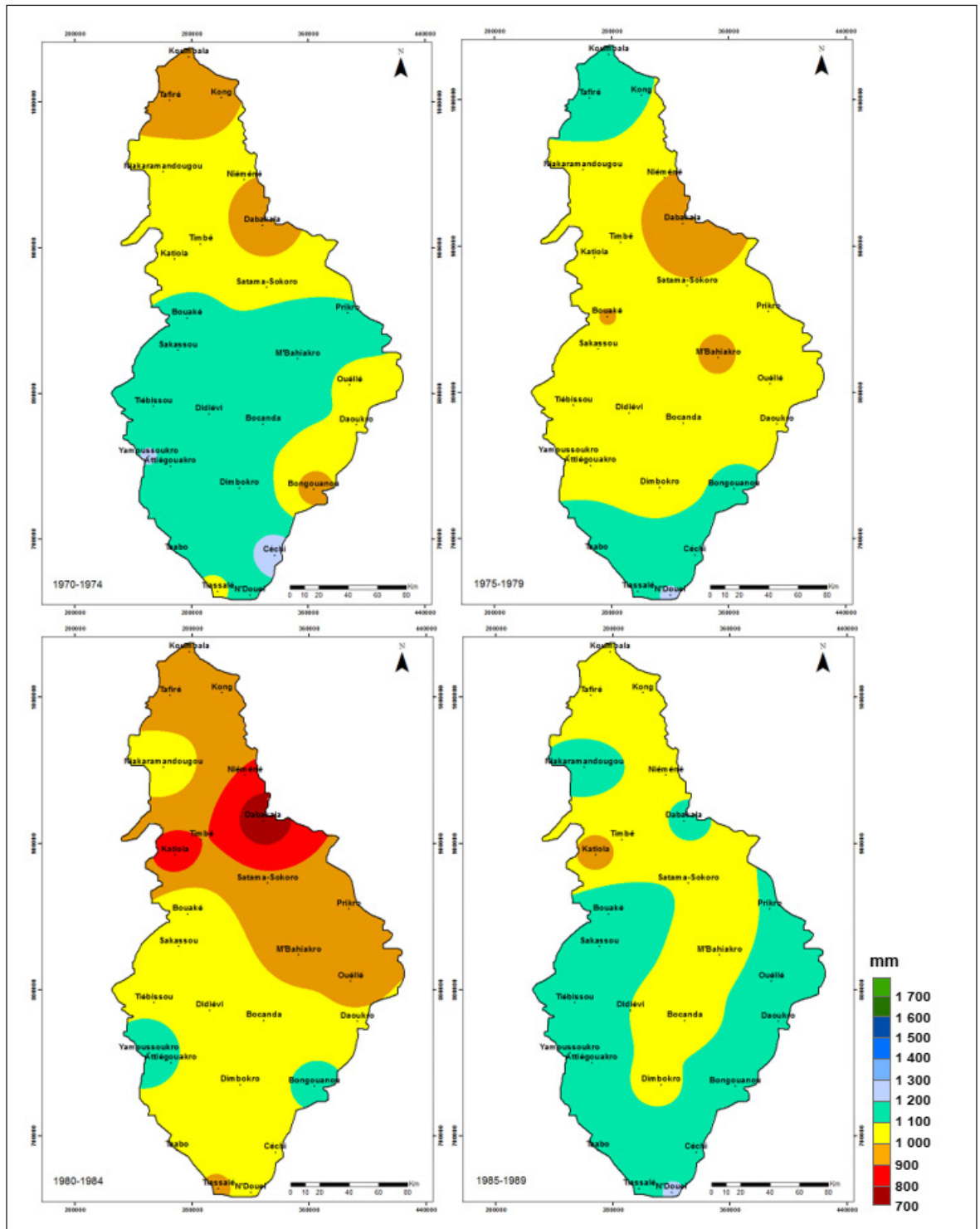
La période 1965-1969 enregistre une baisse de la pluviométrie moyenne. Les isohyètes 800 et 900 mm apparaissent uniquement au niveau d'Ouéllé et sa périphérie. La moyenne pluviométrique maximale annuelle n'est que de 1300 mm. Ce maximum est enregistré sur de très petites étendues à Katiola, Dabakala et dans l'extrême Sud. Contrairement à la décennie 1950-1959, la décennie 1960-1969 a une évolution régressive des quantités annuelles de pluies. Sur la période 1950-1969, les isohyètes allant de 1000 à 1300 mm sont toujours présentes et couvrent plus d'aires dans l'hydrosystème N'Zi. La pluviométrie sur ces vingt années diminue dans l'ensemble. Mais, elle reste plus élevée que celle des deux décennies suivantes.

En effet, la période 1970-1989 est moins pluvieuse que la période 1950-1969. Sur cette période, la moyenne pluviométrique élevée et dominante est 1100 mm. De 1970 à 1974, l'isohyète 1100 mm couvre le Centre et le Sud du bassin versant. Les cinq années suivantes (de 1975 à 1979), l'isohyète 1000 mm gagne plus d'espace.



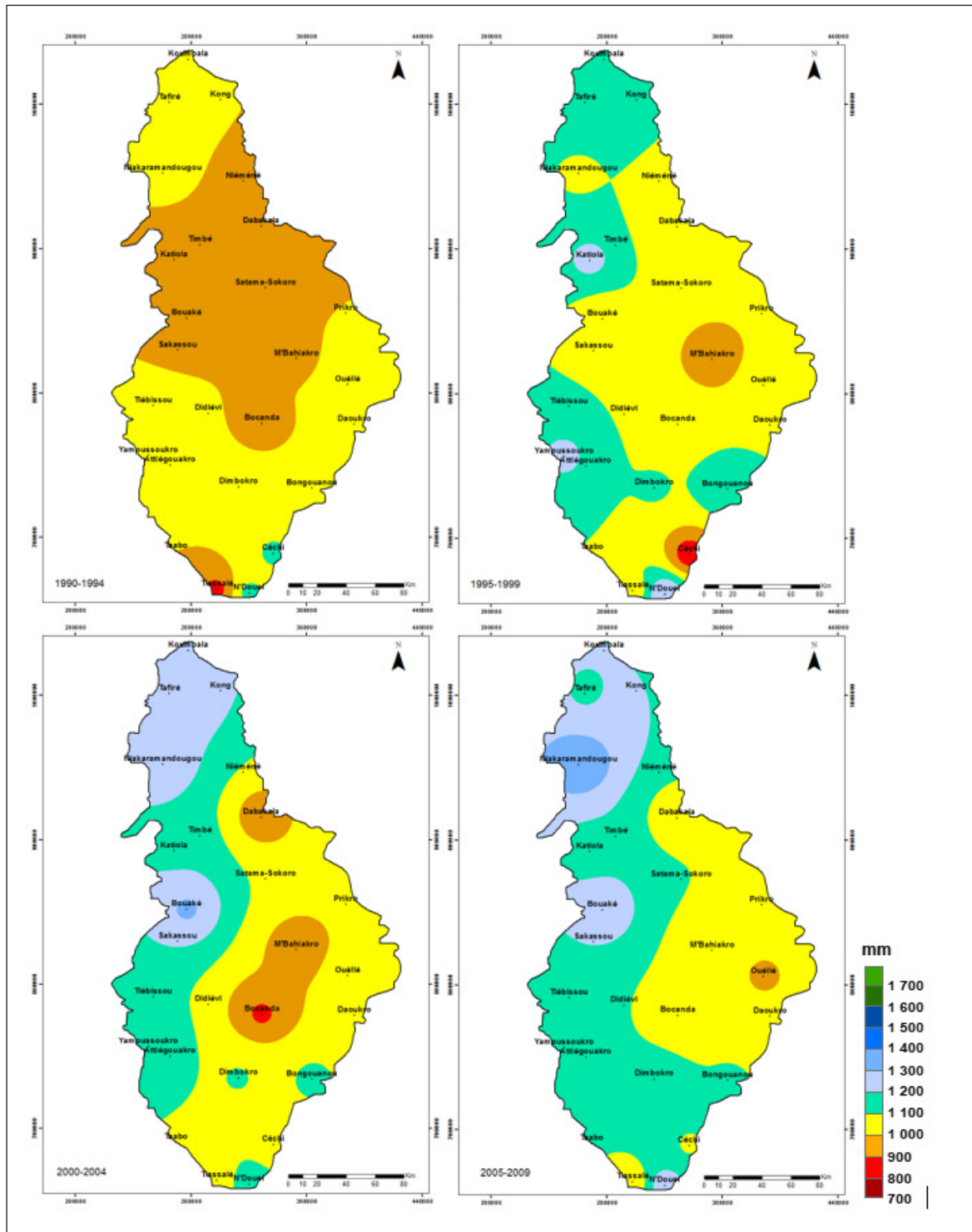
Source des données : SODEXAM (2016), NASA (2017).

Figure 8 : Hauteurs pluviométriques moyennes annuelles par cinq ans du bassin versant du N'Zi (1950-1969)



Source des données : SODEXAM (2016), NASA (2017).

Figure 9 : Hauteurs pluviométriques moyennes annuelles par cinq ans du bassin versant du N'Zi (1970-1989)



Source des données : SODEXAM (2016), NASA (2017).

Figure 10 : Hauteurs pluviométriques moyennes annuelles par cinq ans du bassin versant du N'Zi (1990-2009)

L'isohyète 1100 mm ne se localise que dans l'extrémité du crénon et du potamon. N'Douci est la seule localité qui a une moyenne pluviométrique annuelle de 1200 mm. La décennie 1970-1979 est caractérisée par la diminution des quantités de pluie. La tendance régressive des quantités de pluies s'accroît sur la période 1980-1984. Ces cinq années sont caractérisées par l'apparition des isohyètes 700 mm et 800 mm (Figure 9).

Dabakala et ses environs passent d'une pluviométrie moyenne annuelle de 900 à 700 mm sur la période 1970-1979. Cette moyenne pluviométrique est la plus faible de la période 1950-2015. Autour d'elle, les espaces reçoivent 800 mm de pluie par an. La période 1980-1984 est la moins humide de toutes les périodes étudiées.

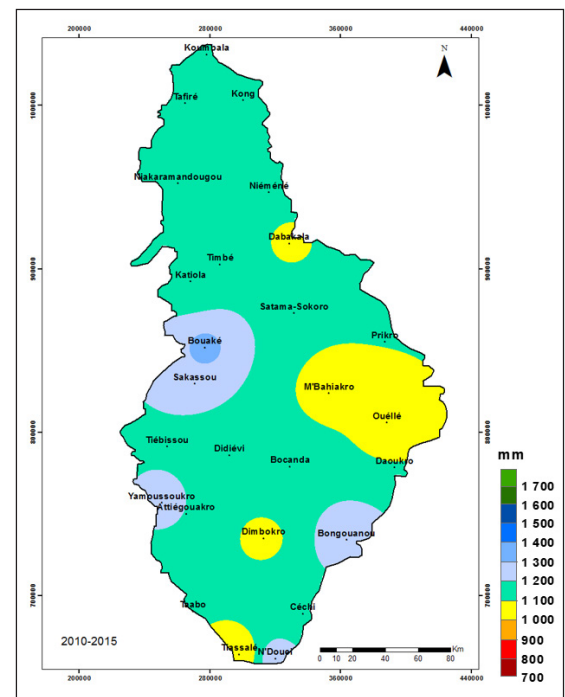
À contrario, la période 1985-1989 voit un élargissement de l'isohyète 1100 mm. Elle part de Bouaké à Prikré en passant par Tiassalé. Elle couvre aussi les secteurs de Niakaramandougou et Dabakala. Tandis que N'Douci enregistre des quantités moyennes de pluie de 1200 mm. La période 1985-1989 est plus humide que la période 1980-1984.

Par ailleurs, les 26 années suivantes (1990-2015) sont marquées par l'apparition de l'isohyète 1300 mm. Les isohyètes 1100 et 1200 mm ont des aires de couverture qui s'agrandissent. Mais, la période 1990-1994 enregistre une grande extension des valeurs de 900 et 1000 mm de pluie. L'isohyète 800 mm apparaît à Tiassalé. La période 1990-1994 est la moins humide de la série 1990-2015. De 1995 à 1999, l'hydrosystème N'Zi est partagé en général entre 1000 et 1100 mm de pluie par année. La décennie 2000-2009 enregistre des aires couvertes par l'isohyète 1300 mm. Sur la période 2000-2004, elle est localisée à Bouaké. Mais, à Bocanda la pluviométrie est de 800 mm (Figure 10).

Sur la période 2005-2009, l'isohyète 1100 mm couvre une plus grande superficie partant du Nord au Sud du bassin versant. Elle arrose les localités de Niéméné à Katiola et de Satama-Sokoro à Taabo. À Niakaramandougou, la moyenne pluviométrique est de 1300 mm. La période 2005-2009 est plus humide que celle de 2000-2004.

De 2010 à 2015, l'isohyète 1100 mm couvre également la majorité du bassin versant du N'Zi. Les moyennes pluviométriques de 1000 mm sont isolées à Tiassalé, Dimbokro, Ouéllé Koumanou, M'Bahiakro et Dabakala. À Bouaké uniquement la pluviométrie est de 1300 mm par an. La période 2010-2015 est plus humide que celles de 2000-2004 et 2005-2009. Elle montre une légère augmentation des moyennes pluviométriques annuelles dans le bassin versant du N'Zi (Figure 11).

L'évolution spatio-temporelle des moyennes pluviométriques quinquennales décline trois phases de 1950 à 2015. Il y a d'abord une période très humide qui part de 1950 à 1969. Cette période est dominée par les isohyètes 1100, 1200 et 1300 mm. Ensuite apparaît une période moins humide qui part de 1970 à 1999. Cette période est dominée par des moyennes pluviométriques de 900 à 1000 mm par an. Enfin, la période 2000-2015 est caractérisée par la reprise des pluies. Mais cette reprise est faible et l'isohyète dominante est 1100 mm.



Source des données : SODEXAM (2016), NASA (2017).

Figure 11 : Hauteurs pluviométriques moyennes annuelles par six ans du bassin versant du N'Zi (2010-2015)

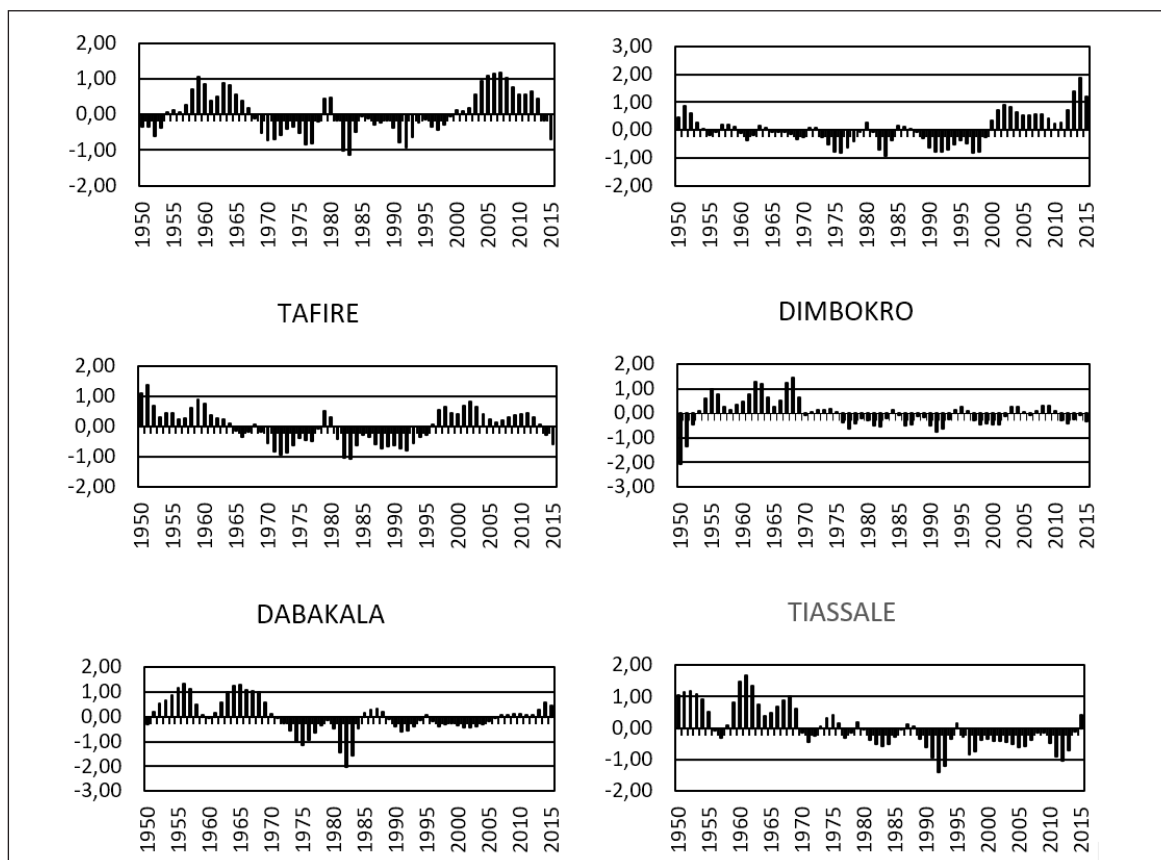
Évolution de l'indice standardisé de précipitation

La variation de l'indice standardisé de précipitation est utilisée pour estimer les fluctuations relatives de la pluviométrie, pour vérifier l'uniformité et la régularité de celle-ci dans le temps. Dans l'ensemble, les pluies annuelles sont caractérisées par l'alternance entre des périodes humides et déficitaires sur l'intervalle 1950-2015. La progression des indices montre de façon générale un déficit d'eau précipitée de 1970 à 1998 et un excédant dans la décennie 2000. Des singularités existent pour chaque station du bassin versant du N'Zi. Avant 1970, très peu de séquences sèches étaient observées dans les stations étudiées. Au niveau de Niakaramandougou, dans le crénon, leur évolution présente une alternance de périodes déficitaires et excédentaires. De 1950 à 1953, les valeurs de l'indice décrivent une période normale déficitaire. Il varie de $-0,35$ à $-0,60$ sur

cette période. De 1954 à 1967 s'installe une période modérément humide avec des indices atteignant 1,05 en 1959. De 2000 à 2015, la pluviométrie est excédentaire, les indices sont parfois supérieurs à 1 (2005 à 2007). Les périodes déficitaires mises en relief par l'évolution de l'indice standardisé de précipitation au niveau de Niakaramandougou sont des périodes proches de la normale ou modérément sèches (Figure 12).

À Tafiré, la période déficitaire est pratiquement la même que celle de Niakaramandougou. C'est une période modérément sèche qui part de 1965 à 1995. De 1950 à 1964, l'indice de précipitation standardisé met en exergue une période modérément humide. Il augmente jusqu'à 1,40 en 1951. Après l'année 1995, la pluviométrie est aussi excédentaire. C'est une période proche de la normale qui couvre les années 1996 à 2015. Les valeurs de l'indice proches de la normale traduisent une faible reprise des pluies excédentaires à Tafiré. Au niveau de Dabakala, il y a une grande variabilité interannuelle de l'indice. De 1950 à 1970, les valeurs de l'indice révèlent une période humide. Cette période est modérément humide avec des indices de $-0,29$ à $1,35$. De 1971 à 1984, les indices standardisés des précipitations atteignent $-1,55$ et $-2,02$. De 1985 à 2015, les valeurs de l'indice

décrivent une période normale. Elles partent de $-0,59$ à $0,56$. Ce retour à une pluviométrie normale traduit un équilibre entre les années à pluviométrie excédentaire et déficitaire. Contrairement aux stations du crénon, à Bouaké, dans le rithron, les indices décrivent deux périodes. Les deux tendances sont une période normale et une période humide. De 1950 à 1999, la pluviométrie est majoritairement déficitaire, mais moins prononcée (proche de la normale). Les indices fluctuent entre $-0,91$ et $0,86$. À partir de 2000, l'évolution des indices standardisés des précipitations décrit une période modérément humide, avec des indices allant de $0,23$ à $1,87$. La série étudiée se termine par une période humide comme dans les stations de Tafiré et Niakaramandougou. Cette période humide prédit un excédent annuel pluviométrique pour certaines années après 2015. Un tel excédent pluviométrique couvrant une longue période favorise la croissance de la végétation et l'augmentation des débits d'écoulement du cours d'eau N'Zi. À Dimbokro, dans le centre du potamon, la seule période sèche se situe entre 1950 et 1952. L'analyse montre que la partie supérieure du potamon est marquée par une succession de périodes modérément sèches et humides.



Source des données : SODEXAM (2016), NASA (2017).

Figure 12 : Évolution interannuelle de l'indice standardisé de pluie dans le bassin versant du N'Zi

À l'estuaire du bassin versant du N'Zi (station de Tiassalé), les valeurs de l'indice standardisé de précipitation décrivent trois périodes. Une période modérément humide s'étale de 1950 à 1969, avec des indices fluctuant entre 0,38 et 1,69. À la suite de ces 20 années à pluviométrie excédentaire s'installe une période à pluviométrie normale. En effet, de 1970 à 1988, l'indice évolue entre - 0,58 et 0,43. Après 1988, la pluviométrie est déficitaire.

L'analyse de l'évolution de l'indice standardisé de précipitation révèle une alternance de périodes sèches, humides et normales. Les périodes sèches sont modérées et sont parfois émaillées d'années humides. Les années 2000 des séries pluviométriques étudiées présentent des périodes humides ou normales dans toutes les stations, excepté celle de Tiassalé. L'absence de période très sèche et extrêmement sèche exclue le facteur hydroclimatique des causes du recul de la végétation dans le bassin versant du N'Zi.

Nécessité pluviométrique des végétaux

La pluviométrie moyenne annuelle du bassin versant du N'Zi varie de 1000 mm à 1160 mm (1950-2015). L'écosystème de ce bassin versant est très riche par sa biodiversité végétale. En effet, dans cet hydrosystème tropical humide, coexistent des espèces de différents biomes végétaux. Il s'agit des biomes de savane arbustive, de savane arborée, de forêt claire, de forêt dense sèche, de forêt galerie, de forêt dense semi-décidue et de forêt dense sempervirente. Chaque type de végétation nécessite une certaine quantité de pluies pour garder l'équilibre de son climax.

Les savanes arbustives nécessitent 800 à 1500 mm de pluie par an. Les savanes arborées, boisées et les forêts claires s'épanouissent dans un environnement qui requiert 1000 à 1500 mm de pluies par an. Les pluviométries moyennes des différentes stations qui correspondent aux secteurs de développement des végétations sont comprises dans ces intervalles. La pluviométrie de l'hydrosystème N'Zi permet donc le développement de la végétation savanicole. Les biomes forestiers quant à eux nécessitent une pluviométrie allant de 1000 à 2000 mm par an. Les forêts denses sèches se développent dans des secteurs à pluviométrie de 1042,2 mm (Dabakala) à 1158,4 mm (Niakaramandougou) (Tableau 2).

Ces quantités pluviométriques permettent l'épanouissement de la forêt dense sèche, car elle a besoin d'une quantité de pluie de 1000 à 1500 mm par an. Les forêts humides ne reçoivent pas la quantité suffisante de pluie dans leurs secteurs géographiques d'expansion. De Bouaké (1155,06 mm/an) à N'Douci (1219,5 mm/an), la pluviométrie moyenne de 1950 à 2015 est en deçà des quantités requises pour ces végétations. Mais, elles sont présentes et continuent de se développer dans ces localités. Les forêts mésophiles et ombrophiles s'adaptent ainsi à une pluviométrie moyenne comprise entre 1000 et 1500 mm/an. Les forêts mésophiles encore appelées caducifoliées ont des végétaux dont les feuilles jaunissent ou tombent pendant la période sèche. À la reprise des pluies, les feuilles apparaissent avec un bon état chlorophyllien. Ce métabolisme permet aux formations mésophiles de supporter les périodes sèches. Dans cette partie de la Côte d'Ivoire, les conditions pluviométriques favorisent d'emblée l'expansion des écosystèmes de savane et de forêt dense sèche. Les espèces végétales qui constituent ces divers ensembles écosystémiques ont des besoins pluviométriques différents.

Au niveau des herbacées, *Imperata cylindrica* peut se développer dans tous les départements du bassin versant du N'Zi. Les pluies moyennes annuelles des différentes stations pluviométriques dépassent le minimum requis pour leur évolution (500 mm/an). Au niveau des espèces ligneuses, seul *Milicia excelsa* (iroko) et *Triplochiton scleroxylon* (samba) ne perçoivent pas la quantité suffisante de pluie dans certains secteurs. En effet, les pluviométries annuelles des stations de Bocanda (1063,2 mm/an), M'Bahiakro (1059,9 mm/an) et Ouéllé (1025,1 mm/an) sont en dessous des quantités nécessaires pour l'épanouissement de ces arbres. Hormis, ces deux espèces, les plantes du bassin versant reçoivent les quantités de pluies nécessaires pour leur développement. *Blighia sapida* (ackée), *Vitellaria paradoxa* (karité), *Parkia biglobosa* (nééré), *Daniellia oliveri*, *Borassus aethiopum* (rônier), *Combretum micranthum* (kinkéliba), *Adansonia digitata* (baobab) et d'autres espèces reçoivent les quantités efficaces pour leur développement.

Milicia excelsa (iroko) et *Triplochiton scleroxylon* (samba) ne sont pas vulnérables dans le bassin versant du N'Zi. Elles reçoivent en moyenne 1050 mm/an dans les localités où la pluviométrie est inférieure à leur besoin (1100 mm/an). La pluviométrie moyenne est faible, mais, elle permet l'épanouissement de la majorité des espèces végétales du géosystème N'Zi.

Tableau 2 : Matrice de nécessité pluviométrique des végétations et des espèces végétales du bassin versant du N’Zi

	Entité végétale	Nécessité pluviométrique annuelle (mm)	SECTEURS CLIMATIQUES DU BASSIN VERSANT DU N’ZI												
			Climat tropical de transition				Climat tropical humide					Climat équatorial de transition			
			Tafiré (1139 mm/an)	Niakaramandougou (1158 mm/an)	Katiola (1118 mm/an)	Dabakala (1042 mm/an)	Bouaké (1155 mm/an)	Yamousoukro (1197 mm/an)	Bongouanou (1171 mm/an)	Bocanda (1063 mm/an)	M’Bahiakro (1060 mm/an)	Ouélé (1025 mm/an)	Dimbokro (1122 mm/an)	Céchi (1196 mm/an)	Tiassalé (1137 mm/an)
TYPES DE VÉGÉTATION	Savane arbustive	800 à 1500													
	Savane arborée et boisée	1000 à 1500													
	Forêt claire	1000 à 1500													
	Forêt dense sèche	1000 à 1500													
	Forêt mésophile	1500 à 2000 et plus													
QUELQUES ESPÈCES VÉGÉTALES	<i>Ceiba pentandra</i> (fromager)	750 à 3000													
	<i>Adansonia digitata</i> (baobab)	200 à 800													
	<i>Acacia sieberiana</i>	500 à 1800													
	<i>Annona senegalensis</i>	700 à 2500													
	<i>Borassus aethiopum</i> (rônier)	500 à 1800													
	<i>Combretum micranthum</i> (kinkéliba)	200 à 800													
	<i>Daniellia oliveri</i>	500 à 1800													
	<i>Parkia biglobosa</i> (néré)	400 à 700													
	<i>Vitellaria paradoxa</i> (karité)	600 à 1400													
	<i>Milicia excelsa</i> (iroko)	1100 à 1900													
	<i>Triplochiton scleroxylon</i> (samba)	1100 à 1800													
	<i>Blighia sapida</i> (akée)	700 à 1500													
	<i>Imperata cylindrica</i>	500 à 5000													

■ convenance de la pluviométrie ■ inconvenance de la pluviométrie ■ pas d’existence de l’entité végétale dans le secteur

Source des données : Peltre (1983) ; CIRAD (2001) ; Lisan (2017) ; PROTA (2017).

Discussion

Les travaux de Kouassi *et al.* (2012) montrent que les déficits pluviométriques ont entraîné, au cours de la période 1990-2000, une modification de la couverture végétale dans le bassin versant du N’Zi. Contrairement à ces résultats, les nôtres mettent en relief que les conditions pluviométriques ne sont pas le facteur de dégradation et de disparition de la végétation dans le bassin versant du N’Zi. Il n’y a pas de période extrêmement sèche dans la série étudiée (1950-2015) et la pluviométrie moyenne permet l’épanouissement de la majorité des espèces végétales. L’évolution spatio-temporelle de la pluviométrie quinquennale de 1950 à 2015 révèle trois périodes. Il y a la période très humide qui part de 1950 à 1969, la période moins humide de 1970 à 1999 et la période de la faible reprise des pluies de 2000 à 2015. Brou (2005) relève pratiquement les mêmes tendances à l’échelle de la Côte d’Ivoire. Il constate que les années 1968-1970, les années 1982-1983 et l’année 1993 sont des périodes sèches. La baisse des pluies dans le bassin versant du N’Zi et de la Côte d’Ivoire à partir de 1970 est constaté à une échelle plus haute. En effet, ces années de

sècheresse s’inscrivent dans le phénomène général de la sécheresse globale observée depuis 1970 en Afrique de l’Ouest (Kouassi, 2007 ; Ouédraogo, 2001 ; Gautier *et al.*, 1998).

Similairement aux travaux de Kouassi (2007), Kouassi *et al.* (2012) et N’Da (2016), l’évolution de l’indice standardisé de précipitation décrit une alternance de périodes sèches, humides et normales. La récurrence de périodes anormalement sèches, essentiellement au cœur de la saison des pluies amplifie la dégradation du couvert végétal (Djoufack, 2011). Ce qui n’est pas le cas dans l’hydrosystème N’Zi. Nos résultats montrent des périodes sèches modérées et parfois émaillées d’années humides. Les années 2000 présentent des périodes humides ou normales dans toutes les stations, excepté celle de Tiassalé. Dans cette localité, la présence du Bandama qui reçoit le N’Zi atténue les effets du déficit pluviométrique. La végétation présente est une forêt dense sempervirente. Les arbres ont très souvent des racines qui vont très en profondeur pour chercher la ressource. Une sécheresse modérée ne peut donc

pas dégrader cette forêt. N'Da (2016), dans son étude sur la variabilité hydroclimatique dans le bassin versant du Bandama trouve que le climat n'a pas changé. Ouédraogo (2001) constate que la pluviométrie moyenne annuelle est plus faible dans les aires de savanes humides et forêts claires que dans celles des forêts denses sempervirentes. En effet, les savanes guinéennes, bien qu'elles soient appelées savanes humides ne sont pas exigeantes en ressource hydrique. *Imperata cylindrica* est un herbacé répandu dans le bassin versant du N'Zi. Il

se développe préférentiellement sous des climats où la pluviométrie annuelle varie de 750 à 5000 mm (Bryson et Carter, 1993 ; Kouakou, 2017). *Vitellaria paradoxa* s'accommode d'une pluviométrie comprise entre 600 et 1400 mm (UNITERRA, 2010). Dans la totalité de l'hydrosystème N'Zi, les moyennes pluviométriques ne sont pas inférieures à 1000 mm. Les quantités de pluie enregistrées de 1950 à 2015 permettent le développement de sa végétation.

Conclusion

Les conditions hydroclimatiques ne sont pas un facteur de dégradation et de disparition de la végétation dans le bassin versant du N'Zi. Il n'existe pas de périodes très sèches ou extrêmement sèches dans la série étudiée. La moyenne pluviométrique interannuelle de 1950 à 2015 des stations étudiées est en général de 1100 mm. L'évolution spatio-temporelle de la pluviométrie par cinq ans de 1950 à 2015 révèle trois périodes. Il y a la période très humide (1950 à 1969), celle moins humide (1970 à 1999) et celle de faible reprise des pluies (2000 à 2015).

L'évolution de l'indice standardisé des précipitations décrit une alternance de périodes sèches, humides et normales. Les périodes sèches sont modérées et émaillées d'années humides. Les années 2000 présentent des périodes humides

ou normales dans toutes les stations excepté celle de Tiassalé. Certes, *Milicia excelsa* (iroko) et *Triplochiton scleroxylon* (samba) reçoivent moins de quantité de pluies dans certaines localités du bassin versant, mais, la pluviométrie moyenne permet l'épanouissement d'un grand nombre d'espèces végétales de ce géosystème. Si elle continue de baisser, l'équilibre écosystémique et la biodiversité de l'hydrosystème N'Zi seront mis en difficulté. La grande fluctuation de l'indice standardisé de précipitation contraindrait l'activité agricole. Mais, l'étude n'a pas évalué l'incidence de la variabilité pluviométrique sur l'agriculture. Elle n'a également pas traité des migrations floristiques, qui sont aussi des indicateurs de la variabilité pluviométrique ou du changement climatique.

Références bibliographiques

- Angiosperm Phylogeny Group.** 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181:1–20.
- Ba D, Ndiaye M, Faye C.** 2018. Variabilité pluviométrique et évolution de la sécheresse climatique dans la vallée du Fleuve Sénégal. *Revue Togolaise des Sciences*, 121 : 57-71.
- Brou Y.** 2005. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Thèse d'habilitation à diriger des recherches, Université des sciences et technologies de Lille, France, 332p.
- Brou YT, Servat E, Paturol J-E.** 2000. Evolution du couvert forestier ivoirien sur la période 1950-1990, en relation avec la variabilité du climat et les activités anthropiques. In : SERVANT MICHEL (ED.), SERVANT VILDARY Simone (Éd.). *Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*. Paris (FRA) ; Paris : IRD ; UNESCO, 57-62. *Dynamique à Long Terme des Ecosystèmes Forestiers Intertropicaux : Symposium International*, Paris (FRA), 1996/03/20-22.
- Coulibaly K, Dibi Kangah P, Koli B.** 2019. Variations interannuelles récentes des paramètres climatiques majeurs en Côte d'Ivoire depuis 1951. *Climat et Développement*, 26 : 5-16.
- Dibi Kangah PA.** 2010. Rainfall and Agriculture in Central West Africa since 1930: Impact on Socioeconomic Development, LAP-LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, 304 p.

- Diomandé M. 2013.** Impact du changement de pluviosité sur les systèmes de production agricoles en zone de contact forêt-savane de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 181p.
- Djoufack V. 2011.** Étude multi-échelle des précipitations et du couvert végétal au Cameroun : Analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 322p.
- CIRAD. 2001.** Les forêts tropicales dans la vie des hommes. Salon international de l'agriculture, février 2001 Paris, 15p.
- Gautier F, Lubes-Niel H, Sabatier R, Masson M, Paturel E, Servat E. 1998.** Variabilité du régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest non sahélienne entre 1950 et 1989. *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, 43(6) : 921-935.
- Goula B, Savane I, Konan B, Fadika V, Kouadio G. 2006.** Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'Zo et N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *VertigO*, 17 (1) : 1-12.
- Institut National de la Statistique. 2014.** Recensement général de la population et de l'habitat de Côte d'Ivoire. Rapport, 26p.
- Kouakou K. 2017.** Incidence des peuplements de *Imperata cylindrica* (L.) Beauv. (Poaceae) sur les caractères morphopédologiques des sols et le développement des cultures en Côte d'Ivoire : cas de deux zones agroécologiques, Abidjan (Sud) et Bouaké (Centre). Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 212p.
- Kouassi A. 2007.** Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'Zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 234p.
- Kouassi A, Kouamé K, Ahoussi K, Oularé S, Biemi J. 2012.** Impacts conjugués des changements climatiques et des pressions anthropiques sur les modifications de la couverture végétale dans le bassin versant du N'Zi-Bandama (Côte d'Ivoire). <http://www.revist.ci>, consultée le 25/08/2015.
- N'Da K. 2016.** Variabilité hydroclimatique et mutations agricoles dans un hydrosystème anthropisé : l'exemple du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 272p.
- N'Da K, Dibi K, Noufé D, Dje K, Koli B. 2016.** Changement climatique : quelques aspects de la variabilité climatique dans le bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. *RSS-PASRES, Revue des Sciences Sociales*, 10(4) : 84-103.
- Noho Y, N'Guessan K, Koli B. 2018.** Caractérisation de la végétation du bassin versant du N'Zi (Côte d'Ivoire). *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, (1) : 31-42.
- Noufe D. 2011.** Changements hydroclimatiques et transformations de l'agriculture : l'exemple des paysanneries de l'Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Paris 1, France, 375p.
- Lisan B. 2017.** Agroforesterie-Climat tropical sec. Document technique pour parcs agroforestiers en climat tropical sec, <http://www.doc-developpement-durable.org/file/paysagisme>, consultée le 15/05/2019, 149 p.
- Organisation Météorologique Mondiale (OMM). 2012.** Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé (M. Svoboda, M. Hayes et D. Wood) (OMM-N° 1090), Genève, 25 p.
- Ouedraogo M. 2001.** Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante : normes hydrologiques et modélisation régionale. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, France, 258p.
- Peltre P. 1983.** Le milieu physique tropical. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer [O.R.S.T.O.M.], Géographe, Paris, 13p.
- PROTA. 2017.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale. <https://uses.plantnet-project.org>, consultée le 19/05/2019.
- Sambou S, Nimy M. 2006.** Critique statistique des pluies annuelles dans le bassin amont du fleuve Sénégal. *Climate Variability and Change-Hydrological Impacts, IAHS press*, 319-324.
- UNITERRA. 2010.** Gestion des parcs à karités en Afrique de l'Ouest - L'exemple de la coopérative des productrices de karité de Siby au Mali. Rapport, 55p.

Évaluation de l'état de quelques aires protégées du département de Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire) : les fourmis comme indicateur biologique de la qualité du milieu

Assessment of protected areas state in the department of Korhogo (North Côte d'Ivoire): ants used as biological indicator

Koné M • Coulibaly D • Tuo Y • Kouakou LMM •
N'goan AE • Yéo K • Doannio MJC

Received: 13 July 2020 / Accepted: 30 November 2020 / Published online: 01 March 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé Les aires protégées dans le Nord de la Côte d'Ivoire constituent un véritable atout de conservation pour la biodiversité. Cependant, leur exploitation illégale entraîne leur dégradation progressive avec la disparition des communautés d'animaux et de plantes. Le manque de connaissances et d'informations biologiques nécessaires à la prise de décisions pose le problème de gestion durable de ces patrimoines. Cette étude se propose d'examiner l'influence des activités anthropiques sur la biodiversité de ces habitats en utilisant les fourmis comme indicateur biologique. Les techniques de Winklers et des pièges-fosses ont été utilisées pour la capture des fourmis dans quatre aires protégées du Département de Korhogo notamment, la Forêt du Mont Korhogo, le Jardin Botanique de l'Université Peleforo Gon Coulibaly (UPGC), la Station Kamonn Diabaté et l'Observatoire de Nambékaha. Au total, 115 espèces de fourmis réparties dans six sous-familles (Dorylinae, Dolichoderinae, Formicinae, Pseudomyrmicinae, Myrmicinae, Ponerinae) ont été identifiées. La sous-famille des Myrmicinae était la plus diversifiée. La plus grande richesse spécifique des fourmis a été enregistrée à la Station Kamonn Diabaté (78 espèces). La comparaison de la composition taxonomique en fourmis a montré une relative similarité entre la Station Kamonn Diabaté et la Forêt du Mont Korhogo (53% d'espèces en commun). La communauté de fourmis du Jardin Botanique de l'UPGC était différente de celle des autres habitats. Au niveau de l'abondance des fourmis, 2073 spécimens ont été capturés dans l'ensemble des aires protégées dont 623 par la technique des Winklers et 1450 à l'aide des pièges-fosses. La sous-famille des Myrmicinae (51,33 % des spécimens), était la plus abondante. Parmi les aires protégées, la Forêt du Mont Korhogo était la plus riche en terme de fourmis. Six guildes fonctionnelles ont été identifiées au cours de l'étude mais, seul le groupe des omnivores variait significativement en fonction des différentes aires protégées.

Mots clés : Biodiversité, Fourmis, Aires protégées, Guildes fonctionnelles, Korhogo, Côte d'Ivoire.

Abstract In the north of Côte d'Ivoire, protected areas are a real asset for biodiversity conservation. However, their illegal exploitation leads progressively to biodiversity degradation with animals and plants communities' disappearance. Knowledge and biological information gap, useful for decision-making, affect the sustainable management of these patrimonies. This study aims to investigate the influence of anthropogenic activities on these habitat's biodiversity using ants as biological indicator. Winkler technique and pit traps were used to catch ants in four protected areas of Korhogo Department (Forest of Korhogo Mount, Botanical Garden of Peleforo Gon Coulibaly University (UPGC), Kamonn Diabaté Station and Nambekaha Observatory). A total of 115 ant species belonging to six sub-families (Dorylinae, Dolichoderinae, Formicinae, Pseudomyrmicinae, Myrmicinae and Ponerinae) were identified. Myrmicinae subfamily was the most diverse. The highest specific richness of ants was recorded to Kamonn Diabaté Station (78 species). The analysis of ants' taxonomic composition revealed a relative similarity between Kamonn Diabaté Station and the Forest of Korhogo Mount (53% of species in common). The ant's community of the Botanical Garden was different from that of other habitats. For ants' abundance, 2073 specimens were caught in all protected areas including 623 by Winklers technique and 1450 using pit traps. The subfamily of Myrmicinae (51.33%) was the most abundant. Regarding the protected areas, the Forest of Korhogo Mount was the most abundant. Six functional guilds were identified during the study but only, omnivores group varied significantly depending on the different protected areas.

Key words : Biodiversity, Ants, Protected areas, Functional guilds, Korhogo, Côte d'Ivoire.

Coulibaly D • Tuo Y • N'goan AE •
Doannio MJC

Unité de Formation et de Recherche (UFR) des
Sciences Biologiques, Département de Biologie
Animale, Université Peleforo Gon Coulibaly de
Korhogo, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire.

Kouakou LMM • Yéo K

Université Nangui Abrogoua, Station d'Écologie de
Lamto, BP 28 N'Douci, Côte d'Ivoire.

Koné M (✉)

Unité de Formation et de Recherche (UFR) des
Sciences Biologiques, Département de Biologie
Animale, Université Peleforo Gon Coulibaly de
Korhogo, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire
kmouhamadou2@yahoo.fr;
kmouhamadou@upgc.edu.ci.

Introduction

En Côte d'Ivoire, le couvert forestier connaît une dégradation avancée avec pour conséquences, la perte de la biodiversité et des services écosystémiques fournis à l'Homme. Selon le Rapport UICN (2018), environ un million d'espèces animales et végétales seraient menacées. Les experts ont même considéré le rythme actuel de disparition des espèces comme étant 100 à 1000 fois supérieur au taux naturel d'extinction. Face à cette réalité qui mine notre planète, la protection de la biodiversité demeure une priorité. Ainsi, plusieurs milieux aquatiques ou terrestres au monde et particulièrement en Côte d'Ivoire, ont bénéficié d'un statut de protection. En Côte d'Ivoire, on dénombre ainsi, 234 forêts classées pour une superficie de 4 189 283 ha, 8 parcs nationaux et 6 réserves naturelles pour une superficie totale de 2 072 204 ha (CNDHCI, 2017). La Côte d'Ivoire est l'une des régions les plus diversifiées biologiquement au monde. Son système forestier abrite un grand nombre d'espèces animales et végétales endémiques. Pour preuve, les Parcs Nationaux de Taï (PNT) et de la Comoé (PNC) ont été classés à la fois, réserve de biosphère des Nations Unies et site du patrimoine mondial (Pandey, 2012). Aussi, les aires protégées fournissent d'énormes services écosystémiques tels que l'approvisionnement en plantes médicinales, en bois de chauffe, en nourriture, en abris et en variétés d'habitats pour la biodiversité animale. Quant aux fourmis, elles constituent un taxon cible dans les études relatives aux modifications des habitats

(Heterick et al., 2013 ; Koné et al., 2018). Plusieurs travaux ont montré que les fourmis sont de bons indicateurs biologiques (Yéo et al., 2011 ; Koné et al., 2014 ; Jamison et al., 2016). Leur sensibilité aux perturbations du milieu fait d'elles des insectes cibles parfaitement adaptés à l'évaluation de l'intégrité de la diversité biologique (Yéo et al., 2013 ; Bharti et al., 2016). Cependant, malgré leur importance, elles sont fortement menacées par l'exploitation abusive, frauduleuse et anarchique des essences de bois en voie de disparition, le braconnage, l'exploitation non durable des plantes médicinales, etc. Ainsi, le manque de connaissances et d'informations biologiques, nécessaires à la prise de décision, hypothèque la préservation efficace de ces patrimoines. Des études ont montré que la structure des communautés de fourmis (richesse, composition taxonomique et groupes fonctionnels) pouvait permettre de décrire l'état de santé ou la qualité des écosystèmes (Andersen, 1995 ; King, 1998). De ce fait, cette étude se propose d'acquérir des informations biologiques et écologiques sur les fourmis, afin de permettre un meilleur suivi écologique des aires protégées. De façon spécifique, il s'est agi (i) de déterminer la richesse et l'abondance des fourmis dans différents types d'aires protégées (ii) de comparer leur composition spécifique en fourmis et (iii) de déterminer les milieux les plus perturbés.

Matériel et Méthodes

Sites d'étude

L'étude s'est déroulée au Nord de la Côte d'Ivoire, dans le département de Korhogo, caractérisé par deux saisons. Une saison des pluies, de juin à septembre et une saison sèche qui s'étend d'octobre à mai. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 1200 mm et 1400 mm (Aïwa, 2015) et la température moyenne annuelle est de 25,8°C avec des oscillations de faibles amplitudes. Les données ont été collectées dans quatre aires protégées (la Forêt du Mont Korhogo, la Station Kamonn Diabaté, le Jardin Botanique de l'Université Peleforo Gon Coulibaly et l'Observatoire de Nambékaha) dont les caractéristiques sont décrites dans les lignes suivantes.

- Jardin botanique

Situé au sein de l'Université, le jardin couvre une superficie d'environ 19,74 ha. Aménagé depuis

2007, il présente une hétérogénéité de végétation constituée de savane arbustive et de forêt claire. On constate une présence de quelques bois morts. La litière, moyennement épaisse est composée majoritairement de feuilles mortes d'arbres. La forêt du jardin a une canopée peu dense et clairsemée. Il existe plusieurs espèces ligneuses dont les plus abondantes sont *Tectona grandis* (Lamiaceae), *Gmelina arborea* (Verbenaceae), *Parkia biglobosa* (Fabaceae-Mimosoideae) et *Vitellaria Paradoxa* (Sapotaceae).

Station Kamonn Diabaté

La station du CNRA de Lataha a été créée en mars 1988. Elle a été inaugurée pour la première fois en novembre 1991 et baptisée KAMONN DIABATÉ en hommage au Directeur Kamonn Diabaté (Yéo Comm. pers.). La station couvre une superficie d'environ 100 ha. La végétation est composée en majeure partie

d'espèces ligneuses comme, *Acacia auriculiformis* (Fabaceae), *Tectona grandis* (Lamiaceae), *Gmelina arborea* (Verbenaceae), *Vitellaria Paradoxa* (Sapotaceae), *Parkia biglobosa* (Fabaceae-Mimosoideae), *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae). Très peu d'activités anthropiques sont véritablement observées.

- Forêt " Mont Korhogo "

Elle est localisée à proximité de la ville de Korhogo. Cette forêt est classée par arrêté n°453 SE du 22 Janvier 1953 avec une superficie initiale de 1 409 ha. La Forêt du Mont Korhogo contient des essences exotiques telles que *Tectona grandis* (Lamiaceae), *Gmelina arborea* (Verbenaceae), *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae), *Eucalyptus* sp (Myrtaceae) et *Mimosa spegazzini* (Fabaceae/Mimosoideae). Le reste de sa végétation est dominé par la savane arborée ou arbustive composée de *Daniella oliveri* (Fabaceae-Caesalpinioideae), *Piliostigma* sp (Fabaceae-Caesalpinioideae), *Terminalia glaucescens* (Combretaceae), *Butyrospermum paradoxum* (Sapotaceae), *Parkia biglobosa* (Fabaceae-Mimosoideae), *Vitellaria paradoxa* (Sapotaceae). Vue sa situation géographique (à proximité de la ville de Korhogo), elle subit de forte pressions anthropiques. Malgré, les différentes formations de la structure de cette forêt, plusieurs endroits sont considérés comme des zones de décharge d'ordures ménagères. En outre, l'abattage des arbres, le braconnage, les feux de brousse non autorisés et incontrôlés y sont également pratiqués.

- Observatoire de recherche de Nambékaha

Il est situé à environ 40 km de Korhogo dans le village de Nambékaha et couvre une superficie d'environ 1500 ha. Il présente une hétérogénéité de végétation constituée de savane arbustive, savane arborée et des relictuelles de forêt claire.

Collecte des données

L'échantillonnage des fourmis s'est déroulé pendant cinq mois de janvier à mai 2019. Il a été fait à l'aide du protocole ALL (Ant Leaf Litter) ou protocole des fourmis de la litière (Agosti et Alonso, 2000). Ce protocole comprend deux techniques : la technique des sacs de Winkler et celle des « pitfall traps » appelés aussi pièges-fosses (Martin, 1983).

La technique des Winklers

Elle consiste à prélever 20 échantillons de litières dans des quadrats d'une surface de 1 m² distants de 10 mètres les uns des autres suivant un transect de 200 mètres de long. Pour chacun des quadrats, la litière collectée est tamisée sur place à l'aide d'un

tamis spécial de 1 cm de mailles. Cette opération sert à réduire la litière à sa partie la plus fine mais aussi d'y concentrer la faune. Au laboratoire, la litière fine est renversée dans des filets suspendus dans des mini extracteurs Winklers pendant 48 heures pour en extraire la faune qui migre vers le bas et qui tombe dans un réceptacle comprenant de l'alcool à 70°.

Technique de pitfall traps

Les pitfalls traps appelés aussi pièges-fosses sont des gobelets en plastique remplis au quart de leur volume avec un mélange d'éthanol et de glycérine. Ils sont enterrés dans le sol à un mètre des quadrats afin de capturer les fourmis fourrageuses. Les gobelets sont placés parallèlement au transect de Winkler et espacés de 10 m. Deux jours (48h) après la pose des pièges, les fourmis sont récoltées en faisant passer le contenu de chaque piège dans un tamis de petites mailles. Elles sont ensuite mises dans des piluliers contenant de l'alcool 70° avec des étiquettes portant la nature des résidus, le numéro du piège et le site d'échantillonnage. Pour chaque type d'aire protégée, trois transects de 200 m ont fait l'objet d'investigation, correspondant pour chacune à un total de 60 pièges-fosses et 60 Winklers.

Identification des fourmis

L'identification des fourmis a été faite sous une loupe binoculaire de marque Nikon SMZ645. La collection de référence conçue par le Professeur Yéo et les clés d'identification de Bolton et al. (1976), Bolton (1994), Bolton et Brown (2002), Seifert (2003), Wang (2003), Fernández (2004) et Bolton et Fisher (2011) ont permis d'identifier les fourmis jusqu'aux genres pour certaines et aux espèces pour la plupart.

Analyses des données

Le logiciel EstimateS version 7.5 (Colwell, 2004), a été utilisé pour estimer la richesse spécifique et comparer la composition spécifique en fourmis des aires protégées. La richesse spécifique estimée (Sest) et la richesse spécifique observée (Sobs), ont permis de calculer le taux de couverture de l'échantillonnage par la formule : $TC = (Sobs/Sest) \times 100$. L'analyse des données a été faite en utilisant la version 7.1 du logiciel STATISTICA version 7.1.

Après vérification de la normalité des variances, la variation de l'abondance et de la richesse spécifique des fourmis entre les différentes aires protégées a été testée en faisant une analyse de variance (ANOVA) suivi d'un test post hoc de Tukey au seuil de 5 %. Les indices de diversité de Shannon et l'Équitabilité ont été calculés pour comparer la diversité des aires protégées avec le logiciel PAST version 1.0.

Résultats

Efficacité de la méthode d'échantillonnage

Dans l'ensemble, 66,25 % de la myrmécofaune attendue (96,18 %) a été observée. L'efficacité moyenne d'échantillonnage toutes les méthodes confondues était de 71,02% (Tableau 1). Ce taux, supérieur à 50 %, indique une grande efficacité de la méthode d'échantillonnage utilisée.

Tableau 1 : Analyse du taux de couverture de l'échantillonnage

Aires protégées	N	Sobs	Sest	TC (%)
Jardin Botanique UPGC	60	50	64,75	77,22
Observatoire Nambékaha	60	75	87,93	85,29
Forêt Mont Korhogo	60	62	121,49	51,03
Station Kamonn Diabaté	60	78	110,58	70,54
Moyennes	60	66,25	96,18	71,02

N : Nombre d'échantillons ; Sobs : Richesse spécifique observée ; Sest : Richesse spécifique estimée ; TC : Taux de couverture.

Richesse spécifique des fourmis

Au total, 115 espèces de fourmis ont été identifiées (Tableau 2). Elles appartiennent à six sous-familles (Dorylinae, Dolichoderinae, Formicinae, Pseudomyrmicinae, Myrmicinae, Ponerinae)

et réparties en 35 genres. La sous-famille des Myrmicinae était la plus diversifiée dans chacune des aires protégées avec 42 ; 41 ; 30 et 23 espèces respectivement à la Station Kamonn Diabaté, l'Observatoire de Nambékaha, la Forêt du Mont Korhogo et le Jardin Botanique de l'Université. Elle était suivie respectivement des Formicinae, des Ponerinae, des Dolichoderinae et des Dorylinae (Tableau 3). Parmi les aires protégées, la Station Kamonn Diabaté (78 espèces) avait la plus grande richesse spécifique. Elle était suivie respectivement de l'Observatoire de Nambékaha (75 espèces), de la Forêt du Mont Korhogo (62 espèces) et du Jardin Botanique de l'Université (50 espèces) (Tableau 1).

La comparaison des richesses spécifiques moyennes révèle qu'il y a une différence significative entre les aires protégées ($F = 8,487$; $p = 0,0072$).

Le test de Tukey révèle que les richesses moyennes des forêts de Kamonn Diabaté (KD) et du Mont Korhogo (MK) sont statistiquement différents de celui du Jardin Botanique (JB) ($p = 0,009$ et $p = 0,013$ respectivement). Par contre aucune différence significative n'est observé entre les richesses moyennes de la forêt de l'observatoire de Nambékaha (ON) et celle du Jardin Botanique (JB) ($p = 0,169$ (Figure 1).

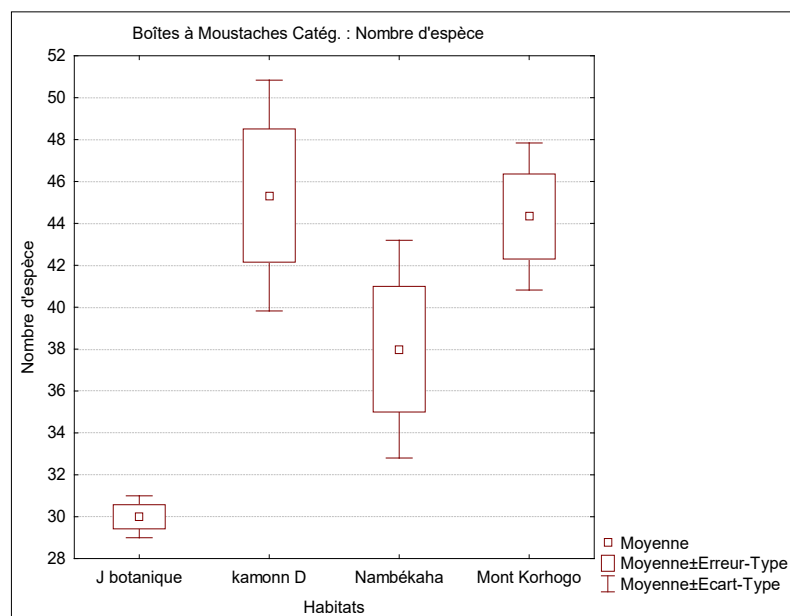


Figure 1 : Richesse moyenne des fourmis par type d'aire protégée

Les histogrammes d'un même habitat portant les mêmes lettres (a et b) ne diffèrent pas statistiquement pour $p = 0,05$ (Test Tukey).

Tableau 2 : Liste des fourmis récoltées dans les différentes aires protégées (les guildes fonctionnelles sont en lettres capitales)

	Habitats			
	Jardin Botanique (UPGC)	Observatoire de Nambékaha	Mont Korhogo	Station K. Diabaté
PRÉDATEURS SPÉCIALISTES				
<i>Euponera bruno</i> FOREL, 1913	0	1	0	0
<i>Hypoponera</i> sp.1	0	1	0	0
<i>Hypoponera</i> sp.2	0	0	0	1
<i>Leptogenys conradti</i> FOREL, 1913	0	0	0	1
<i>Strumugenis hensekta</i>	0	1	0	0
<i>Strumugenis</i> sp.1	0	10	1	1
<i>Strumugenis</i> sp.2	0	2	0	1
<i>Strumugenis</i> sp.3	0	0	0	1
<i>Tetraponera mocquersyi</i> ANDRE, 1890	1	0	0	0
<i>Mesoponera caffraria</i> SMITH, 1858	10	7	4	2
<i>Bothroponera soror</i> EMERY, 1899	4	0	19	9
<i>Brachyponera sennaarensis</i> MAYR, 1862	2	4	3	0
PRÉDATEURS GÉNÉRALISTES				
<i>Anochetus africanus</i> MAYR, 1865	0	0	0	1
<i>Anochetus katonae</i> FOREL, 1907	0	0	2	0
<i>Anochetus</i> sp.1	0	0	3	1
<i>Megaponera analis</i> LATREILLE, 1802	0	4	3	4
<i>Myrmicaria</i> sp	0	0	1	0
<i>Odontomachus troglodytes</i> SANTSCHE, 1914	4	0	1	3
<i>Paltothyreus tarsatus</i> FABRICIUS, 1798	3	6	19	13
OMNIVORES				
<i>Camponotus acvapimensis</i> MAYR, 1862	23	2	55	21
<i>Camponotus cinctellus</i>	24	5	34	28
<i>Camponotus compressiscapus</i> ANDRE, 1889	8	0	51	13
<i>Camponotus maculatus</i> FABRICIUS, 1782 (#)	31	20	51	42
<i>Camponotus flavomarginatus</i> MAYR, 1862 (Ghana)	0	0	0	1
<i>Camponotus orthodoxus</i> SANTSCHE, 1914	5	0	22	8
<i>Camponotus puberulus</i>	3	0	0	0
<i>Camponotus rufugenis</i>	0	6	11	0
<i>Camponotus schoutedeni</i>	0	3	8	2
<i>Camponotus sericeus</i> FABRICIUS, 1798	0	5	9	0
<i>Camponotus vividus</i> SMITH, 1858	1	0	0	0
<i>Camponotus</i> sp.1	8	1	28	5
<i>Camponotus</i> sp.2	0	0	1	11
<i>Camponotus</i> sp.3	2	0	1	0
<i>Camponotus</i> sp.4	0	0	1	0
<i>Cardiocondyla nefeika</i> BOLTON, 1982	0	2	0	0
<i>Cardiocondyla shuckardi</i> FOREL, 1891	0	2	1	0
<i>Carebara distincta</i> BOLTON & BELSHAW	0	3	0	0
<i>Carebara jeanneli</i>	0	0	0	1
<i>Carebara</i> sp.1	1	0	0	0
<i>Carebara</i> sp.2	0	0	0	1
<i>Carebara</i> sp.3	0	0	1	2
<i>Cataulacus traegaordhi</i> SANTSCHE, 1914	1	0	1	1
<i>Lepisiota canescens</i> EMERY, 1897	0	1	0	0
<i>Lepisiota capensis</i> MAYR, 1862	1	15	6	7
<i>Lepisiota</i> sp.1	2	1	4	2
<i>Lepisiota</i> sp.2	0	1	1	7
<i>Lepisiota</i> sp.3	3	10	5	6
<i>Lepisiota</i> sp.4	30	57	29	12
<i>Lepisiota</i> sp.5	1	11	4	2
<i>Monomorium afrum</i> ANDRE, 1884	0	0	14	0
<i>Monomorium bicolor</i> EMERY, 1877	5	21	54	20
<i>Monomorium cryptobium</i> SANTSCHE, 1921	5	0	0	0
<i>Monomorium</i> sp.1	4	5	0	1
<i>Monomorium</i> sp.2	1	2	0	0
<i>Monomorium</i> sp.3	1	21	1	39
<i>Monomorium</i> sp.4	0	4	0	2

<i>Monomorium</i> sp.5	0	1	1	0
<i>Monomorium</i> sp.6	0	0	1	0
<i>parapatrechina</i> sp.1	0	3	0	1
<i>Pheidole megacephala</i> FABRICIUS, 1793	37	37	31	30
<i>Pheidole</i> sp.1	1	6	17	5
<i>Pheidole</i> sp.2	5	6	20	22
<i>Pheidole</i> sp.3	0	1	0	0
<i>Pheidole</i> sp.4	16	22	26	5
<i>Pheidole</i> sp.6	7	2	8	21
<i>Pheidole</i> sp.8	4	9	4	47
<i>Pheidole</i> sp.12	0	6	2	9
<i>Pheidole</i> sp.13	0	0	2	1
<i>Plagiolepis alluaudi</i> EMERY, 1894 (segchelles)	1	7	0	1
<i>Plagiolepis</i> sp1	0	1	0	0
<i>Plagiolepis</i> sp2	0	3	0	1
<i>Plagiolepis</i> sp3	0	0	0	1
<i>Plagiolepis</i> sp4	0	1	0	1
<i>Polyrhachis viscosa</i> SMITH, 1858	0	0	1	0
<i>Tapinoma lugubre</i> SANTSCHE, 1917	10	12	14	13
<i>Tapinoma</i> sp.2	6	2	11	2
<i>Tapinoma</i> sp.3	0	2	0	0
<i>Technomyrmex</i> sp.1	5	2	0	2
<i>Technomyrmex</i> sp.2	0	0	0	4
<i>Tetramorium anxium</i> (SANTS, 1914) raised to species BOLTON, 1980	0	0	1	5
<i>Tetramorium caldarium</i> ROGER, 1857	0	0	0	13
<i>Tetramorium eminii</i> FOREL, 1894	1	1	2	3
<i>Tetramorium simillimum</i> SMITH, 1851	0	3	0	1
<i>Tetramorium purpurium</i>	0	0	0	1
<i>Tetramorium zambezi</i> SANTSCHE, 1939	0	8	0	5
<i>Tetramorium zapyrum</i> BOLTON, 1980	0	1	0	1
<i>Tetramorium</i> sp.1	0	5	3	1
<i>Tetramorium</i> sp.2	0	2	1	11
<i>Tetramorium</i> sp.3	0	5	0	3
<i>Tetramorium</i> sp.4	0	8	0	2
<i>Tetramorium</i> sp.5	0	0	1	3
<i>Tetramorium</i> sp.6	0	0	0	1
<i>Tetramorium</i> sp.7	0	0	0	2
<i>Tetramorium</i> sp.8	0	2	0	1
<i>Tetramorium</i> sp.11	0	0	1	0
<i>Tetramorium</i> sp.12	0	1	0	0
<i>Trichomyrmex abyssinicus</i>	0	1	0	0
<i>Trichomyrmex oscaris</i>	1	1	19	9
<i>Nylandaria umbella</i>	0	1	1	0
<i>Parachysina</i> sp.1	1	0	0	0
OPPORTUNISTES				
<i>Cardiocondyla emeryi</i> FOREL, 1881	2	13	0	9
<i>Monomorium pharaonis</i> LINNAEUS, 1758	2	6	1	6
<i>Paratrechina longicornis</i> LATREILLE, 1802	0	0	3	1
<i>Pheidole excellens</i> MAYR, 1862	12	46	0	1
<i>Tetramorium sericeiventre</i> EMERY, 1877	8	8	28	11
<i>Tetramorium setigerum</i>	0	11	0	0
NOMADES				
<i>Aenictus</i> sp.1	1	0	1	0
<i>Axinidris</i> sp.1	0	2	0	0
<i>Dorylus</i> sp.1	0	1	0	2
<i>Dorylus</i> sp.2	0	8	0	0
DOMINANTS ARBORICOLES				
<i>Crematogaster</i> sp.1	2	8	5	1
<i>Crematogaster</i> sp.2	1	8	3	5
<i>Crematogaster</i> sp.3	3	8	1	4
<i>Crematogaster</i> sp.4	1	2	2	0
<i>Oecophylla longinoda</i> (LATREILLE, 1802) var <i>claridens</i> SANTSCHE, 1928	2	19	0	18

Tableau 3 : Récapitulatif du nombre d'espèces de fourmis par habitat et par sous-famille

Richesse spécifique	JB	ON	FMK	SKD
Dorylinae	1	2	1	1
Dolichoderinae	4	5	2	4
Formicinae	16	21	21	22
Pseudomyrmicinae	1	0	0	0
Myrmicinae	23	41	30	42
Ponerinae	5	6	8	9
Total	50	75	62	78

JB : Jardin Botanique UPGC ; ON : Observatoire Nambékaha ; FMK : Forêt Mont Korhogo ; SKD : Station Kamonn Diabaté

Comparaison de la diversité biologique des fourmis

Sur les 115 espèces de fourmis identifiées au terme de notre étude, 95 espèces ont été capturées à l'aide de la technique des Winklers et 79 espèces par les pièges-fosses. Les valeurs de l'indice de Shannon étaient relativement plus grandes au niveau de la Station Kamonn Diabaté ($H' = 3,7$) et l'Observatoire de Nambékaha ($H' = 3,7$) par rapport à la Forêt du Mont Korhogo ($H' = 3,4$) et le Jardin Botanique de l'Université ($H' = 3,2$). Par ailleurs, les valeurs d'équitabilité étaient sensiblement les mêmes dans toutes les aires protégées avec une moyenne autour de 0,5 (Tableau 4).

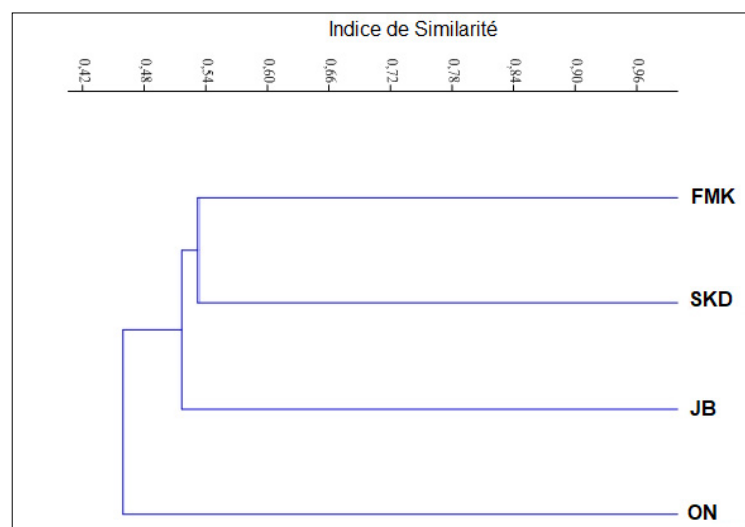
Tableau 4: Diversité biologique des fourmis selon le type d'aires protégées

Indices de diversité	JB	ON	FMK	SKD
Indice de Shannon (H')	3,2	3,7	3,4	3,7
Équitabilité (E)	0,53	0,55	0,48	0,51

JB : Jardin Botanique UPGC ; ON : Observatoire Nambékaha ; FMK : Forêt Mont Korhogo ; SKD : Station Kamonn Diabaté.

Comparaison de la composition spécifique en fourmis des différentes aires protégées

Une classification hiérarchique des aires protégées en fonction de la composition spécifique en fourmis a permis de les répartir en trois groupes. La Forêt du Mont Korhogo et la Station Kamonn Diabaté ont sensiblement la même composition spécifique. Ces deux forêts forment le premier groupe ; le Jardin Botanique de l'Université forme à lui seul, le second groupe et le dernier groupe est représenté par l'Observatoire de Nambékaha. Aussi, on note que ces deux forêts (Forêt du Mont Korhogo et Station Kamonn Diabaté) ont une composition spécifique différente de celle du Jardin Botanique de l'Université. Il en était de même, de la composition spécifique en fourmis de l'Observatoire de Nambékaha qui diffère de celle des trois autres forêts (Figure 2).

**Figure 2:** Similarité de Bray-Curtis sur la base de la composition spécifique en fourmis des différentes forêts.

JB : Jardin Botanique UPGC ; ON : Observatoire Nambékaha ; FMK : Forêt Mont Korhogo ; SKD : Station Kamonn Diabaté.

Distribution des espèces de fourmis à l'intérieur des aires protégées

Parmi les 115 espèces de fourmis identifiées, seules 28 espèces (soit 24,35%) étaient communes aux quatre aires protégées. L'Observatoire de Nambékaha partageait le plus grand nombre d'espèces de fourmis respectivement, avec la Station Kamonn Diabaté (12 espèces) et la Forêt du Mont Korhogo (10 espèces). Toutefois, certaines espèces de fourmis étaient spécifiques à

chacune des aires protégées. Ainsi, l'Observatoire de Nambékaha avec 14 espèces spécifiques et la Station Kamonn Diabaté avec 13 espèces spécifiques, présentaient plus d'espèces spécifiques par rapport à la Forêt du Mont Korhogo (7 espèces spécifiques) et le Jardin Botanique de l'Université (6 espèces spécifiques) (Figure 3). Certaines espèces indicatrices de perturbation du milieu ont été rencontrées dans certaines forêts. Il s'agit de *Pachycondyla acvapimensis*, *Brachyponera sennarensis* et *Tetraponera mocquerysi* (Tableau 2).

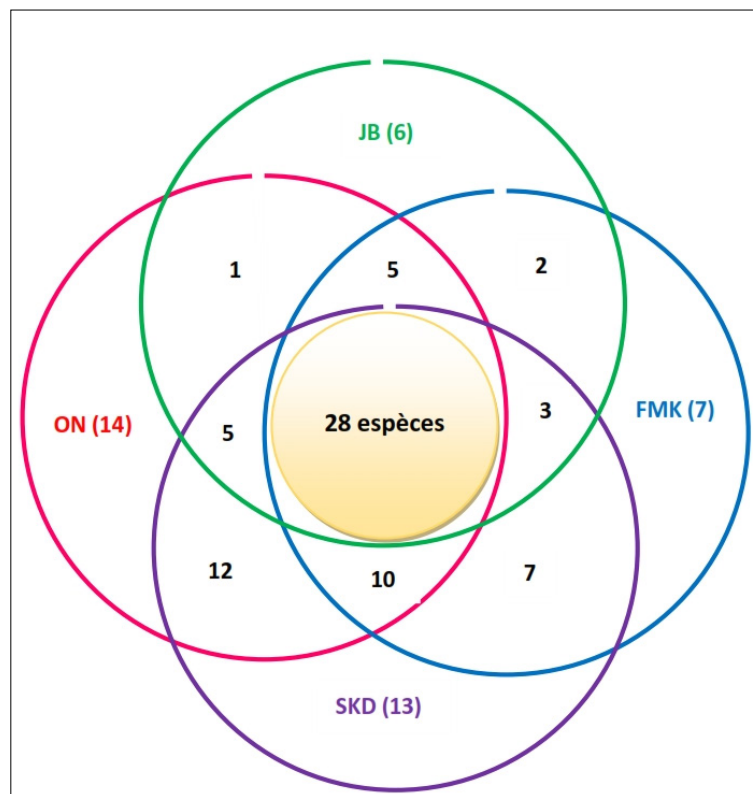


Figure 3 : Distribution des espèces de fourmis entre les aires protégées

JB : Jardin Botanique UPGC ; ON : Observatoire Nambékaha ; FMK : Forêt Mont Korhogo ; SKD : Station Kamonn Diabaté.

Abondance relative des fourmis

Au total, 2 073 spécimens de fourmis ont été capturés. Le plus grand nombre de spécimens a été enregistré dans la Forêt du Mont Korhogo. Toutefois, selon l'analyse statistique, aucune différence n'a été observée entre l'abondance moyenne des fourmis dans l'ensemble des aires protégées ($F = 0,25$; $p = 0,859$).

Abondance relative des sous-familles de fourmis

Parmi les sous-familles de fourmis identifiées, les Myrmicinae (1 064 spécimens) représentaient 51,33 % de la myrmécofaune totale collectée. L'analyse statistique a révélé que l'abondance des Myrmicinae était hautement significative par rapport à celle des autres sous-familles ($F = 18,54$; $p = 0,00034$). Elle était suivie respectivement des Formicinae (626 spécimens ; 30,20 %), des Ponerinae (219 spécimens ; 10,56 %), des Dolichoderinae (117 spécimens ; 5,64 %), des Dorylinae (39 spécimens ; 1,88 %) et des Pseudomyrmicinae (8 spécimens ; 0,39 %) (Figure 4).

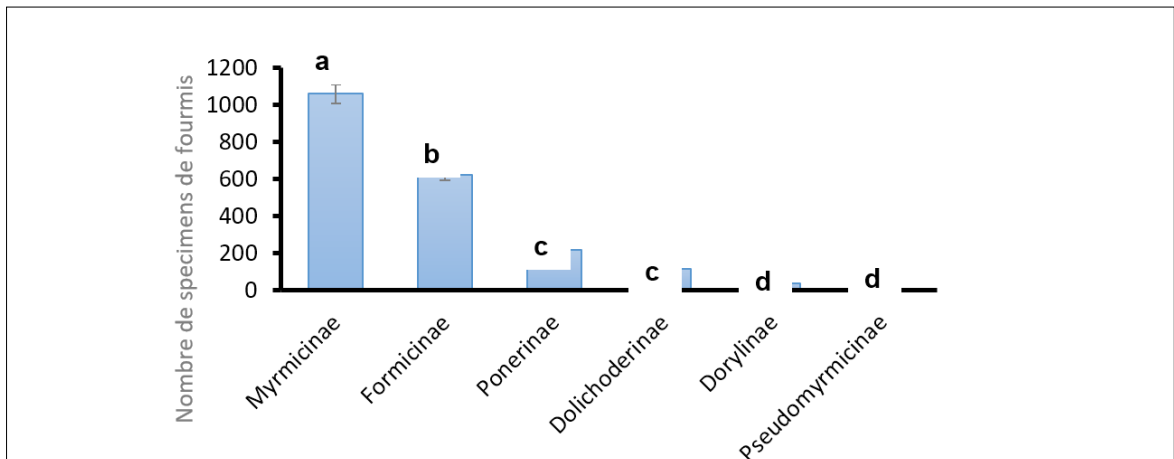


Figure 4 : Abondance des fourmis par sous-familles

Guildes fonctionnelles des fourmis

Les espèces ont été regroupées au sein des guildes fonctionnelles en vue d'analyser l'impact du niveau de conservation des aires protégées sur celles-ci. Six guildes fonctionnelles ont été identifiées dans cette étude. Seul, le groupe des omnivores variait significativement en fonction des différentes

aires protégées (Tableau 5). L'abondance relative des omnivores était très élevée dans la forêt du Mont Korhogo (560 occurrences) et diminuait progressivement dans les autres aires protégées (Station Kamonn Diabaté : 462 occurrences ; Observatoire de Nambékaha : 360 occurrences ; Jardin Botanique de l'Université : 255 occurrences).

Tableau 5 : Variation de l'abondance relative (occurrences) de guildes fonctionnelles en fonction des forêts.

	JB	ON	FMK	SKD	F	p
<i>Prédateurs spécialistes</i>	17	26	27	16	1,56	0,667
<i>Prédateurs généralistes</i>	7	10	29	22	3,62	0,305
<i>Omnivores</i>	255	360	560	462	11,70	0,0084
<i>Opportunistes</i>	24	84	32	28	3,48	0,32
<i>Nomades</i>	1	11	1	2	3,90	0,27
<i>Dominants arboricoles</i>	9	45	11	28	6,40	0,09

JB : Jardin Botanique UPGC ; ON : Observatoire Nambékaha ; FMK : Forêt Mont Korhogo ; SKD : Station Kamonn Diabaté. † $p < 0,05$

Discussion

Cette étude est la première en termes d'évaluation de la diversité des espèces de fourmis dans les aires protégées de Korhogo. L'estimation de la richesse spécifique a permis d'enregistrer 78 espèces de fourmis à la Station Kamonn Diabaté. Cette richesse spécifique est plus faible au Jardin Botanique de l'Université avec 50 espèces de fourmis enregistrées. Ces valeurs sont relativement plus faibles que celle obtenue par Kouakou (2015) qui s'élevait à 98 espèces, lors d'une étude similaire au Parc National du Banco. Les faibles richesses spécifiques observées dans les aires protégées de Korhogo par rapport au Parc National du Banco pourraient s'expliquer par les formations végétales en son sein et son état de conservation. Concernant les forêts de Korhogo, la plus faible richesse spécifique observée au niveau

du Jardin Botanique de l'Université pourrait être due à la structure de la canopée, aux formations végétales à la forte perturbation. En effet, l'existence des activités anthropiques telles que l'écorçage des arbres et les feux sauvages à l'intérieur du Jardin Botanique de l'Université entraînent une baisse de la diversité florale, et pourrait être une des principales raisons de sa faible richesse en espèces de fourmis. Un tel milieu pourrait toutefois héberger des espèces spécialisées susceptibles d'entraîner une forte perturbation de l'habitat (Kouakou et al., 2017 ; Kouakou et al., 2018). C'est le cas par exemple de l'espèce *Tetraponera mocquerysi* (Pseudomyrmicinae) que l'on a observé uniquement dans le Jardin botanique. Les Pseudomyrmicinae

sont caractéristiques des habitats très dégradés. La forte richesse spécifique observée à la Station Kamonn Diabaté serait liée au fait que cette forêt ait été reboisée avec plusieurs essences adaptées aux conditions environnementales du milieu et une canopée moyennement dense. Ainsi sa végétation hétérogène offrirait plusieurs formes d'habitats aux différents groupes de fourmis (spécialistes, généralistes, omnivores et surtout arboricoles). Les Myrmicinae et les Formicinae avaient respectivement des occurrences très élevées ; la dominance des Myrmicinae étant en relation avec leur importance numérique dans la faune myrmécologique mondiale (Hölldobler et Wilson, 1990 ; Bolton, 1994). Elles sont très ubiquistes (Andersen, 2000). Cependant, cette abondance varie significativement d'un habitat à un autre. La faible abondance des Myrmicinae au Jardin Botanique de l'Université et dans la forêt du Mont Korhogo pourrait renseigner sur le manque de ressources dû à leur niveau de perturbation. Leur abondance dans la Station Kamonn Diabaté pourrait quant à elle, s'expliquer par le fait que cet habitat offre probablement des conditions (microclimat, disponibilité de site de nidification et grande diversité de proies) qui affectent leur distribution. La comparaison de la composition spécifique en fourmis des différentes aires protégées a montré des similitudes entre la forêt du Mont Korhogo et celle de la Station Kamonn Diabaté. Cette similitude pourrait être le fait du reboisement qui permet à ces deux forêts d'avoir

en commun certaines plantes susceptibles d'attirer la même myrmécofaune. Par ailleurs, les forêts du Jardin Botanique de l'Université et l'Observatoire de Nambékaha ont non seulement une composition spécifique différente des précédentes mais, elles diffèrent également l'une de l'autre. Cette dissemblance serait probablement due à la proximité de chacune de ces forêts par rapport au milieu urbain. En effet le Jardin Botanique de l'Université, situé en pleine ville, pourrait subir une infiltration des fourmis anthropophiles (Kouakou et al., 2018). Toutefois, le Jardin Botanique de l'Université ayant des essences forestières en commun avec la forêt du Mont Korhogo et la Station Kamonn Diabaté, se rapproche plus de ces dernières en terme de composition spécifique en fourmis, contrairement à l'Observatoire de Nambékaha ; ce qui, permet ainsi d'y rencontrer la même myrmécofaune. Parmi les six guildes fonctionnelles identifiées, seule les omnivores étaient abondants dans toutes les forêts. Toutefois, elles étaient peu abondantes au niveau du Jardin Botanique de l'Université, probablement à cause de la perturbation anthropique élevée dans cette forêt. Quant à l'abondance élevée des omnivores dans la forêt du Mont Korhogo, elle serait à l'origine d'une pullulation par suite du stress environnemental que subit ce milieu. La diversité des plantes à la Station Kamonn Diabaté offrirait un large spectre d'habitats capables de renfermer une quantité énorme de nourriture pour cette guildes fonctionnelle.

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer le niveau de perturbation des aires protégées en utilisant les fourmis comme indicateurs biologiques. Elle montre que la diversité des fourmis à l'intérieur d'une aire protégée est fortement corrélée avec son état de santé ; ce qui en fait de bons indicateurs biologiques des écosystèmes. Certaines fourmis ont déjà montré leur aptitude à être utilisées comme bio indicateur de la richesse myrmécologique et du degré de perturbation de l'habitat.

C'est le cas des Myrmicinae dont la richesse spécifique et l'abondance augmentent avec la dégradation du milieu pour atteindre un pic puis, diminuent considérablement lorsque le niveau de perturbation du milieu est élevé. Quant aux Formicinae, elles abondent dans les milieux ouverts et dégradés tandis que l'abondance des Ponerinae est proportionnelle à la stabilité du milieu. En outre, les Pseudomyrmicinae sont caractéristiques des habitats très dégradés. Cette étude a montré

que les activités humines modifient la structure des forêts et par conséquent, agissent sur la diversité des fourmis. Ainsi, la forêt de la Station Kamonn Diabaté, relativement mieux protégée, apparaît la plus diversifiée. L'Observatoire de Nambékaha se caractérise par un nombre élevé de myrmécofaune endémique. Ce travail offre alors, des perspectives importantes pour l'étude des fourmis en Côte d'Ivoire telles que : (i) l'utilisation des fourmis comme bio indicateurs dans l'évaluation de l'état de conservation des milieux protégés; (ii) l'étude des relations entre la sous-famille des Pseudomyrmicinae et le niveau de perturbation des forêts (iii) l'élaboration d'études plus approfondies portées sur la diversité et l'abondance des fourmis dans les forêts classées en vue d'évaluer écologiquement leur niveau de conservation en matière de biodiversité. À cet effet, il serait intéressant de multiplier le nombre de forêts, les méthodes de collecte des données et prendre en compte certains paramètres environnementaux tels que les paramètres physico-chimiques.

Remerciements

Nous remercions la Société de Développement des Forêts (Sodefor), Le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), le Coordinateur de l'Observatoire de Recherche en Environnement de Nambékaha (OREN) pour les facilités techniques dont nous avons bénéficié pour le bon déroulement

de nos travaux. Nous sommes redevables au Pr KONATE Souleymane, Directeur du Laboratoire d'Écologie et Développement Durable de l'Université Nangui Abrogoua, dont le laboratoire a servi de lieu d'identification des fourmis.

Références bibliographiques

- Agosti D, Alonso LE. 2000.** The ALL protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants. In Agosti D, Majer JD, Alonso LE and Schultz TR (eds). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington DC: 204–206.
- Aiwa E. 2015.** Impact de la culture du coton sur le développement socio-économique : Étude de cas de la région de Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire. *European scientific journal*, 11:255-256.
- Andersen AN. 1995.** A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography*, 22: 15-29.
- Andersen AN. 2000.** A global ecology of rain forest ants: functional groups in relation to stress and disturbance. In Agosti D, Majer JD, Alonso L, Shultz T (Eds). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington DC: 25-34.
- Bolton B, Gotwald WH Jr, Leroux JM. 1976.** A new West African ant of the genus *Plectroctena* with ecological notes (Hymenoptera: Formicidae). *Annales de l'Université d'Abidjan, Série E (Ecologie)*, 9: 371-381.
- Bolton B. 1994.** Identification guide to ant genera of the world. *Harvard University press, Cambridge Massachusetts*, 222 p.
- Bolton B, Brown W Jr. 2002.** *Loboponera* gen. n. and a review of the Afrotropical *Plectroctena* genus group (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology*, 71: 1-18.
- Bolton B, Fisher BL. 2011.** Taxonomy of Afrotropical and West Palearctic ants of the ponerine genus *Hypoconeropsis* Santschi (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 2843:1-118.
- Bharti H, Bharti M, Pfeiffer M. 2016.** Ants as bio indicators of ecosystem health in Shivalik Mountains of Himalayas: assessment of species diversity and invasive species. *Asian Myrmecology*, 8: 1-15.
- CNDHCI. 2017.** Rapport d'étude exploratoire sur les aires protégées en Côte d'Ivoire, 20p.
- Colwell RK. 2004.** EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.0, Persistent URL [purl, Ocl. Org / estimates](http://purl.oclc.org/estimates).
- Fernández F. 2004.** The American species of the Myrmicinae ant genus *Carebara* Westwood (Hymenoptera: Formicidae). *Caldasia*, 26: 191-238.
- Hammer O, Harper D and Ryan P. 2001.** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1-9.
- Heterick BE, Lythe M, Smithyman C. 2013.** Urbanization factors impacting on ant (Hymenoptera: Formicidae) biodiversity in the Perth metropolitan area, Western Australia: two case studies. *Urban Ecosystem*, 16:145-173.
- Hölldobler B, Wilson EO. 1990.** The ants. *Harvard University Press*. Cambridge, Massachusetts, 732 p.
- Jamison SL, Robertson M, Engelbrecht I, Hawkes P. 2016.** An assessment of rehabilitation success in an African grassland using ants as bio indicators. *Koedoe*, 58(1):1- 16.
- King JR, Andersen AN, Cutter AD. 1998.** Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. *Biodiversity and Conservation*, 7:1627-1638

- Koné M, Konaté S, Yéo K, Kouassi PK, Linsenmair KE. 2014.** Effects of management intensity on ant diversity in cocoa plantation (Oumé, Centre west Côte d'Ivoire). *Journal of Insect Conservation*, 18(4): 701-712.
- Koné M, Dosso K, Yodé CD, Kouakou AE, N'Dri AB, Koné NA, N'Dri JK, Dekoninck W, Barot S. 2018.** Short-term changes in the structure of ant assemblages in a Guinean savanna under differing fire regimes at Lamto Scientific Reserve, Côte d'Ivoire. *Journal of Tropical Ecology*, 34(5) :326-335
- Kouakou LMM, Yéo K, VanDerHeyden A, Koné M, DelSinne T, Ouattara K, Herrera HW, DeKoninck W. 2017.** First morphological and molecular confirmed report of the invasive tropical fire ant, *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Formicidae) from Côte d'Ivoire West Africa). *BioInvasions Records*, 6 (2): 173-179.
- Kouakou LMM, Dekoninck W, Koné M, Delsinne T, Yéo K, Ouattara K, Konaté S. 2018.** Diversity and distribution of introduced and potentially invasive ant species from the three main ecoregions of Côte d'Ivoire (West Africa). *Belgian Journal of Zoology*, 148 (1): 83-103.
- Kouakou LMM, Yéo K, Koné M, Ouattara K, Aymard K, Delsinne T, Dekoninck W. 2018.** Espaces verts comme une alternative de conservation de la biodiversité en villes : le cas des fourmis (Hyménoptère : Formicidae) dans Abidjan , Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 131 : 13358-13381
- Martin JEH. 1983.** *Les insectes et arachnides du Canada, partie 1: récolte, préparation et conservation des insectes, des acariens et des araignées.* Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, Publication 1643, Ottawa.
- Pandey D. 2012.** *Carbon Stock of World Heritage Forest Sites.* UNESCO World Heritage Centre. 6p
- Seifert B. 2003.** The ant genus *Cardiocondyla* (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) – A taxonomic revision of the *C. elegans*, *C. bulgarica*, *C. batesii*, *C. nuda*, *C. shuckardi*, *C. stambuloffii*, *C. wroughtonii*, *C. emeryi* and *C. minutior* species groups. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 104: 203-338.
- StatSoft France. 2005.** STATISTICA for Windows [Software System for Data-analyses], Version 7.1. Available from URL: <http://www.statsoft.com>
- UICN. 2018.** Union Internationale Pour La Conservation De La Nature, Rapport Annuel 2018. 52 p
- Wang M. 2003.** A monographic revision of the ant genus *Pristomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin Museum of Comparative Zoology*, 157 : 383-542.
- Yéo K. 2006.** Dynamique spatiale et diversité des fourmis de la litière et du sol dans une mosaïque forêt-savane en Côte d'Ivoire. Thèse unique de Doctorat des universités Pierre et Marie Curie Paris VI, France et Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 212 p.
- Yéo K, Konaté S, Tiho S, Camara SK. 2011.** Impacts of Land use systems on ant communities in a tropical forest margin (Oumé – Côte d'Ivoire). *African Journal of Agricultural Research* 6, (2): 260-274.
- Yéo K, Tiho S, Ouattara K, Konaté S, Kouakou LMM, Fofana M. 2013.** Impact de la fragmentation et de la pression humaine sur la relique forestière de l'Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 61 : 4551-4565.

Dynamique spatio-temporelle de la végétation du Parc National de la Comoé au Nord-Est de la Côte d'Ivoire.

Spatio-temporal dynamics of the vegetation of Comoé National Park in the Northeast of Côte d'Ivoire.

Konan AS • Malan DF • Ouattara A • Kougbo MD • Dogba M

Received: 22 February 2020 / Accepted: 19 November 2020 / Published online: 01 March 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé L'objectif de la présente étude est d'évaluer la dynamique et les changements physiognomiques de la végétation du Parc National de la Comoé sur trente ans (de 1988 à 2018). L'étude a porté sur la comparaison des cartes d'occupation de sol de deux périodes de 1988 à 2000 et de 2000 à 2018. Pour ce faire, une étude diachronique a été réalisée à partir des images satellitaires Landsat TM de l'année 1988, Landsat ETM+ de l'année 2000 et Landsat OLI-TIRS de l'année 2018. Ces images ont permis d'établir des cartes d'occupation de sol à ces trois dates, de générer des matrices de transitions et de mesurer l'intensité du changement physiognomique des unités d'occupation de sol. Les résultats ont révélé que les îlots forestiers et forêts galeries, surtout les forêts claires et les savanes boisées ont connu une diminution de leur superficie entre 1988 et 2000 et une augmentation de leur superficie entre 2000 et 2018. Par contre, les savanes arbustives ont connu une progression rapide avec un taux de changement de 50 % entre 1988 et 2000 puis une régression de superficie entre 2000 et 2018. Quant aux savanes arborées, elles ont connu une diminution continue de leur superficie entre les deux périodes d'étude. Les analyses révèlent que les savanes arborées et les savanes arbustives sont les plus vulnérables aux changements physiognomiques. Ces résultats sont dus à un manque de pratique régulière des régimes de feux qui pourrait être une conséquence de la péjoration climatique.

Mots clés : Savane, Occupation de sol, Changement physiognomique, Colonisation des savanes, Parc National de la Comoé.

Abstract This study aimed to evaluate the dynamics and physiognomic changes that occurred in Comoé National Park vegetation over thirty years (from 1988 to 2018). A comparison of the land use maps of two periods from 1988 to 2000 and from 2000 to 2018 was made. To reach this objective, a diachronic study was carried out using Landsat TM satellite images for the year 1988, Landsat ETM+ for the year 2000 and Landsat OLI-TIRS for the year 2018. These images were used to establish land use maps for these three dates, to generate the transition matrix and to measure the intensity of the change land use units. The results indicated that the forest islands and gallery forests, and especially the open forests and wooded savannahs experienced a decrease in their area between 1988 and 2000 and an increase in their area between 2000 and 2018. However, shrub savannahs have increased rapidly with a rate of change of 50% between 1988 and 2000 then a decrease in its area between 2000 and 2018. As to the wooded savannahs, they experienced a continual decrease in their area between the two study periods. Tree savannahs and shrub savannahs are the most vulnerable to changes. These results explain that the lack of regular fire regimes could be also attributed to the effect of climatic deterioration.

Key words : Savannah, Land use, Physiognomic change, Savannah colonisation, Comoé National Park.

Konan AS • Malan DF •
Kougbo MD • Dogba M
Unité de Formation et de Recherche
en Sciences de la Nature (UFR-SN),
Université NANGUI ABROGOUA, 02
BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

Malan DF
Institut Botanique AKÉ-ASSI
d'ANDOKOI (IBAAN), Abidjan, 08 BP
172 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.

OUATTARA A
Office Ivoirien des Parcs et Réserves.

Konan AS (✉)
Unité de Formation et de Recherche
en Sciences de la Nature (UFR-SN),
Université NANGUI ABROGOUA, 02
BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire
konan.sk93@gmail.com

Introduction

Les forêts et les savanes constituent les principaux écosystèmes des régions tropicales humides. Dans les conditions climatiques naturelles, les forêts sont en phase d'expansion naturelle sur les savanes, mais les activités humaines influencent fortement leur succession. Ainsi, dans ces régions, les forêts sont progressivement remplacées par des savanes donnant un paysage de mosaïques forêt-savane (Favier *et al.*, 2004). Le changement de la physionomie de la végétation est l'un des plus graves problèmes environnementaux, car il est défini comme la perte de biodiversité des terres. La physionomie des formations végétales est influencée par deux facteurs : les changements climatiques et les activités humaines. Ces facteurs sont à l'origine de la modification des successions végétales et de la dégradation du milieu. En outre, les savanes d'Afrique connaissent des processus rapides de transformation des paysages et une dégradation des ressources naturelles (Mama *et al.*, 2013). Pourtant, les savanes jouent des rôles écologiques et socioéconomiques majeurs au niveau planétaire avec leur richesse en espèces endémiques (Bond et Parr, 2010). Malgré cette importance écologique et économique, elles se situent parmi les écosystèmes les plus menacés de la planète (Parr *et al.*, 2012). En réalité, en dehors des pressions anthropiques qui constituent la principale menace, il y a aussi le phénomène du boisement naturel. Ce dernier est caractérisé par une colonisation des savanes par des espèces ligneuses, qui tend à transformer ces écosystèmes ouverts en arbustives ou en forêts sèches (Estell *et al.*, 2012). Ce phénomène a d'ailleurs été rapporté dans les savanes d'Afrique, d'Australie, d'Amérique et d'Asie du Sud-Est (Demers-Lemay, 2014). Ce qui pourrait contribuer à l'érosion de la biodiversité et avoir des impacts négatifs sur les économies pastorales de subsistance de plusieurs régions du monde (Parr *et al.*, 2012). La colonisation ligneuse des savanes pourrait être attribuée aux activités anthropiques qui ont modifié les

conditions atmosphériques, les processus régulant la dynamique de ces écosystèmes et les relations de compétition entre les strates herbacées et arbustives/arborées (Brunelle *et al.*, 2013). En effet, les changements climatiques sont responsables de l'augmentation de la concentration de CO₂ atmosphérique qui favorise les espèces ligneuses au profit des herbacées (Buitenwerf *et al.*, 2012).

D'une superficie de 1.148.756 ha, le Parc National de la Comoé (PNC) abrite l'une des plus vastes zones savaniques d'Afrique de l'Ouest. En son sein, coexistent des écosystèmes forestiers et savaniques avec une importante diversité d'espèces végétales et animales qui ont justifié son inscription comme Réserve de Biosphère depuis 1982 et Patrimoine Mondial de l'Unesco depuis 1983. Cela sous-entend qu'il abrite un ensemble d'attributs naturels présentant un intérêt exceptionnel pour l'héritage commun de l'humanité et représente une région modèle conciliant la conservation de la biodiversité et le développement durable. Dans l'optique d'une gestion durable dudit parc, de nombreuses études sur la flore y ont été effectuées, portant pour la plupart sur l'inventaire et la description (Goetze *et al.*, 2006 ; Koulibaly, 2008) des formations végétales. Ces études ont rarement abordé la question de la dynamique forêt-savane (Kouadio, 2006 ; Kouassi *et al.*, 2014) et surtout par approche satellitaire. Pourtant la dynamique permet d'avoir un aperçu de cette évolution sur l'ensemble du parc afin d'élaborer des stratégies de gestion durables.

La présente étude se propose d'évaluer la dynamique et les changements physionomiques survenus dans la végétation du Parc National de la Comoé depuis la fin des années 80. Spécifiquement, il sera question de cartographier l'occupation du sol sur une période de 30 ans à trois différentes dates et de quantifier les changements physionomiques survenus. Cette étude se fonde sur l'hypothèse que le boisement des formations savaniques du PNC se fait de façon progressive au cours de ces trente dernières années (1988 à 2018).

Matériel et Méthodes

Site d'étude

Le Parc national de la Comoé est situé au nord-est de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes 8°30' - 9°37' Nord et les longitudes 3°07' - 4°26' Ouest (Figure 1). Selon le dernier découpage administratif de la Côte d'Ivoire, il est à cheval entre trois régions administratives (Hambol, Bounkani et Tchologo), six départements (Dabakala, Bouna, Nassian, Tehini, Doropo et Kong) et 20 sous-préfectures. Il appartient au climat de type tropical subhumide avec une précipitation moyenne annuelle de 1084 mm

pour une température moyenne annuelle qui varie de 26°C à 27°C (OIPR, 2015). Le parc est à cheval sur deux secteurs phytogéographiques (Guillaumet et Adjanohoun, 1971) : le secteur soudanais du domaine soudanais au nord (la plus grande partie de la végétation originelle du parc) et le secteur subsoudanais du domaine Guinéen au sud. En effet, cette végétation est constituée de trois principales formations végétales : les formations savanicoles, les forêts claires et les formations de boisements denses (les forêts galeries et les îlots de forêts denses sèches).

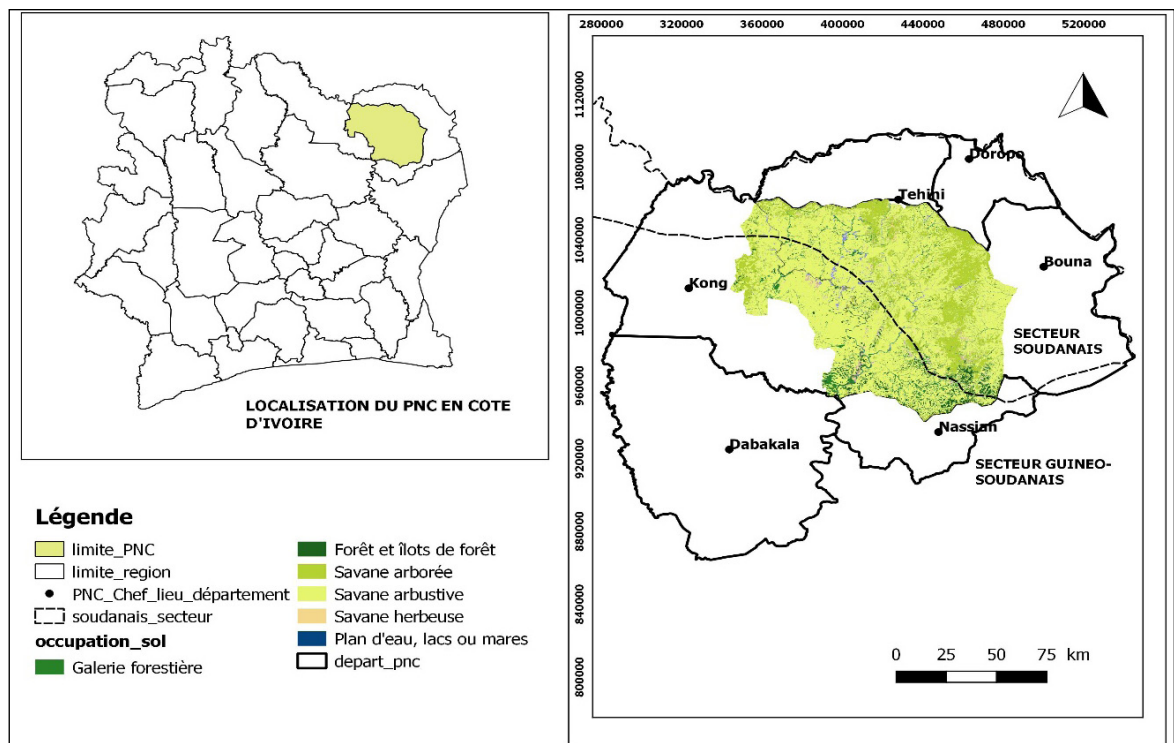


Figure 1 : Localisation du Parc national de la Comoé (PNC) en Côte d'Ivoire

Méthodes

La technique utilisée dans cette étude est celle de l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol à partir de la classification et interprétation des images Landsat d'une résolution spatiale de 30 mètres. La détermination des changements dans l'occupation du sol a nécessité l'utilisation de trois images satellites des années 1988, 2000 et 2018. Il s'agit des images Landsat TM, scènes (P196/R053 et P196/R054) du 24 décembre 1988, Landsat ETM+, scènes (P196/R053 et P196/R054) du 25 décembre 2000 et Landsat OLI/TIRS, mêmes scènes (P196/R053 et P196/R054) du 01 décembre 2018. Elles ont été acquises pendant la saison sèche où le taux de nébulosité et de couverture nuageuse sont plus faibles (Daoudi *et al.*, 2009). En effet, les images acquises pendant cette saison présentent une grande différence spectrale entre

différentes classes d'occupation du sol (Oszwald *et al.*, 2010). Pour cette étude, le choix de la date des images s'est fait de manière arbitraire. En effet, l'étude se voulait d'analyser la dynamique du paysage du PNC sur une période de trente ans à partir de l'image de l'année 2018. Il s'agissait de choisir parmi les images gratuites disponibles sur les trente années en arrière : une image des années 1990 et une autre des années récentes. Ainsi, suivant ces critères, les images (1988 et 2018) ont été choisies en tenant compte de leur proximité de ces dates (1990 et 2020). À ces images, s'ajoute une image intermédiaire de l'année 2000 pour la comparaison de la dynamique du paysage sur deux périodes.

Le traitement de ces images a été fait avec le logiciel ENVI 5.1 et le logiciel QGIS 2.18.

Prétraitement d'image satellitaire

Tout d'abord, une correction géométrique suivie d'une correction atmosphérique a été faite sur les trois images. Ensuite, les deux scènes couvrant la zone d'étude ont été mosaïquées. Cela consiste à juxtaposer les différentes bandes identiques des scènes entre elles pour former une plus grande scène (Wiederkehr, 2013). Enfin, un rehaussement et la délimitation de la zone suivant les limites administratives du PNC ont été faits selon la méthode de Leboeuf et Paquet (2013).

Traitement d'image satellitaire

La composition colorée a consisté à combiner des informations qui contiennent trois bandes pour les afficher simultanément dans les trois couleurs primaires (rouge, vert et bleu). L'objectif de cette opération est d'avoir une synthèse d'informations en vue de faire une bonne discrimination des types de formations végétales (Kpangui, 2015). Pour ce faire, une composition colorée 'fausse couleur' (4/2/3) a été faite au préalable c'est-à-dire les bandes proches infrarouges dans le rouge, celles du vert dans le vert et celles du rouge dans le bleu. Ces bandes sont respectivement les bandes 4 (0,63 - 0,69 μm), 2 (0,52 - 0,60 μm) et 3 (0,63 - 0,69 μm) pour les images de 1988 (TM) et de 2000 (ETM+), et les bandes 5 (0,845 - 0,885 μm), 3 (0,525 - 0,600 μm) et 4 (0,630 - 0,680 μm) pour l'image de 2018 (OLI-TIRS). Ensuite, les images ont subi une classification supervisée à partir de l'algorithme du *Neural Net* sur cette composition. Il faut souligner qu'il existe plusieurs algorithmes de classification. Nous avons utilisé cet algorithme à cause du fait qu'il exploite la distance spectrale et non la signature spectrale estimée par la probabilité d'appartenance (Jofack *et al.*, 2016). Les classes d'occupation du sol ont été retenues pour cette étude sur la base des vérifications sur le terrain pour les images de 2018. Pour la vérification de la qualité des classifications, une matrice de confusion et l'indice de Kappa (Girard et Girard, 1999) ont été générés pour chacune des images.

Analyse de la dynamique

L'étude de la dynamique s'est faite par l'analyse de l'évolution spatiale et des changements des occupations de sol sur toute la période d'étude par la production de deux matrices de transition issue des trois classifications entre deux périodes (Issiaka *et al.*, 2016). Suite à cela, le taux de conversion ou d'évolution de chaque type

d'occupation du sol (T_c), le taux moyen annuel d'expansion spatiale (T), la vitesse d'évolution et la vulnérabilité aux changements des unités d'occupation de sol ont été calculés.

Matrice de transition

Deux matrices de transition ont permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités paysagères entre deux périodes de 1988 à 2000 et 2000 à 2018. Le nombre x de lignes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères présentes à la date initiale (1988 ou 2000), tandis que le nombre y de colonnes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères converties à la date finale (2000 ou 2018). Quant à la diagonale, elle contient les superficies des unités paysagères restées inchangées pour les deux périodes (Arouna *et al.*, 2016). Dans cette matrice, les transformations se font des lignes vers les colonnes. Le pourcentage de ces différentes classes d'unités d'occupation de sol a été calculé à partir du croisement des cartes d'occupation du sol de 1988 et de 2000 ainsi que celles de 2000 et 2018. Ces matrices ont été générées à l'aide de la fonction MOLUSCE du logiciel QGIS 2.18.

Taux moyen annuel d'expansion spatiale (T)

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale permet d'exprimer la proportion de chaque unité d'occupation du sol qui change annuellement. Ainsi, pour S1 et S2 correspondant respectivement aux superficies d'une unité de l'occupation du sol sur les deux périodes (soit en 1988 -2000 et 2000 -2018). Le taux d'expansion spatiale annuelle T , est évalué à partir de la formule utilisée par Oloukoï *et al.* (2007) :

$$T = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100$$

S_1 et S_2 : Superficie d'une unité paysagère à la date t_1 et t_2 respectivement ;

$t_2 - t_1$: Nombre d'années d'évolution ;

\ln : Logarithme népérien ;

e : exponentielle de Base du logarithme népérien ($e = 2,71828$).

Si l'analyse des valeurs du taux de changement indique les valeurs positives, cela signifie qu'il y a eu une «progression» de ladite classe. En revanche, pour les valeurs négatives, on a une «régression». Les valeurs proches de zéro indiquent que la classe est relativement «stable».

Taux de conversion ou taux d'évolution

Le taux de conversion (Tc) ou le taux d'évolution temporelle d'une classe d'occupation de sol correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes (Arouna, 2012). C'est donc la quantité de changements observés au niveau d'une unité d'occupation du sol entre les deux périodes d'études (1988 à 2000 et 2000 à 2018). Il permet ainsi de mesurer le degré de conversion ou de l'évolution d'une unité d'occupation du sol en d'autres unités. Il est obtenu à partir de la matrice de transition selon la formule suivante (Coulibaly *et al.*, 2016) :

$$Tc = \frac{S_{it1} - S_{is}}{S_{it1}} \times 100$$

S_{it1} : Superficie de l'unité d'occupation de sol i à la date initiale t_1 ;

S_{is} : Superficie de la même unité demeurée stable à la date t_1

Vitesse d'évolution des unités d'occupation du sol

Afin de connaître la vitesse de variation des unités d'occupation du sol identifiées, la formule utilisée par Agbanou *et al.*, (2018) a été adoptée :

$$\Delta S = \frac{S_{P2} - S_{P1}}{t_2 - t_1}$$

ΔS = Vitesse d'évolution (extension ou régression en ha/an) ;

S_{P1} = Superficie occupée par l'unité d'occupation considérée au cours de l'année 1 (ha) ;

S_{P2} = Superficie occupée par l'unité d'occupation considérée au cours de l'année 2 (ha) ;

t_1 = année 1 et t_2 = année 2.

Résultats

Cartographie et validation de l'interprétation visuelle

Sept classes d'occupation du sol ont finalement été cartographiées (Figure 2) parmi lesquelles cinq classes de formations végétales : îlots forestiers et forêts galeries, forêts claires et savanes boisées, savanes arborées, savanes arbustives, savanes herbeuses. Ces classes de végétation ont été identifiées sur la base de la classification de

Analyse de l'intensité des changements entre les différentes dates à partir des programmes "Pontius Matrix22" et "Intensity Analysis 02.xlms"

Les programmes d'analyse "Pontius Matrix 22" et "intensity analysis 02.xlms" de Aldwailk et Pontius (2012), ont permis de mesurer les intensités des changements (%) selon les intervalles de temps, les catégories et les transitions entre catégories d'occupation des terres.

Ce programme a permis de déterminer le changement net, le changement total et la balance des deux changements en utilisant la matrice de transition entre les deux périodes d'étude (Agbanou *et al.*, 2018).

Le changement net pour une catégorie est calculé par la formule suivante :

$$\text{Changement Net} = \text{Gain} - \text{Perte}$$

La valeur du changement net est prise en valeur absolue. Lorsqu'une catégorie gagne, une autre catégorie perd, de sorte que le gain net total de toutes les catégories est égal à la perte nette totale des catégories. Autrement dit, pour une catégorie donnée, dans la matrice elle correspond à la différence entre le gain brut et la perte brute.

Le changement total est la superficie totale changée. Elle est calculée en additionnant toutes les entrées de la matrice de transition (gains et pertes).

La Balance (encore appelée Swap en anglais) est la différence entre le changement total et le changement net.

$$\text{Balance} = \text{Changement Total} - \text{Changement Net}$$

Cette variable exprime un changement de lieu sans changement de quantité. Pontius *et al.* (2008) l'expliquent comme un désajustement qui pourrait être résolu en réorganisant les pixels d'une carte pour s'adapter autant que possible avec d'autres cartes.

Yangambi (Aubréville, 1957).

La discrimination de ces différents types d'occupation du sol a été significative malgré certaines confusions pour certaines classes définies (les pixels de certaines unités d'occupation des terres ont été confondus à d'autres). La validation des différentes classes définies a été faite à travers la précision globale et le coefficient de Kappa pour les images de 1988, 2000 et 2018.

Ces indices sont respectivement pour ces trois années, les valeurs de 88,15%, 82,39% et 86,23% pour les précisions globales et de 0,85, 0,80 et 0,84 pour les coefficients Kappa.

Toutes les classes d'occupation du sol dans l'ensemble ont obtenu de meilleurs taux de précision (>80 %) avec un intervalle de confiance de +/- 3,44%. Cela traduit un accord presque parfait pour la qualité de l'interprétation des images.

État des formations végétales du PNC en 1988, 2000 et 2018

L'analyse des cartes d'occupations du sol de 1988, 2000 et 2018 a permis de constater une différence dans la dynamique observée au cours des périodes 1988-2000 et 2000-2018.

Il ressort que les formations fermées (îlots forestiers et forêts galeries ainsi que les forêts claires et savanes boisées) et les formations savaniques (savanes arborées et herbeuses) ont connu une diminution de leur surface entre 1988 et 2000 (Figure 2). Par contre, les savanes arbustives ont connu une augmentation de leur surface au cours de cette période. La tendance s'est inversée durant la période 2000 -2018, car les superficies des formations fermées (îlots forestiers et forêts galeries ainsi que les forêts claires et savanes boisées) ont augmenté et les formations savaniques à l'exception des savanes herbeuses ont connu une diminution de leur surface (Figure 2).

De façon quantitative, la physionomie de la végétation du PNC était dominée en 1988 par les savanes arbustives (331 002,72 ha soit 28,80 %), les forêts claires et savanes boisées (296 050,14 ha soit 25,76 %) et les savanes arborées (223 504,13 ha) soit

19,45 % de la superficie totale du PNC (Tableau 1). En 2000, l'on assiste à une augmentation brusque de la superficie des savanes arbustives (de 331002,72 ha à 723206,63 ha soit 62,92 % de la superficie totale du PNC). Dans la même période, pour les autres formations (îlots forestiers et forêts galeries, les forêts claires et savanes boisées, les savanes arborées et les savanes herbeuses), l'on observe une diminution de leur surface. La plupart des forêts sont rencontrées dans le sud du parc et le long des cours d'eau permanents tandis que les forêts claires et les savanes boisées se répartissent sur toute l'étendue dudit parc en 1988 (Figure 2). En 2018, la physionomie de la végétation du PNC est toujours dominée par les savanes arbustives (720280,71 ha soit 62,69 %). Cependant, les îlots forestiers et forêts galeries, les savanes arborées et les savanes herbeuses à l'exception des forêts claires et savanes boisées, ont connu une augmentation de leur surface. La superficie des îlots forestiers et galeries est passée de 71947,98 ha soit 6,26 % en 2000 à 113157,9 soit 9,85 % de la superficie du PNC en 2018 (Tableau 2). Toutes les unités d'occupation de sol observées en 1988 sont également présentes en 2018. Les forêts claires et les savanes qui étaient réparties sur toute l'étendue du parc en 1988 se retrouvent en grande partie en 2018, dans la partie nord et le Nord-Est (Figure 2). En somme, de façon générale sur les deux périodes d'étude (de 1988 à 2000 et de 2000 à 2018), l'on observe une évolution de la superficie de certaines classes d'occupation de sol pendant que d'autres ont subi une régression dans la même période (Figure 3). L'écart entre les superficies de chaque catégorie d'occupation du sol pendant les deux périodes d'étude donne une indication globale du changement intervenu.

Tableau 1 : Superficies des unités d'occupation des terres du PNC en 1988 et en 2000

Classes	1988		2000		Bilan (%)
	S (ha)	P (%)	S (ha)	P (%)	
IF_FG	72268,92	6,29	71947,98	6,26	-0,03
FC_SB	296050,14	25,76	81312,75	7,07	-18,68
Sav_arbo	223504,13	19,45	208400,13	18,13	-1,31
sav_arbu	331002,72	28,80	723206,63	62,92	+34,12
Sav_herb	179940,51	15,66	60214,68	5,24	-10,42
Fleuve	3710,7	0,32	3041,64	0,26	-0,06
SN_Loca	42914,88	3,73	1268,19	0,11	-3,62
Totaux	1149392	100	1149392	100	0

Source : Images Landsat TM de 1988 et OLI-TIRS de 2018

S : Superficie ; P : Proportion ; Bilan = P2000 - P1988 ; IF_FG : Îlot forestier et Forêt galerie ; FC_SB : forêt claire et savane boisée ; Sav_arbo : Savane arborée ; Sav_arbu : savane arbustive ; Sav_herb : Savane herbeuse ; SN_Loca : Sol nu et localité.

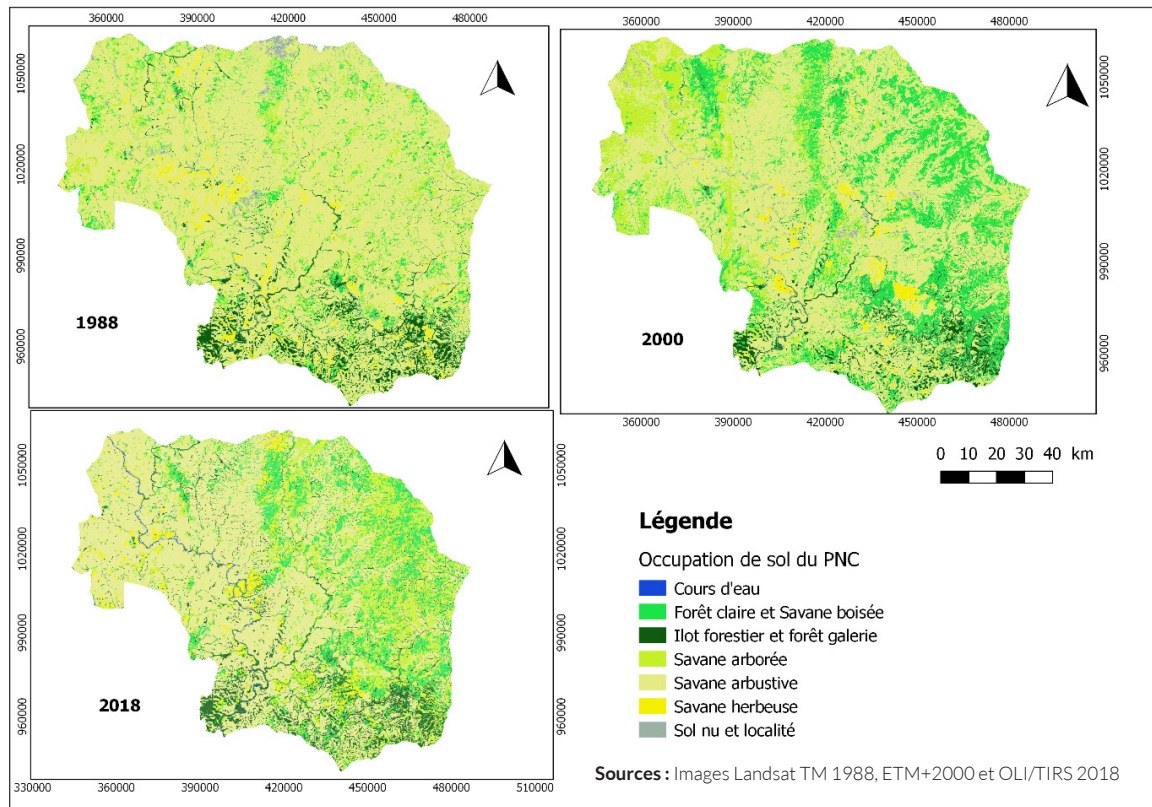


Figure 2 : Cartes d'occupation du sol du PNC en 1988, 2000 et 2018

Tableau 2 : Superficies des unités d'occupation des terres du PNC en 2000 et en 2018

Classes	2000		2018		Bilan (%)
	S (ha)	P (%)	S (ha)	P (%)	
IF_FG	71947,98	6,26	113157,9	9,85	+3,59
FC_SB	81312,75	7,07	65570,31	5,70	-1,37
Sav_arbo	208400,13	18,13	124141,41	10,80	-7,33
sav_arbu	723206,63	62,93	720280,71	62,69	-0,24
Sav_herb	60214,68	5,24	109766,7	9,57	+4,33
Fleuve	3041,64	0,26	1811,52	0,16	-0,10
SN_Loca	1268,19	0,11	14663,7	1,28	+1,17
Totaux	1149392	100,00	1149392	100,00	0,00

Source : Images Landsat TM de 1988 et OLI-TIRS de 2018

S : Superficie ; P : Proportion ; Bilan = P2018 – P2000 ; IF_FG : Îlot forestier et Forêt galerie ; FC_SB : forêt claire et savane boisée ; Sav_arbo : Savane arborée ; Sav_arbu : savane arbustive ; Sav_herb : Savane herbeuse ; SN_Loca : Sol nu et localité.

Évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol du PNC entre 1988, 2000 et 2018

Les évolutions des formations végétales du PNC entre les périodes de 1988 à 2000 et de 2000 à 2018 sont traduites par les matrices de transition (tableau 3 et 4), les taux de variation, les taux d'évolution et les taux moyens annuels d'expansion spatiale. De façon générale, l'on remarque (Figure 3) que toutes les formations

ont subi deux modes de conversion (régressive et progressive). Ainsi, la dynamique des différentes classes d'occupation du sol entre les périodes est traduite quantitativement. Les îlots forestiers et forêts galeries ont connu une diminution de leurs superficies de 320,94 ha (0,03 %) entre 1988 et 2000, et une augmentation de 41209,92 ha (3,59 %) entre 2000 et 2018. Les forêts claires et les savanes boisées ont connu des diminutions de

leur superficie de 214737,39 ha (18,68 %) entre 1988 et 2000, et de 15742,44 ha (1,37 %) entre 2000 et 2018. Les savanes arborées ont enregistré respectivement entre 1988 et 2000 et entre 2000 et 2018, des diminutions de 14104 ha (1,31 %) et 84258,72 ha (7,33 %). Quant aux savanes arbustives, elles ont connu une augmentation entre 1988 et 2000 de 392203,31 ha (34,12%) et une diminution entre 2000 et 2018 de 2925,92 ha (0,24). Les savanes herbeuses ont connu une diminution de leurs superficies de 119725,83 ha (10,42 %) entre 1988 et 2000, et une augmentation de 49552,02 ha (4,33 %) entre 2000 et 2018.

L'analyse des résultats de l'évolution temporelle ou le taux de conversion de l'occupation du sol de 1988 à 2018 montre que les formations végétales ont connu des changements importants. Les augmentations de superficies proviennent de façon significative à plus de 100 % des savanes arbustives entre 1988 et 2000, de plus de 80 %

des savanes herbeuses et plus de 50 % des îlots forestiers et forêts galeries entre 2000 et 2018. Le reste des expansions est lié aux contributions venant des pertes des forêts claires et savanes boisées (72,53 %), des savanes herbeuses (66,54 %) entre 1988 et 2000 et 40,43 % des savanes arborées entre 2000 et 2018 (Tableau 5). De manière générale, entre 1988 et 2000, toutes les formations végétales ont connu une régression de leur surface à l'exception des savanes arbustives qui ont connu une progression avec un taux d'expansion annuel de 6,51 %. Entre 2000 et 2018, les îlots forestiers et forêts galeries et les savanes herbeuses ont connu une progression avec respectivement des taux d'expansion annuels de 2,52 % et 3,34 %. Quant aux forêts claires et savanes boisées, savanes arborées et savanes arbustives, ils ont connu une régression de leur superficie avec respectivement des taux d'expansion annuels de 1,20 %, 2,88 % et 0,02 %.

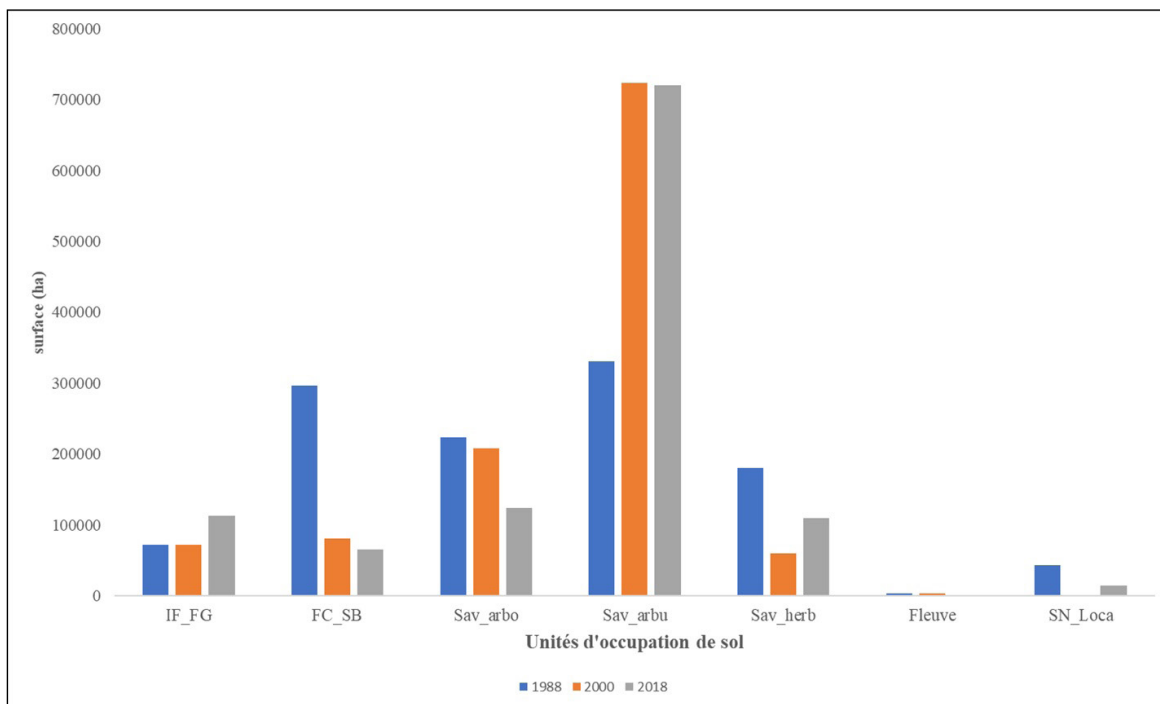


Figure 3 : Représentations des superficies des classes d'occupation du sol entre 1988, 2000 et 2018.

Légende : IF_FG : Ilot forestier et Forêt galerie ; FC_SB : forêt claire et savane boisée ; Sav_arbo : Savane arborée ; Sav_arbu : savane arbustive ; Sav_herb : savane herbeuse ; SN_Loca : Sol nu et localité.

Tableau 3 : Matrice de transition de l'occupation des terres entre 1988 et 2000

	IF_FG	FC_SB	Sav_arbo	Sav_arbu	Sav_herb	Fleuve	SN_Loca	(%) Total de 1988	Perte
IF_FG	4,60	1,09	0,37	0,20	0,03	0,00	0,00	6,29	1,69
FC_SB	1,51	4,26	6,57	12,49	0,91	0,01	0,00	25,76	21,50
Sav_arbo	0,06	0,97	4,88	12,56	0,93	0,03	0,01	19,45	14,56
Sav_arbu	0,01	0,30	3,52	23,17	1,69	0,07	0,03	28,80	5,62
Sav_herb	0,06	0,38	2,08	11,73	1,38	0,02	0,01	15,66	14,28
Fleuve	0,03	0,01	0,03	0,14	0,07	0,03	0,00	0,32	0,29
SN_Loca	0,00	0,05	0,67	2,62	0,23	0,10	0,06	3,73	3,67
(%) Total de 2000	6,27	7,07	18,13	62,92	5,24	0,26	0,11	100,00	
Gain	1,67	2,81	13,25	39,75	3,86	0,23	0,05		

Tableau 4 : Matrice de transition de l'occupation des terres entre 2000 et 2018

	IF_FG	FC_SB	Sav_arbo	Sav_arbu	Sav_herb	Fleuve	SN_Loca	(%) Total de 2000	PERTE
IF_FG	5,38	0,63	0,06	0,13	0,06	0	0	6,26	0,88
FC_SB	2,27	1,48	0,99	1,91	0,42	0	0	7,07	5,59
Sav_arbo	1,28	1,63	3,08	10,33	1,45	0	0,36	18,13	15,05
Sav_arbu	0,81	1,86	6,24	46,8	6,47	0,01	0,74	62,93	16,13
Sav_herb	0,11	0,1	0,42	3,3	1,15	0,06	0,1	5,24	4,09
Fleuve	0	0	0,01	0,15	0,01	0,04	0,05	0,26	0,22
SN_Loca	0	0,00	0,00	0,07	0,01	0	0,03	0,11	0,08
(%) Total de 2018	9,85	5,70	10,80	62,69	9,57	0,11	1,28	100,00	
GAIN	4,47	4,22	7,72	15,89	8,42	0,07	1,25		

IF_FG : Ilot forestier et Forêt galerie ; FC_SB : forêt claire et savane boisée ; Sav_arbo : Savane arborée ; Sav_arbu : savane arbustive ; Sav_herb : savane herbeuse ; SN_Loca : Sol nu et localité.

Tableau 5 : Taux annuels d'expansion spatiale et de conversion des unités d'occupation de sol entre 1988 à 2018

	1988 - 2000		2000 - 2018	
	TC	T	TC	T
IF_FG	-0,44	-0,04	57,28	2,52
FC_SB	-72,53	-10,77	-19,36	-1,20
Sav_arbo	-6,76	-0,58	-40,43	-2,88
Sav_arbu	118,49	6,51	-0,40	-0,02
Sav_herb	-66,54	-9,12	82,29	3,34

T : Taux moyen d'expansion spatiale annuel ; Tc : Taux de conversion.

Intensités et vitesses des changements par unité d'occupation du sol entre 1988, 2000 et 2018

À partir de la matrice de transition, l'intensité et la vitesse d'évolution de chaque catégorie d'occupation ont été calculées. Les changements entre les catégories d'occupation du sol se sont opérés au PNC de façon différentielle sur le plan spatial. Dans chaque catégorie, des zones

de perte et de gain ont été observées et occupent chacune des proportions différentes (Tableau 6 et 7). L'intensité du changement des unités d'occupation du sol varie d'une période à l'autre. Il en découle qu'entre 1988 et 2000, 38,38 % des types d'occupation du sol sont restés stables pendant que les mutations affectent 61,62 % des formations (Tableau 6). Par ailleurs, la vulnérabilité aux changements a été très variable d'un type d'occupation du sol à un autre. Au cours de la période de 2000 à 2018, l'ensemble des types d'occupation du sol ont connu un taux de stabilité de 57,96 % et un taux de perte de 42,04 % équivalent au taux de gain (Tableau 7).

Il ressort qu'entre 1988 et 2000, les formations végétales comme les îlots forestiers et forêts galeries, les forêts claires et les savanes boisées, les savanes arborées et les savanes herbeuses ont perdu des superficies au profit des savanes arbustives. La catégorie dont la balance est la plus élevée est celle des savanes arborées (26,50 %). Ici, les pertes des savanes arborées sont plus élevées que les gains

pour l'essentiel. Bien qu'elle ait gagné une superficie de 13,25 %, l'essentiel de la dynamique spatio-temporelle observée dans cette classe consiste en un changement de localisation des unités d'occupation de ladite classe. Des superficies sont perdues en un endroit pendant que d'autres sont gagnées ailleurs. Les savanes arbustives ont connu une extension de 39,75 %, dont un changement total plus élevé. Entre 2000 et 2018, les formations végétales comme les savanes arborées et les savanes arbustives ont perdu des superficies au profit des autres formations. La catégorie dont la balance est la plus élevée est celle des savanes arbustives (31,78 %). Ici, pertes et gains des savanes arbustives s'équilibrent pour l'essentiel. Ce qu'elles ont perdu à un endroit, elles l'ont gagné ailleurs. Les îlots forestiers et forêts galeries, les forêts claires et les savanes boisées et les savanes herbeuses ont connu une extension de leur superficie.

Durant la période de 1988 à 2000, la classe des forêts claires et les savanes boisées et celle des savanes arbustives sont les catégories d'occupation du sol au niveau desquelles le changement a été le plus significatif dans le PNC. Ces deux classes ont enregistré respectivement 21,50 % de pertes contre 2,81 % de gains et 39,75 % de gains contre 5,62 % de pertes. Ensuite de 2000 à 2018, les changements significatifs ont été observés au niveau des savanes

arbustives avec 16,13 % de pertes contre 15,89 % de gains et les savanes arborées avec 15,05 % de pertes contre 7,72 % de gains. Les îlots forestiers et les forêts galeries constituent les catégories d'occupation du sol ayant connu plus de changement avec un gain de 4,3 % et un taux faible de pertes de 0,88 % (Figure 4). Toutes les unités d'occupation du sol n'ont pas connu les mêmes changements en termes de perte et de gain sur les deux périodes.

Les intensités des changements opérés au niveau des différentes unités d'occupation du sol du PNC sont en majorité rapide ou active à l'exception des îlots forestiers et forêts galeries, et savanes arborées qui connaissent un changement lent ou dormant (entre 1988 et 2000). Par contre, entre 2000 et 2018, les îlots forestiers et forêts galeries, les savanes arbustives et les savanes herbeuses ont connu un changement rapide ou actif par rapport aux forêts claires, aux savanes boisées, et savanes arborées qui ont connu un changement lent ou dormant.

Sur les périodes d'étude (1988 à 2000 et 2000 à 2018), la vitesse moyenne de changement demeure la même (14,29 %) soit une transformation de 1653,29 ha par année (Tableau 8).

Cependant, les savanes arbustives ont eu une vitesse très rapide (50 %) en termes de gain entre 1988 à 2000 (Tableau 8).

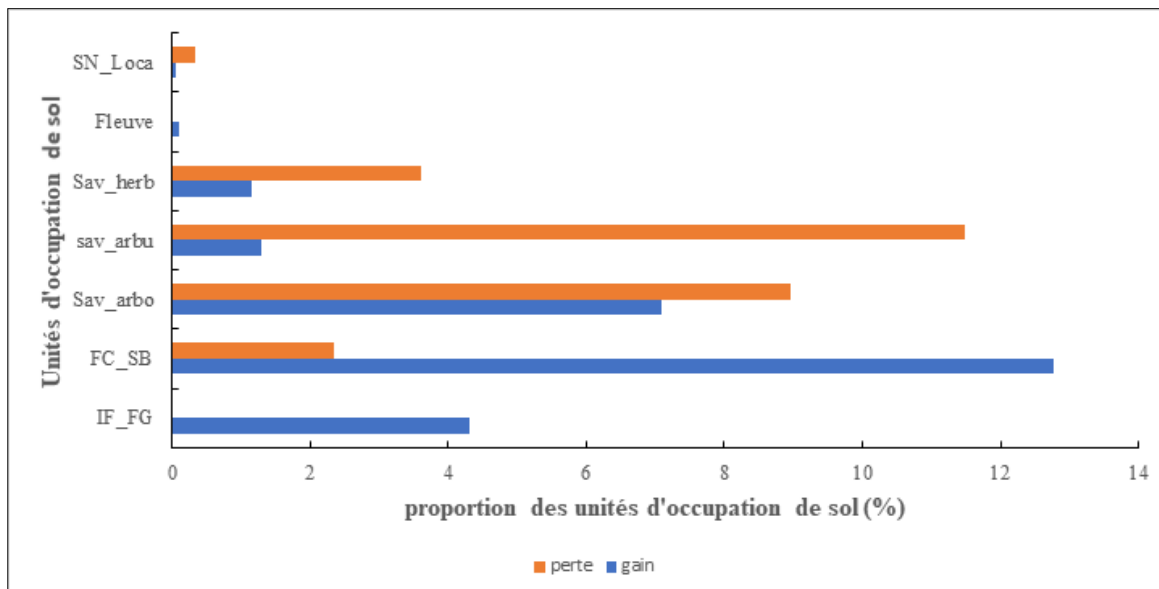


Figure 4 : Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation du sol entre 1988 et 2018

Légende : IF_FG : Ilot forestier et Forêt galerie ; FC_SB : forêt claire et savane boisée ; Sav_arbo : Savane arborée ; Sav_arbu : savane arbustive ; Sav_herb : savane herbeuse ; SN_Loca : Sol nu et localité,

Tableau 6 : Superficies perdues et gagnées entre 1988 et 2000 en pourcentage

	Perte (%)	Gain (%)	Stabilité (%)	Change Net (%)	Change Total (%)	Balance (%)
IF_FG	1,69	1,67	4,60	0,02	3,36	3,34
FC_SB	21,50	2,81	4,26	18,69	24,31	5,62
Sav_arbo	14,56	13,25	4,88	1,31	27,81	26,50
Sav_arbu	5,62	39,75	23,17	34,13	45,37	11,25
Sav_herb	14,28	3,86	1,38	10,42	18,14	7,72
Fleuve	0,29	0,23	0,03	0,06	0,52	0,46
SN_Loca	3,67	0,05	0,06	3,62	3,72	0,10
Totaux	61,61	61,62	38,38			

Tableau 7 : Superficies perdues et gagnées entre 2000 et 2018 en pourcentage

	Gains (%)	Pertes (%)	Stables (%)	Change Net (%)	Change Total (%)	Balance (%)
IF_FG	4,47	0,88	5,38	3,59	5,35	1,76
FC_SB	4,22	5,59	1,48	1,37	9,81	8,44
Sav_arbo	7,72	15,05	3,08	7,33	22,77	15,44
Sav_arbu	15,89	16,13	46,8	0,24	32,02	31,78
Sav_herb	8,42	4,09	1,15	4,33	12,51	8,18
Fleuve	0,07	0,22	0,04	0,15	0,29	0,14
SN_Loca	1,25	0,08	0,03	1,17	1,33	0,16
	42,04	42,04	57,96			

IF_FG : Ilot forestier et Forêt galerie ; FC_SB : forêt claire et savane boisée ; Sav_arbo : Savane arborée ; Sav_arbu : savane arbustive ; Sav_herb : savane herbeuse ; SN_Loca : Sol nu et localité.

Tableau 8 : Vitesse d'évolution des classes d'occupation de sol

	Δs (1988 - 2000)	Δs (2000 - 2018)
IF_FG	0,04	19,78
FC_SB	27,38	7,56
Sav_arbo	1,93	40,45
Sav_arbu	50,00	1,40
Sav_herb	15,26	23,79
Fleuve	0,09	0,59
SN_Loca	5,31	6,43
Vitesse moyenne	14,29	14,29

Δs = Vitesse d'évolution ; IF_FG : Ilot forestier et Forêt galerie ; FC_SB : forêt claire et savane boisée ; Sav_arbo : Savane arborée ; Sav_arbu : savane arbustive ; Sav_herb : Savane herbeuse ; SN_Loca : Sol nu et localité.

Discussion

Les couverts végétaux sont soumis à des dynamiques sous l'effet de facteurs aussi bien naturels qu'anthropiques. Ces dynamiques aboutissent à des changements du taux de recouvrement de la végétation, de la structure et de la composition du paysage. C'est pourquoi l'étude de la dynamique végétale exige une combinaison de méthodes (Kouakou *et al.*, 2017) d'où l'approche méthodologique de la

télédétection adoptée au cours de cette étude. En effet, la télédétection propose avec une très grande précision des diagnostics ainsi que des analyses diachroniques pour expliquer l'évolution des formations végétales. C'est ce qui explique que de nombreuses études portant sur l'analyse de la dynamique des écosystèmes des aires protégées ont utilisé des techniques de Télédétection et des SIG (Zakari *et al.*, 2018 ; Toko, 2013 ; Toko *et al.*,

2010). Les résultats de notre étude confirment l'intérêt de l'utilisation de la télédétection dans les études de la dynamique des formations végétales. Ces résultats concordent avec ceux des travaux de plusieurs chercheurs qui ont démontré que l'utilisation de la Télédétection, des SIG et des données géospatiales est indispensable pour la cartographie de la végétation, de l'occupation des terres et le suivi des écosystèmes (Toko, 2014 ; Maman *et al.*, 2011).

La classification supervisée des images satellitaires a permis d'établir des cartes d'occupation du sol et d'analyser la dynamique du paysage du Parc national de la Comoé (PNC). L'évaluation de la précision de ces cartes a été faite par les méthodes généralement utilisées que sont la matrice de confusion, la précision globale et l'indice de Kappa (Pontius, 2000). Étant donné la complexité du paysage soudanais, les bonnes valeurs de ces indices dans le cadre de notre étude s'expliquent par la qualité des images, le choix des classes thématiques et des zones d'entraînement (Maàrouhi *et al.*, 2011 ; Soulama *et al.*, 2015). En d'autres termes, dans le cadre de cette étude, les images ont été choisies de telle sorte à éviter la confusion entre les milieux anthropisés et la végétation naturelle d'une part et d'autre part entre la végétation et les feux de brousse qui réfléchissent dans le proche infrarouge et provoquent des confusions de classes (Diallo *et al.*, 2011 ; Mama *et al.*, 2013). On peut conclure que les résultats de cette analyse sont statistiquement acceptables, car selon Pontius (2000), les résultats d'une analyse d'image dont la valeur de Kappa est supérieure à 0,50 (50 %) sont bons et exploitables. Dans le cas de cette étude, toutes les classes d'occupation du sol ont obtenu des indices de Kappa supérieurs à 80 %, ce qui traduit un accord presque parfait pour la qualité de l'interprétation des images. Kouassi *et al.* (2014) ont également obtenu des résultats statistiques semblables lors de leur étude sur la typologie de la végétation de la partie sud du PNC. Par ailleurs, d'autres travaux réalisés dans les zones soudanaises ont aussi abouti à des résultats similaires (Mama *et al.*, 2013 ; Mamane *et al.*, 2018).

La cartographie de l'occupation du sol du PNC a permis de distinguer cinq classes de formations végétales : à savoir les *îlots forestiers et forêts galeries*, les *forêts claires et les savanes boisées*, les *savanes arborées*, les *savanes arbustives* et les *savanes herbeuses*. Ces différents types de végétation, tels que définis par la nomenclature de Yangambi,

sont visibles et bien reconnaissables sur le terrain au Parc national de la Comoé. Il est bien admis que la définition de classes d'occupation du sol lors de la classification des images a un impact sur les proportions de ces classes dans le paysage (Mama *et al.*, 2013). Cependant, de toutes les études réalisées sur l'occupation de sol du PNC, ces classes d'occupation du sol n'ont jamais été l'objet d'une discussion inclusive et d'une clarification terminologique avant leur choix pour la production d'une carte de végétation (Schweter, 2016). Ce fait justifie en partie les écarts de superficie liés à la présence ou à l'absence de certaines catégories d'occupation du sol. Par exemple, Kouassi *et al.* (2014) et Schweter (2016) ont défini chacun cinq catégories de formation végétale au PNC. Cependant, l'on note des différences dans les dénominations des catégories d'occupation du sol. Ces auteurs n'ont pu distinguer les forêts claires des savanes boisées ; toutefois, ils ont pu faire une discrimination entre les îlots forestiers et les forêts galeries. Dans le cadre de nos travaux, nous avons pu définir les catégories clés telles que *forêt claire et savane boisée* mais n'avons pas fait la distinction entre *îlot forestier et forêt galerie*.

Ces différences dans la définition des classes pourraient également s'expliquer, d'une part, par les effets du passage du feu pendant la saison sèche et d'autre part par la méthode de combinaison des bandes spectrales notamment dans la composition colorée. En effet, après le passage du feu, les différents états de végétation rendent difficile la classification des images satellitaires avec des méthodes automatisées. Les feux de brousse réfléchissent dans le proche infrarouge et ressortent en noir sur la composition colorée. Ils affectent la plupart des types de formations végétales qu'ils parcourent rendant souvent complexe la discrimination entre les classes de végétation. Ces mêmes difficultés ont été signalées par d'autres auteurs (N'Guessan *et al.*, 2006 ; Diallo *et al.*, 2011). En dehors des zones d'influence du feu, il peut aussi exister parfois des similarités entre les réponses spectrales de différentes formations végétales. Cela entraîne souvent une confusion entre les réponses spectrales des différentes formations végétales causant des erreurs de classification. Dans la méthode de combinaison des bandes spectrales en télédétection, la réponse spectrale de la végétation est caractérisée par une faible réflectance dans le rouge et une réflectance plus élevée dans le proche infrarouge (Dusseux, 2014). Ainsi, plus la couverture végétale est dense, plus la réflectance est élevée dans le

proche infrarouge et faible dans le rouge. Par conséquent, une bonne discrimination des classes de végétation dépend de la composition colorée utilisée (Kouakou *et al.*, 2017). Dans la présente étude, la composition colorée « fausse couleur » a été obtenue en combinant les bandes du proche infrarouge, du vert et du rouge (composition 5/3/4) pour l'image de 2018. En revanche, Kouassi *et al.* (2014) ont utilisé une composition colorée combinant les bandes du proche infrarouge, du moyen infrarouge et du rouge (composition 4/5/3) et comme algorithme de classification, celui du maximum de vraisemblance. C'est pour éviter toute confusion dans la réponse spectrale que les classes îlots forestiers et des forêts galeries ont été groupées dans la présente étude.

L'analyse du changement survenu en 1988, 2000 et 2018 montre différents résultats. Entre 1988 et 2000, les îlots forestiers et forêts galeries, les forêts claires et les savanes boisées, les savanes arborées et herbeuses ont connu une régression de leur superficie au profit des savanes arbustives. Ces résultats sont identiques à d'autres études sur la cartographie de la dynamique de la végétation du PNC effectuées dans le même contexte, dont celle de Kouassi *et al.* (2014) qui indiquait une régression des surfaces forestières. Entre 2000 et 2018, les analyses des formations végétales ont révélé que les savanes arborées et arbustives du PNC ont connu une régression de leur superficie au profit des îlots forestiers et forêts galeries, les forêts claires et les savanes boisées ainsi que les savanes herbeuses. Nos résultats contredisent certaines études comme celle de Kouassi *et al.* (2014) sur la cartographie de la dynamique de la végétation du PNC effectué dans le même contexte, qui indiquait une diminution des surfaces forestières au profit des savanes. Toutefois, leurs travaux ont porté uniquement sur le sud du Parc national de la Comoé, ne permettant donc pas d'expliquer la dynamique sur toute l'étendue du parc. À cet effet, certaines études réalisées dans les zones soudaniennes et soudano-guinéennes telle que celles de Kountangni *et al.*, (2019) ont révélé un taux de diminution moyen annuel des forêts denses sèches et des galeries forestières estimées à 2,8 %. La même tendance est notée dans plusieurs pays d'Afrique de l'ouest, notamment au Mali (Diallo *et al.*, 2011), en Côte d'Ivoire (Kouassi *et al.*, 2012) et au Bénin (Mama *et al.*, 2013) où il a été montré que les formations denses, particulièrement les forêts denses sèches et les forêts claires, sont les plus affectées par les activités anthropiques et les dérégulations climatiques. Dans notre étude, cette

tendance de régression et de progression des formations végétales pourrait s'expliquer par les mauvaises pratiques des feux d'aménagement. En effet, selon Aubréville (1953), la dynamique de la végétation ligneuse des savanes est fonction des régimes de feux pratiqués. Ainsi, ses résultats ont révélé une reconversion des savanes protégées des feux en formation forestière et l'évolution vers une savane des savanes boisées exposées aux feux tardifs. Il faut souligner qu'en dépit des efforts consentis par les gestionnaires de cette aire protégée, les mises à feu pendant les saisons sèches échappent encore à leur contrôle. En conséquence, les feux interviennent à des moments, le plus souvent, non appropriés. Selon MINEF (2016), en absence de feux, les formations savaniques ont tendance à être remplacées par d'autres peuplements plus denses.

Rappelons que le secteur sub-soudanais (guinéo-soudanais) au sud du parc abrite en grande partie des îlots forestiers et forêts galeries pendant que le secteur soudanais au nord est dominé par les formations de savane. À cet effet, les images satellites révèlent une bande de savanes arborées, savanes boisées et forêts claires à l'intérieur de la limite du parc au nord-est, qui semble être le résultat d'une faible pression des feux. D'autres observations sur le terrain confirment la dynamique de la savane arbustive en cas d'absence de pression de feux. C'est le cas d'une partie de savane arbustive au sud du parc qui n'a pas été soumis au feu pendant deux saisons sèches consécutives, selon les populations riveraines. Ces sites montrent une régénération importante des plantes ligneuses au détriment du couvert herbacé. Ce même constat a été fait par Schweter (2016) qui a montré une augmentation relative de la savane arborée au détriment de la savane arbustive, lors de sa classification des images de 2004. Ces observations ont également été faites par Soulama *et al.* (2015) dans la réserve partielle de faune de Pama au Burkina Faso. Ces auteurs ont montré que la végétation du Pama connaît une amélioration du couvert végétal dominée par les recrûs forestiers.

Entre 1988 et 2018, les savanes arbustives et les savanes arborées ont eu la plus grande vitesse de changement. Il a été enregistré pour ces deux formations respectivement des pertes de 50% entre 1988 et 2000, et 40,45 % entre 2000 et 2018. En effet, sur les images satellitaires, l'on observe dans le sens nord-est une gradation de la végétation entre les savanes arbustives, les savanes arborées

et les forêts. Avec les vents provenant du nord-est pendant les saisons sèches (Schweter, 2016), il paraît probable que les feux à l'intérieur du Parc national de la Comoé se propagent plutôt vers le sud et sud-ouest que vers le nord et nord-est. Par ailleurs, Kanga (2015) a constaté une plus longue saison sèche dans la zone d'étude du fait d'un changement climatique, d'où une propagation de tous les régimes de feu vers le sud et au sud-ouest du parc. Les formations végétales dans le nord et le nord-est sont donc moins exposés aux feux. Le fait que les savanes arbustives et les savanes arborées occupent une grande superficie dans ces parties du parc pourrait justifier cette grande vitesse de changement de ces formations.

D'autre part, la variation de la dynamique de végétation du PNC pourrait aussi être expliquée

par une hypothèse de l'effet péjoratif de la variabilité climatique. En effet, plusieurs auteurs, dont Diallo *et al.* (2011) et Kouassi *et al.* (2012) affirment que depuis la fin des années 1970, la récession pluviométrique est observée en Afrique de l'Ouest. Ces auteurs ont montré que les effets de la sécheresse en milieu de savane, sont observés à travers les variations de la couverture ligneuse qui sont très indicatrices des changements climatiques à l'échelle locale. D'autre part, Soulama *et al.* (2015) ont montré une augmentation de la pluviométrie entre les années 2009 à 2014 dans la zone soudanaise, ce qui a favorisé une reprise considérable de la couverture végétale des ligneux. Ces changements de la pluviométrie pourraient contribuer à expliquer l'état de modification de la végétation dans le PNC.

Conclusion

La présente étude a permis dans un premier temps de cartographier l'occupation du sol de toute l'étendue du Parc national de la Comoé et ensuite d'analyser les changements spatio-temporels intervenus dans la végétation du parc entre 1988, 2000 et 2018. L'analyse cartographique de ces changements a révélé que les formations végétales ont connu de profondes modifications physiologiques. Les îlots forestiers et forêts galeries et surtout les forêts claires et les savanes boisées ont connu une diminution de leur superficie entre 1988 et 2000 et une augmentation de leur superficie entre 2000 et 2018. Par contre, les savanes arbustives ont connu une progression rapide entre 1988 et 2000 puis une régression de sa superficie entre 2000 et 2018. Quant aux savanes arborées, elles ont connu une diminution continue de leur superficie entre les deux périodes d'étude. Les savanes arborées et les savanes arbustives sont les classes qui ont connu le plus de changements durant toutes les périodes de l'étude. Ces changements s'expliqueraient par une

gestion incontrôlée des régimes de feu et l'effet péjoratif du changement climatique. La baisse des formations savaniques et le changement du couvert végétal menacent sérieusement la biodiversité originelle. En effet, étant préservé des effets néfastes de l'agriculture, le Parc national de la Comoé a néanmoins ses formations naturelles qui ont subi, au cours de ces trente dernières années, des modifications importantes. Cette transformation des formations végétales a des impacts négatifs sur la biodiversité.

La tendance générale du parc est cependant à un renforcement perceptible du boisement des formations savaniques. Il importe donc de prendre des mesures éclairées pour une gestion intégrée de la végétation. Aussi, des outils d'aide à la décision seront alors incontournables pour effectuer les meilleurs choix en matière de gestion de la végétation dans le but de simuler les évolutions futures de l'occupation de sol afin d'anticiper le changement du couvert végétal.

Références bibliographiques

- Agbanou BT, Orekan V, Djafarou A, Paegelow M, Tente B. 2018.** Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol en zone d'agriculture extensive : cas du secteur natitingou-boukoumbe au nord-ouest du Bénin. Mélanges en hommage aux professeurs Thomas Omer, Houssou Sègè Christophe et Houndaga Cossi Jean. La géographie au service du développement durable, Sep 2018, Abomey-Calavi, Bénin. hal-02092545 pp.22-34.
- Aldwaik S, Pontius RG. 2012.** Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. *Landscape and Urban Planning*, 106 :103-114.
- Arouna O. 2012.** Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat FLASH/UAC, 246 p.
- Arouna O, Etene CG, Issiako D. 2016.** Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 108 : 10531-10542.
- Aubréville A. 1953.** Les expériences de reconstitution de la savane boisée en Côte-d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 32 : 4-10.
- Aubréville A. 1957.** Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation. *Bois et Forêts des Tropiques*, 51 : 23-27.
- Bond WJ, Parr CL. 2010.** Beyond the forest edge: Ecology, diversity and conservation of the grassy biomes. *Biological conservation*, 143: 2395-2404.
- Brunelle A, Minckley TA, Delgadillo J, Blissett S. 2013.** A long-term perspective on woody plant encroachment in the desert southwest, New Mexico, USA. *Journal of Vegetation Science*, doi: 10.1111/jvs.12125
- Buitenwerf R, Bond WJ, Stevens N, Trollope WSW. 2012.** Increased tree densities in South African savannahs; 50 years of data suggests CO₂ as a driver. *Global Change Biology*, 18 : 675-684.
- Coulbaly L, Kouassi KH, Soro GE, Savane I. 2016.** Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection : Cas du département de Ferkessédougou. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17: 136-143.
- Daoudi M, Salmon M, Dewitte O, Gerard P, Abdellaoui A, Ozer A. 2009.** Prédiction de l'érosion ravinante en Algérie : vers une nouvelle approche probabiliste à l'aide des données multisources. Journées d'Animation Scientifique de l'AUF, 7 p.
- Demers-Lemay M. 2014.** Le potentiel de la restauration écologique face à la colonisation des savanes par les espèces ligneuses. Rapport d'essai, 89p.
- Diallo H, Bamba I, Barima YSS, Visser M, Ballo A, Mama A, Vranken I, Maïga M, Bogaert J. 2011.** Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la végétation d'une zone protégée du Mali (Réserve de Fina, Boucle du Baoulé). *Sècheresse*, 22 : 97-107
- Dusseux P. 2014.** Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole. Thèse de doctorat, l'Université de Rennes, 283p.
- Estell RE, Havstad KM, Cibils AF, Fredrickson EL, Anderson DM, Schrader TS, James DK. 2012.** Increasing shrub use by livestock in a world with less grass. *Rangeland Ecology et Management*, 65 : 553-562.
- Girard MC, Girard CM. 1999.** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 p.
- Goetze D, Horsch B, Porembski S. 2006.** Dynamics of forest-savanna mosaics in north-eastern Ivory Coast from 1954 to 2002. *Journal of Biogeography* 33 : 653-664.
- Guillaumet L, Adjanohoun E. 1971.** La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM*, 50 : 57-266.
- Houinato M, Sinsine B, Lejoly J. 2001.** Impact des feux de brousse sur la dynamique des communautés végétales dans la forêt de Bassila (Bénin). *Acta Botanica Gallica*, 148 : 237-251.
- Issiaka NT, Arouna O, Imorou IT. 2016.** Cartographie De La Dynamique Spatio-Temporelle Des Parcours Naturels Des Troupeaux Transhumants Dans Les Communes De Banikoara Et De Karimama Au Bénin (Afrique De L'ouest). *European Scientific Journal*, 12 : 1857 - 1881.

- Jofack SVC, Kouamé FK, Dibi N'da H, Tankoano B, Akpa YL, Ngounou NB. 2016.** Cartographie de l'occupation de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI. *International Journal of Innovation and Scientific Research*. 23: 443-454
- Kabba STV, Li J. 2011.** Analysis of land use and land cover changes, and their ecological implication in Wuhan, China. *Journal of Geography and Geology*, 3 :104-118.
- Kanga KHM. 2015 :** Sécheresse et vulnérabilité socio-spatiale dans le quart nord-est de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire. 310p.
- Kouadio BH. 2006.** Apport de la télédétection et d'un système d'information géographique (sig) à la gestion intégrée et participative des aires protégées en Côte d'Ivoire : application au Parc national de Comoé (réserve de biosphère). Rapport d'étude, 60p.
- Kouakou ATM, Barima YSS, Konaté S, Bamba I, Kouadio YJ, Bogaert J. 2017.** Gestion des forêts domaniales en période de conflits : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1) : 333-349.
- Kouassi AM, Kouamé KF, Ahoussi KE, Oularé S, Biemi J. 2012.** Impacts conjugués des changements climatiques et des pressions anthropiques sur les modifications de la couverture végétale dans le bassin versant du N'zi-Bandama (Côte d'Ivoire). *Revue. Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 20: 124 - 146
- Kouassi KE, Sangne YC, Dibi N'H. 2014.** Typologie de La végétation par une approche de signature spectrale dans le sud du Parc National de La Comoé (Nord-Est Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*. 10 (36) : 1857– 7881
- Koulibaly AV. 2008.** Caractéristiques de la végétation et dynamique de la régénération, sous l'influence de l'utilisation des terres, dans des mosaïques forêts-savanes, des régions de la réserve de Lamto et du Parc National de la Comoé, en Côte d'Ivoire. Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan. 151p.
- Kountangni MG, Yabi I, Toko Imorou I. 2019.** Cartographie de la dynamique environnementale sur les parcours naturels des troupeaux bovins dans la Commune de Savalou au Bénin. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, 12 : 35-47.
- 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 de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 227 p.
- Kpedenou DK, Drabo O, Ouoba PA, Da CED, Tchamie TTK. 2017.** Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire Ouatchi au Sud-Est Togo entre 1958 et 2015. *Cahiers du cerleshs*, 55 :203-227
- Leboeuf A, Paquet A. 2013.** Guide d'interprétation des mosaïques d'images satellitaires Landsat. Secteur des Forêts, Ministère des Ressources naturelles, Québec. 22 p.
- Maârouhi IM, Mahamane A, Saadou M, Bachmann Y. 2011.** Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest). *Sécheresse*, 22 : 97-107
- Mama A, Sinsin B, De Cannière C, Bogaert J. 2013.** Anthropisation et dynamisation des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *TROPICULTURA*, 31 (1): 78-88.
- Maman MI, Mahamane A, Mbow C, Saadou M, Bachmann Y. 2011.** Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le Parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest). *Sécheresse*. 22 : 108-16.
- Mamane B, Amadou G, Barage M, Comby J, Ambouta JMK. 2018.** Dynamique spatiotemporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (4): 1667-1687
- MINEF. 2016.** Campagne Nationale de Lutte Contre les feux de Brousse Edition 2016–2017. Available online: <http://www.eauxetforets.gouv.ci/index.php/le-minef/actualites/a-la-une/514-campagne-nationale-de-lutte-contre-les-feux-de-brousse-edition-2016-2017>.
- N'Guessan E, Dibi NH, Bellan, MF, Blasco F. 2006.** Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte-d'Ivoire : apport de la télédétection. *Télédétection*, Vol.5., n°4, p.307-323.
- N'Guessan KE. 2009.** Projet d'élaboration d'une base de données numérique sur la flore et la végétation du parc national de la Comoé, au nord-est de la Côte d'Ivoire. 37p.

- OIPR, 2015.** Plan d'aménagement et de gestion du Parc national de la Comoé : Site du Patrimoine mondial et d'une Réserve de biosphère 2015 - 2024. Rapport, 116p.
- Oloukoi J, Mama VJ, Agbo FB. 2007.** Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Téléédétection*, 6 : 305-323.
- Oszwald J. 2005.** Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) : Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille, France. 304 p.
- Parr CL, Gray EF, Bond WJ. 2012.** Cascading biodiversity and functional consequences of a global change-induced biome switch. *Diversity Distribution*, 18 : 493-503.
- Pontius RG. 2000.** Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66 (8): 1011-1016.
- Schweter M. 2016.** Mission d'appui à l'interprétation des images satellites pour le Parc national de la Comoé. OIPR GIZ, 43 p.
- Soulama S, Kadeba A, Nacoulma MIB, Traoré S, Bachmann Y, Thiombiano A. 2015.** Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique. *Journal of Applied Biosciences*. 87 :8047- 8064
- Toko I, Arouna O, Sinsin B. 2010.** Cartographie des changements spatio-temporels de l'occupation du sol de la forêt classée de l'Alibori Supérieur au Nord-Bénin, *BenGéo*. 7: 22-39.
- Toko II. 2013.** Dynamique des formations végétales de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord-Bénin, *BenGéo*.13 : 18-35.
- Toko I. 2014.** Facteurs déterminants de la fragmentation des écosystèmes forestiers : cas des îlots de forêts denses sèches de la forêt classée des Monts Kouffé et de sa périphérie au Bénin. Thèse de Doctorat, EDP/FLASH/UAC : Abomey-Calavi, Bénin, 221 p.
- Wiederkehr E. 2013.** Apports de la géomatique pour une caractérisation physique multi-échelle des réseaux hydrographiques : Élaboration d'indicateurs appliqués au bassin du Rhône. Thèse de doctorat, Université de Lyon, Lyon, France. 287 p.
- Zakari S, Toko II, Omer ABT, Mama D, Arouna O. 2018.** Application de la télédétection et du Sig au suivi des formations végétales de la forêt classée des trois rivières au Nord-Est Du Bénin. *European Scientific Journal*, 14 : 1857 – 7881.

Diversité et estimation de la biomasse des arbres d'alignement de la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)

Diversity and biomass estimation of the alignment trees of the city of Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)

Nomel GJR • Kouassi RH • Ambe ASA • Mada D • N'guessan KE

Received: 20 May 2020 / Accepted: 03 August 2020 / Published online: 01 March 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé Cette étude réalisée dans la ville de Yamoussoukro a pour but d'évaluer la diversité et la biomasse des arbres d'alignement afin de montrer leur importance dans le tissu urbain de cette ville. Pour atteindre notre but, un inventaire a été fait à partir de la méthode des relevés itinérants sur toutes les voies. Pour chaque individu, la circonférence, la hauteur et les coordonnées géographiques ont été relevées. La biomasse des individus a été estimée à partir des équations allométriques adaptées au milieu urbain. Les analyses ont permis de dénombrer 6499 individus dont 5334 individus ayant un diamètre à hauteur de poitrine $\geq 2,5$ cm. Ils représentent 40 espèces réparties en 34 genres et 23 familles. La biomasse totale de ces arbres d'alignement est estimée à 6052,77 t soit un stock de carbone de 3026,38 t. *Terminalia mantaly* H. Perrier avec 1305 individus (24,5 %) est l'espèce végétale la plus prépondérante avec une biomasse de 2375,19 t. Les résultats acquis informent sur la diversité et le rôle compensatoire des arbres urbains dans la séquestration du dioxyde de carbone provenant des activités humaines. Ces informations issues des conclusions de cette étude constituent une raison nécessaire pour le maintien des arbres d'alignement dans la ville de Yamoussoukro d'une part et pour leur développement dans les autres villes de la Côte d'Ivoire qui en sont dépourvues d'autre part.

Mots clés : Arbres d'alignement, Diversité, Biomasse, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

Abstract This study carried out in the city of Yamoussoukro aims to assess the diversity and biomass of alignment trees in order to show their importance in the urban fabric of this city. To reach our goal, an inventory was made using the method of itinerant surveys on all roads. For each individual tree, the circumference, height and geographic coordinates were noted. The biomass of individuals was estimated from allometric equations adapted to the urban environment. The analyzes made it possible to count 6499 individuals including 5334 individuals with a diameter of breast height ≥ 2.5 cm. They represent 40 species divided into 34 genera and 23 families. The total biomass of these alignment trees is estimated at 6,052.77 t, i.e. a carbon stock of 3,026.38 t. *Terminalia mantaly* H. Perrier with 1305 individuals (24.5%) is the most preponderant plant species with a biomass of 2375.19 t. The results acquired information on the diversity and compensatory role of urban trees in the sequestration of carbon dioxide from human activities. This information from the conclusions of this study is a necessary reason for maintaining the alignment trees in the city of Yamoussoukro and developing them in the other cities of the Côte d'Ivoire which do not have them.

Key words : Alignment trees, Diversity, Biomass, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

Nomel GJR • Mada D • N'guessan KE

Laboratoire des Milieux Naturels et de Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Kouassi RH • Ambe ASA

Laboratoire de Biologie Végétale, Département des Sciences et Technologies, École Normale Supérieure d'Abidjan, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.

Nomel GJR (✉)

Laboratoire des Milieux Naturels et de Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire. richard.nomel@yahoo.fr,

Introduction

Les arbres d'alignement sont des lignes simples ou doubles d'arbres forestiers plantés à intervalle régulier (Osseni, 2011). Ils sont plantés le plus souvent le long des allées, des routes, des boulevards, des avenues et des canaux (Houinso, 2009). Développée pour son rôle d'embellissement (Miller, 1997), cette formation végétale est très répandue en Europe et en Amérique.

Faisant partie des espaces verts au même titre que les jardins privés, les jardins publics, les espaces délaissés, etc., les arbres d'alignement jouent plusieurs rôles dont les rôles de barrières contre les vents violents ou chargés de poussières, de soulagement visuel et de séquestration du carbone (Kouassi *et al.*, 2019). Ce dernier est très important dans la lutte contre le réchauffement climatique d'une part et dans l'amélioration de la qualité de l'environnement urbain dont dépend la santé des citoyens d'autre part.

Malgré la contribution des arbres d'alignement au bien être des citoyens, ces formations végétales disparaissent peu à peu du paysage urbain partout dans le monde. La cause principale est

l'urbanisation. En effet, le développement des infrastructures routières, des bâtiments, etc., se font au détriment des plantations d'alignement (Kouadio *et al.*, 2016 ; Nomel *et al.*, 2017). Ainsi, les arbres d'alignement en contact permanent avec les citoyens, sont sans cesse agressés par ceux-ci. Les arbres d'alignement des villes en Côte d'Ivoire ne restent pas en marge de cette dégradation. Pour y remédier, plusieurs études ont vu le jour afin d'appréhender leur importance pour les citoyens. Il s'agit notamment de celles de Vroh *et al.* (2014), Kouadio *et al.* (2016), Nomel *et al.* (2017). Particulièrement dans la ville de Yamoussoukro, capitale politique, les arbres d'alignement fréquentés quotidiennement par la population, régressent drastiquement et rares sont les études qui leur sont consacrées. Ainsi, cette étude vise à montrer l'importance des arbres d'alignement de la ville de Yamoussoukro en vue de leur préservation. De manière spécifique, il s'agit d'évaluer la diversité végétale et d'estimer la biomasse végétale des arbres urbains pour en déduire le stock de carbone correspondant.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

L'étude a été conduite dans la ville de Yamoussoukro, capitale politique de la Côte d'Ivoire. Sa population en 2014 est estimée à 362 000 habitants, soit 1,6 % de la population nationale (RGPH, 2014). Le climat de la ville de Yamoussoukro est sous l'influence d'un climat de type tropical humide de transition caractérisé par 2 saisons. Une saison de pluie avec deux pics dont un grand pic atteint en juin et un petit pic atteint en septembre. Une saison sèche qui s'étend sur quatre mois de novembre à février. Appartenant à la zone de contact entre la savane et la forêt, la végétation de Yamoussoukro en milieu rural est constituée d'une mosaïque de forêts-savanes densément boisées entrecoupées de bosquets et d'îlots de forêts. La végétation urbaine rassemble des espaces verts et des arbres d'alignement. Ces derniers sont plantés le long des voies à intervalle régulier dans les différents quartiers à savoir Assabou, Dioulakro, Morofé, Millionnaire et N'Zuessi.

Collecte de données

Chaque voie bordée d'arbres d'alignement est considérée comme une plantation d'alignement. La surface estimée est celle sur laquelle s'étend la plantation sur chaque voie. Ainsi, à Dioulakro, nous avons 18 plantations d'alignement sur 4,57 ha. À Assabou, nous avons 11 plantations d'alignement sur 3,45 ha. À N'Zuessi, nous avons 14 plantations d'alignement sur 5,33 ha, à Morofé, 3 plantations d'alignement sur 0,77 ha et au Millionnaire, 10 plantations d'alignement sur 2,65 ha. Toutes les espèces ont été identifiées et relevées sur des fiches à partir d'un inventaire itinérant. Cette méthode a été utilisée par plusieurs auteurs durant leurs études (Vroh *et al.*, 2014 ; Kouadio *et al.*, 2016 ; Nomel *et al.*, 2019). La nomenclature adoptée est celle de l'APG IV (2016). Pour les espèces non identifiées, des échantillons ont été prélevés en vue de les identifier par comparaison avec l'Herbier du Centre Nationale de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët-Boigny. Au cours de l'inventaire, les circonférences des individus dont le DHP (diamètre

à hauteur de poitrine) est supérieur ou égal à 2,5 cm ont été mesurées à l'aide d'un ruban mètre. Les localisations géographiques de tous les arbres

d'alignements dans les quartiers sont indiquées sur la figure 1. Le choix de ces quartiers réside dans le fait qu'ils comportent des plantations d'alignement.

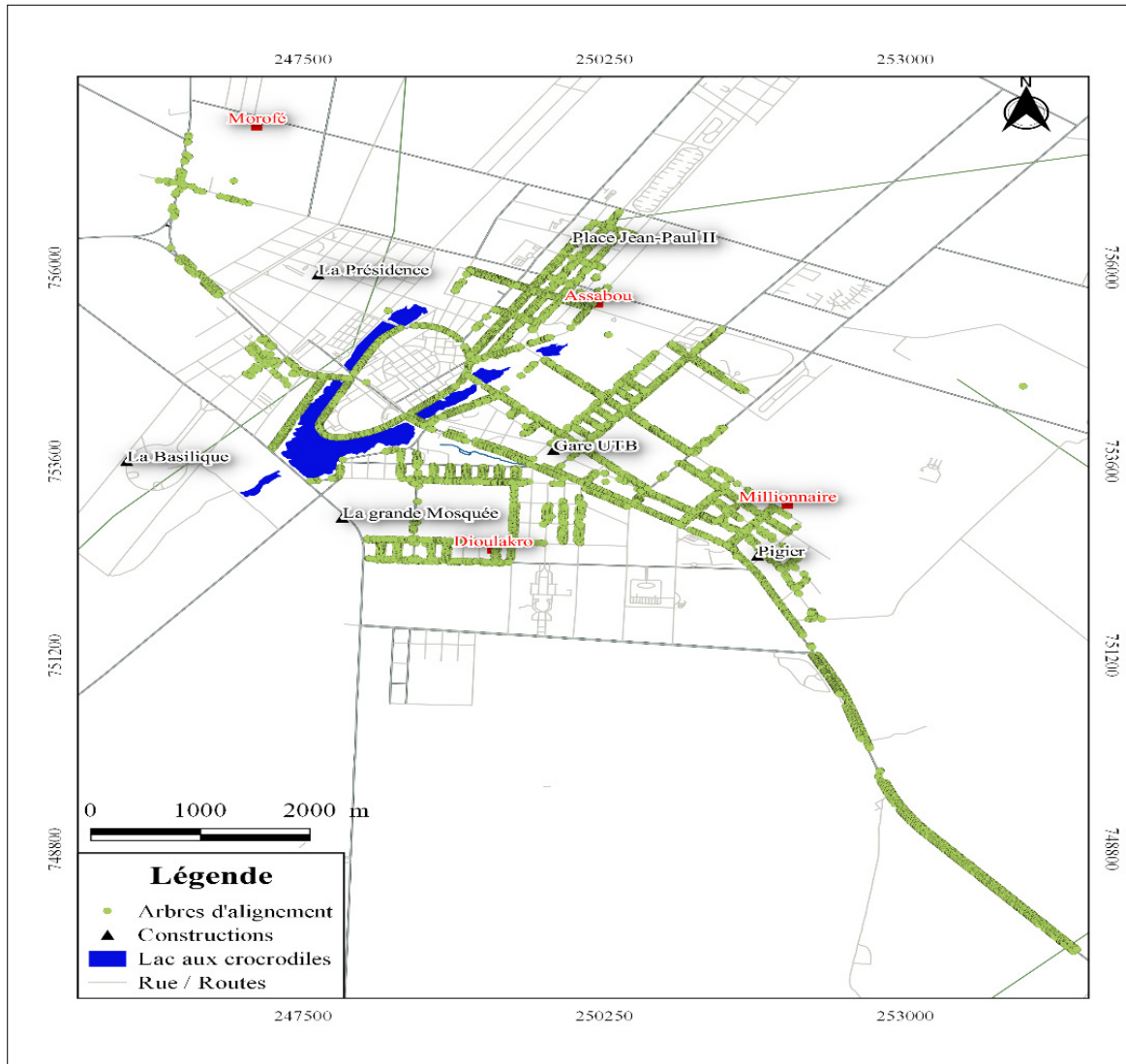


Figure 1 : Localisation des arbres d'alignement dans la ville de Yamoussoukro

Analyse des données

Pour chacune des espèces, la famille, le genre ont été déterminés à partir des listes de Aké-Assi (2001 ; 2002) en premier lieu. En second lieu, les types biologiques et phytogéographiques ont été déterminés à partir des travaux respectifs de Raunkier (1934) et White (1993). Une fois la liste floristique établie, la richesse floristique a été déterminée. Aussi, la biomasse végétale a-t-elle été estimée à partir des équations allométriques urbaines connues sous le nom UGES (Urban

General Equations) de Aguaron et McPherson, (2012). Ces équations se répartissent comme suit :

- (1) Biom (Feuillus) = $0,16155 \times DHP^{2,310647}$
- (2) Biom (Palmiers) = $1,282 \times (7,7H+4,5)$
- (3) Biom (Conifères) = $0,035702 \times DHP^{2,580671}$

Dans ces formules, Biom est la biomasse totale exprimée en t/ha, DHP est le Diamètre à Hauteur de Poitrine en cm et H est la hauteur de l'arbre en mètre. Le stock de carbone estimé est égal à 50 % de la biomasse végétale (GIEC, 2006).

Résultats

Richesse et composition floristique

Le nombre total d'individus recensés est de 6499 individus sur 57 plantations d'alignement. Parmi ceux-ci, on a 5334 individus ayant un DBH \geq 2,5 cm contre 1165 individus ayant un DHP $<$ 2,5 cm (Tableau 1). Tous ces individus sont repartis en 40 espèces, 34 genres et 23 familles. Les espèces les plus représentées sont *Terminalia mantaly* H. Perrier avec 1305 individus (24,5 %), *Azadirachta indica* A. Juss. avec 825 individus (15,5 %) et *Cocos nucifera* L. avec 716 individus (13,4 %). Le genre le plus important est le genre *Ficus*. La famille la plus importante est celle des Fabaceae avec 10 espèces soit 25 %. Ensuite, viennent les familles des Malvaceae, des Moraceae et des Myrtaceae avec 3 espèces chacune soit 7,5 %. Les microphanérophytes sont le type biologique le plus abondant avec 27 espèces soit 67,5 %. Les espèces exotiques sont le type chorologique le plus représenté avec 28 espèces soit 70 %.

Suivant les quartiers inventoriés, l'on note des variations.

Ainsi, dans le quartier Assabou, l'inventaire a permis de recenser 1525 individus dont 1492 ont un DHP \geq 2,5 cm (97,83 % des individus). Tous ces individus sont repartis en 25 espèces, 21 genres et 16 familles. Les espèces les plus représentatives sont *Cocos nucifera* avec 297 individus (19,45 % des individus), *Ficus benjamina* L. et *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer avec 274 individus chacune (17,96 % des individus de chaque espèce). Dans ce quartier, les Fabaceae avec 5 espèces (20 % des espèces) constituent la famille prépondérante (Tableau 1).

À Dioulakro, il a été recensé 1643 individus dont 1606 ayant un DHP \geq 2,5 cm (97,74 % des individus). Ces individus sont repartis en 11 espèces, 9 genres et 7 familles. Les espèces les plus représentées sont *Azadirachta indica* avec 544 individus (33,11 % des individus) et *Ficus polita* Vahl. avec 428 individus (26,04 % des individus).

La famille ayant le plus grand nombre d'espèces est la famille des Moraceae avec 3 espèces (27,2 % des espèces).

Dans le quartier Millionnaire, 650 individus ont été recensés dont 628 ayant un DHP \geq 2,5 cm (96,61 % des individus). Ils sont repartis en 23 espèces regroupées en 20 genres et 13 familles. Les espèces les plus représentées sont *Ficus benjamina* avec 155 individus (24,68 % des individus) et *Terminalia mantaly* avec 139 individus (22,13 % des individus). La famille des Fabaceae avec 8 espèces (34,78 % des espèces) est la plus prépondérante.

À Morofé, l'inventaire a permis de recenser 57 individus dont 54 ont un DHP \geq 2,5 cm (94,73 % des individus). Ces individus sont repartis entre 11 espèces, 10 genres et 7 familles. Les espèces les plus représentées sont *Adenanthera pavonina* L. avec 15 individus (26,31 % des individus), *Ficus polita*, *Piliostigma thonningii* (Schum.) Millne-Redhead et *Terminalia mantaly* avec 8 individus chacune (14,03 % des individus de chaque espèce). Les Fabaceae avec 3 espèces (27,27 % des espèces) sont la famille la plus prépondérante.

À N'Zuessi, l'inventaire a permis de recenser 1250 individus qui ont tous un DHP \geq 2,5 cm (100 % des individus). Ils sont repartis en 16 espèces, 14 genres et 11 familles. Les espèces les plus représentées sont *Terminalia mantaly* avec 834 individus (66,72 % des individus) et *Ficus polita* avec 113 individus (9,04 % des individus). Les Fabaceae avec 3 espèces sont les plus prépondérantes (18,75 % des espèces).

Sur la voie principale (reliant les 2 corridors Sud et Nord), 1373 individus ont été dénombrés dont 303 ont un DHP \geq 2,5 cm. Ces individus se répartissent en 4 espèces, 4 genres et 4 familles. Les espèces les plus représentées sont *Peltophorum pterocarpum* avec 150 individus (49,5 % des individus) et *Polyalthia longifolia* (Sonn.) Thwaites avec 97 individus (32 % des individus). Toutes les quatre familles sont représentées chacune par une espèce.

Tableau 1. Richesse et composition floristique des arbres d'alignement

	Assabou	Dioulakro	Millionnaire	Morofé	N'Zuessi	Voie principale	Total
Individus	1525	1643	650	58	1250	1373	6499
individus $\geq 2,5$ cm	1492	1606	628	55	1250	303	5334
Espèces	25	11	23	11	16	4	40
Genres	21	9	20	10	14	4	34
Familles	16	7	13	7	11	4	23
Microphanérophytes	17	7	15	6	10	3	27
Mésophanérophytes	4	1	4	1	3	0	6
Nanophanérophytes	1	2	1	1	2	1	3
Megaphanérophytes	2	1	2	2	1	0	3
Géophytes	1	0	0	0	0	0	1
GC	2	1	1	1	1	1	4
GC-SZ	3	1	4	3	2	3	7
I	20	9	16	6	13	0	28
SZ	0	0	1	0	0	0	1

GC : Taxon de la région Guinéo-Congolaise ; GC-SZ : Taxon de la zone de transition entre la région Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne ; i : Taxon introduit ; SZ : Taxon de la région Soudano-Zambézienne

Paramètres structuraux, biomasses et stocks de carbone des arbres d'alignement

Les 5334 individus dont le DHP $\geq 2,5$ cm donnent une densité de 318,06 tiges/ha. Suivant les quartiers, cette densité varie. Assabou enregistre la densité la plus élevée avec 432,46 tiges/ha. Elle est suivie de Dioulakro avec 351,42 tiges/ha. Par contre, Morofé a la plus faible densité avec 71,42 tiges/ha. L'aire basale de l'ensemble des arbres d'alignement est de 50,63 m²/ha. Suivant les quartiers, on note des variations. Elle est très élevée à Assabou avec une valeur de 87,94 m²/ha. Ensuite, vient N'Zuessi avec 49,92 m²/ha. Morofé a la plus faible aire basale avec 21,53 m²/ha (Tableau 2).

La biomasse végétale totale exprimée des arbres d'alignement de la ville de Yamoussoukro est 6052,77 t soit 359,98 t/ha ; ce qui correspond à un stock de carbone égal à 3026,38 t soit 179,99 t/ha (Tableau 2). Elle est très forte à Assabou avec 635,7 t/ha soit un stock de carbone qui est égale à 317,85 t/ha. Ensuite viennent N'Zuessi avec 361,16 t/ha soit un stock de carbone égale à 180,58 t/ha et Millionnaire avec 303,69 t/ha soit un stock de carbone égale à 151,84 t/ha. Dioulakro et Morofé ont les plus faibles biomasses avec respectivement 216,96 t/ha et 159,03 t/ha (Tableau 2). Les espèces les plus importantes en termes de biomasse sont *Terminalia mantaly* (141,63 t/ha), *Ficus benjamina* (57,53 t/ha) et *Azadirachta indica* (53,63 t/ha).

Tableau 2. Paramètres structuraux, Biomasses et Stocks de carbone des arbres d'alignement

Quartiers	Densités (tiges/ha)	Aires basales (m ² /ha)	Biomasses (t/ha)	Stocks de carbone (t/ha)
Assabou	432,46	87,94	635,7	317,85
Dioulakro	351,42	32,76	216,96	108,48
Millionnaire	236,98	42,75	303,69	151,84
Morofé	71,42	21,53	159,03	79,51
N'Zuessi	234,52	49,92	361,16	180,58

Discussion

Le nombre relativement élevé d'arbres est dû au fait que toutes les voies en sont pourvues. Cela est ressenti notamment au niveau de la densité. Ce nombre est supérieur à celui de Kouadio *et al.* (2016) sur les boulevards et avenues des communes de Cocody et du Plateau à Abidjan (Côte d'Ivoire) qui est de 705 individus. Cette différence pourrait s'expliquer par l'existence d'un plus grand nombre de voies pourvues d'arbres d'alignement à Yamoussoukro. En effet, à Yamoussoukro, nous avons plus de 50 voies qui sont bordées d'arbres d'alignement contre 13 voies qui en sont bordées dans les communes de Cocody et du Plateau. La densité élevée des arbres dans la ville de Yamoussoukro est due aussi à une volonté manifeste de la part des autorités locales de produire suffisamment d'ombrage à partir des arbres dans la mesure où la ville de Yamoussoukro connaît des températures relativement élevées allant jusqu'à 35°C dans la journée (Nomel *et al.*, 2019). Par conséquent, les intervalles entre les individus ont été réduits ; ce qui a conduit à planter plus d'individus.

La faible richesse spécifique des arbres d'alignement de la ville de Yamoussoukro comparée à celles des autres types d'espaces verts à savoir les jardins privés, les jardins publics, les espaces délaissés, les parcs, etc. pourrait s'expliquer par les rôles assignés aux arbres d'alignement que sont l'ombrage et l'embellissement des villes (Miller, 1997). Par contre, cette valeur est supérieure à celles d'autres études réalisées en milieu urbain par Gomido (2012) à Azové au Bénin, par Polorigni *et al.* (2014) à Lomé au Togo et par Kouadio *et al.* (2016) à Abidjan en Côte d'Ivoire. C'est dans ce cadre qu'Osseni (2011) a affirmé que la plupart des études réalisées au niveau des arbres d'alignement montre que ce patrimoine arboricole comporte en majorité une trentaine d'espèces. Malgré ce faible nombre d'espèces des arbres d'alignement, Bekkouch *et al.* (2011) ont assuré que de tel cortège floristique épargne ainsi les problèmes phytosanitaires liés à

l'utilisation de la mono-espèce en alignement.

Les espèces les plus importantes en termes d'individus notamment *Terminalia mantaly*, *Azadirachta indica* et *Cocos nucifera*, sont toutes des espèces exotiques. En effet, ces espèces ont l'avantage d'avoir une croissance rapide comme l'on souligné Cauchat et Touzard (1991). Ainsi, dans plusieurs études sur les espaces verts urbains en général et sur les arbres d'alignement en particulier, il n'est pas rare de constater qu'on a une prédominance des espèces exotiques sur les espèces natives. Par ailleurs, selon Nomel *et al.* (2017), les espèces exotiques (en majorité des microphanérophytes et donc pas trop grands) sont moins dangereux au cas où il y aurait des chutes de branches et surtout pour des dommages que leurs racines pourraient avoir sur la chaussée au niveau des différentes voies. Cependant, malgré la variété de couleur qu'elles présentent au plan esthétique et pour divers autres avantages cités, leur introduction dans le paysage urbain local peut susciter des soucis. Ces espèces ayant une croissance rapide, peuvent rentrer en compétition avec les espèces locales et modifier l'environnement dans lequel elles s'y trouvent (McKinney, 2006). Aussi, ces espèces peuvent-elles impacter négativement la répartition des autres taxons tels que les oiseaux (Nomel *et al.*, 2017). Il est à noter également que ces espèces à croissance rapide sont à la base de la forte biomasse des arbres d'alignement de la ville de Yamoussoukro. Cela a été démontré par Georgi et Zafiriadis, (2006) qui ont affirmé que ces espèces sont responsables d'une très forte biomasse. Cette biomasse élevée est due aux nombreux individus et à leur aire basale élevée. Cependant, malgré que le nombre d'individus soit élevé à Dioulakro, sa biomasse est faible par rapport à la biomasse des arbres d'alignement de N'Zuessi, de Millionnaire et d'Assabou. Cela pourrait s'expliquer par le fait que dans ces 3 quartiers, les arbres d'alignement ont une aire basale plus élevée comparée aux arbres d'alignement de Dioulakro.

Conclusion

Cette étude réalisée sur les arbres d'alignement de Yamoussoukro a permis de dénombrer 6499 individus dont 5334 ont un DHP $\geq 2,5$ cm. Tous ces individus se répartissent en 40 espèces, 34 genres et 23 familles. La famille la plus importante est la famille des Fabaceae. Les espèces introduites et les microphanérophytes sont respectivement les types chorologiques et biologiques les plus représentés. La biomasse totale des arbres d'alignement est estimée à 6052,77 t soit 359,98 t/ha. Le stock de carbone correspondant est

égal à 3026,38 t soit 179,99 t/ha. Les espèces prépondérantes en termes de biomasses sont *Terminalia mantaly* (141,63 t/ha), *Ficus benjamina* (57,53 t/ha) et *Azadirachta indica* (53,63 t/ha). Cette étude a montré que les arbres d'alignement sont assez diversifiés et jouent un rôle important dans la réduction du carbone atmosphérique. Ces arbres doivent faire l'objet d'un suivi pour éviter qu'ils disparaissent et doivent être développés dans les autres localités notamment dans les zones où la pollution est élevée.

Références Bibliographique

- Aguaron E, McPherson EG. 2012.** Comparison of methods for estimating carbon dioxide storage by Sacramento's urban forest. In: Carbon sequestration in urban ecosystems. Springer, Netherlands : 43-71.
- Aké-Assi L. 2001.** Flore de la Côte d'Ivoire 1, Catalogue, systématique, biogéographie, écologie. Boisera 57, Conservatoire et jardin botanique de Genève, Suisse, 396 p.
- Aké-Assi L. 2002.** Flore de la Côte d'Ivoire 2, Catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Conservatoire et Jardin Botanique, Genève, Suisse, 441 p.
- APG IV. 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161 :1-20.
- Bekkouch I, Kouddane N, Darouia E, Boukroute A, Berrichi A. 2011.** "Inventaire des arbres d'alignement de la ville d'Oujda". *Nature et Technologie*, 05 : 87-91.
- Cauchat H, Touzard M. 1991.** La représentation de l'arbre d'ornement et l'horizon temporel, Ministère de l'Environnement, Paris (France), 594 p.
- Georgi NJ, Zafiriadis K. 2006.** The impact of park trees on microclimate in Urban Areas. *Urban Ecosystem*, 9 : 195-209.
- GIEC. 2006.** Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autres usages des terres. *Institute for Global Environmental Strategies Japon*, 4 : 46-52.
- Gomido KX. 2012.** Foresterie urbaine dans la ville d'Azovè (Commune d'Aplahoué). Mémoire de Maitrise Flash/UAC, Bénin, 84 p.
- Houinsou A. 2009.** Foresterie Urbaine à Cotonou : Diagnostic et Approches de solution pour une Gestion intégrée. Mémoire DEA FLASH/UAC, Bénin, 71 p.
- Kouadio YJC, Vroh BTA, Goné Bi ZB, Adou Yao CY, N'Guessan KE. 2016.** Évaluation de la diversité et estimation de la biomasse des arbres d'alignement des communes du plateau et de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 97: 9141-9151.
- Kouassi RH, Nomel GJR, Kouadio YJC, Ambé ASA, N'Guessan K.E. 2019.** Perception, Attitude et Attentes des Résidents à l'égard des Espaces Verts Urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 15(3): 389-405.
- McKinney ML. 2006.** Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127: 247-260.
- Miller JR. 1997.** Urban Forestry, Planning and management of green space. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey (USA) : 22-67.
- Nomel GJR, Vroh BTA, Gone Bi ZB, Adou Yao CY, N'guessan KE. 2017.** Caractéristiques floristiques et structurales des espaces aménagés au niveau des échangeurs de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire), *Journal de la Recherche Scientifique Univ. Lomé (Togo)*, 19(3): 119-131.

- Nomel GJR, Kouassi RH, Ambé ASA, Kouadio YJC, Doumbia M, N'Guessan KE. 2019.** Diversité Et Stock De Carbone Des Arbres D'alignement: Cas d'Assabou Et Dioulakro De La Ville De Yamoussoukro (Centre De La Côte d'Ivoire). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 13: 84-89.
- Osseni AA. 2011.** Diversité et Viabilité des Plantations Urbaines dans la Ville de Porto-Novo: Axe du Boulevard Extérieur. Mémoire de DEA FLASH/UAC, Bénin, 88 p.
- Polorigni B, Radji R, Kokou K. 2014.** Perceptions, tendances et préférences en foresterie urbaine : cas de la ville de Lomé au Togo. *European Scientific Journal*, 10(5) : 261-277.
- Raunkier C. 1934.** The life forms of plants and statistical plant of geography Oxford Londres, Angleterre, 632 p.
- RGPH. 2014.** Recensement général de la population et de l'habitat 2014. Rapport d'exécution et présentation des principaux résultats, 49 p.
- Vroh BTA, Tiebre MS, N'Guessan KK. 2014.** Diversité végétale urbaine et estimation du stock de carbone: cas de la commune du Plateau, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 10(3): 329-340.
- White F. 1993.** The AETFAT chorological classification of Africa: history, methods and applications. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, 62 : 225-281.
-

Effet des tourteaux de coprah et de palmiste sur la croissance des porcelets à Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire)

Effect of coprah and palmist cakes on the growth of piglets in Korhogo (North, Ivory Coast)

Brou GKG • Soumahoro S • Yao KS • Soro YR

Received: 10 June 2020 / Accepted: 02 August 2020 / Published online: 01 March 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé Une étude a été menée dans la commune de Korhogo en vue de déterminer l'effet des tourteaux de coprah et de palmiste sur la croissance des porcelets. Pour y parvenir, douze porcelets ont été répartis en trois lots contenant chacun deux mâles et deux femelles. Le lot A a été nourri avec l'aliment témoin composé essentiellement de maïs (68,42%) et de farine de poisson (13,68%). Les lots B et C ont été nourris respectivement aux aliments contenant les tourteaux de coprah et de palmiste. Les résultats ont montré que pour les lots A et B, les mâles ont obtenu de meilleures performances zootechniques par rapport aux femelles sans différence significative ($p > 0,05$). Les mâles du lot C nourris avec le tourteau de palmiste ont obtenu un meilleur poids moyen ($31,5 \pm 4,25$ kg) par rapport à ceux du lot B ($26,5 \pm 3,25$ kg) et du lot A ($23,5 \pm 3,27$ kg). Par contre, les femelles du lot B nourries avec le tourteau de coprah ont obtenu un meilleur poids moyen ($21 \pm 2,25$ kg) par rapport à celles du lot C ($18,75 \pm 3,22$ kg) et du lot A ($14,75 \pm 2,78$ kg). Toutefois, le coût de production de l'aliment C contenant le tourteau de palmiste était de 162,5 FCFA/kg, contre 169,85 FCFA/kg pour l'aliment B contenant le tourteau de coprah et 133 FCFA/kg pour l'aliment témoin. En définitive, les éleveurs gagneraient à utiliser les tourteaux de palmiste et de coprah afin d'améliorer les performances zootechniques des porcs.

Mots clés : Tourteau, Coprah, Palmiste, Porcelets, Performances zootechniques, Korhogo.

Abstract A study was carried out in the commune of Korhogo to determine the effect of copra and palm kernel meal on the growth of piglets. To achieve this, twelve piglets were divided into three lots, each containing two males and two females. Lot A was fed with the control feed consisting essentially of maize (68.42%) and fishmeal (13.68%). Lots B and C were respectively fed with feed containing copra and palm kernel cake. The results showed that for batches A and B, the males obtained better zootechnical performance compared to the females without significant difference ($p > 0.05$). Males from batch C fed with palm kernel meal obtained a better average weight (31.5 ± 4.25 kg) compared to those from batch B (26.5 ± 3.25 kg) and from batch A (23.5 ± 3.27 kg). On the other hand, the females of batch B fed with the copra cake obtained a better average weight (21 ± 2.25 kg) compared to those of batch C (18.75 ± 3.22 kg) and of batch A (14.75 ± 2.78 kg). However, the production cost of feed C containing palm kernel meal was 162.5 FCFA / kg, against 169.85 FCFA / kg for feed B containing copra meal and 133 FCFA / kg for control food. Ultimately, breeders would benefit from using palm kernel and copra cakes to improve the zootechnical performance of pigs.

Key words : Oil cake, Copra, Palm kernel, Piglets, Zootechnical performance, Korhogo.

Soumahoro S • Soro YR

Université Peleforo GON COULIBALY, Institut de Gestion Agropastorale (IGA), Laboratoire de Biochimie, Microbiologie et des Substances Naturelles

Yao KS

Université Peleforo GON COULIBALY, UFR des Sciences Biologiques, Département de Biologie Animale.

Brou GKG (✉)

Université Peleforo GON COULIBALY, Institut de Gestion Agropastorale (IGA), Laboratoire de Biologie, de Production et de Santé animale.
gatiembrou@gmail.com

Introduction

L'élevage de porc est l'une des activités d'élevage les plus pratiquées au monde avec une production mondiale évaluée à 113,6 millions de tonnes en 2017 (Guo *et al.*, 2018). En Afrique de l'Ouest, ce type d'élevage est en pleine expansion avec selon les pays des croissances de cheptels de l'ordre de 5 à 10% (Agbokounou *et al.*, 2016). En Côte d'Ivoire, l'État mène des politiques nationales de développement de ce secteur (M'Bari *et al.*, 2019).

Cependant, la production moderne a fortement été affectée par l'épidémie de Peste Porcine Africaine (PPA), qui a provoqué une baisse de 64% des effectifs de porcs modernes et de 32% des porcs traditionnels (Viéra *et al.*, 2015). Cette maladie a fait que les éleveurs ont été confrontés à de nombreux problèmes parmi lesquelles, l'alimentation.

Étant donnée la part importante de l'aliment dans le coût de production (65-70%), et le coût élevé des aliments industriels, beaucoup d'éleveurs

sont amenés à fabriquer eux même leur aliment sur la ferme à partir des matières premières disponibles (maïs, tourteaux de soja, tourteaux de coprah, tourteaux de palmiste, son de blé, son de maïs, poisson...). D'autres par contre ont recours aux concentrés protéiques à base de soja, en provenance d'Europe auxquels il faut apporter seulement une source d'énergie tel que le maïs (Ayssiwede, 2004). Des éleveurs l'ayant essayé, l'ont jugé trop couteuse et l'ont abandonnée au détriment des régimes traditionnels. Mais ces aliments pour la plupart ne répondent pas aux besoins nutritionnels des animaux. Or de nombreux atouts sont reconnus au porc. C'est un omnivore qui possède de bonnes aptitudes à transformer les aliments notamment l'énergie (FAO, 2012). L'objectif général de cette étude est de tester de nouvelles sources alimentaires telles que les tourteaux de coprah et les tourteaux de palmiste sur la croissance des porcelets.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

Korhogo est le chef-lieu de la région du Poro et du district des savanes. Ce chef-lieu de département couvre une superficie de 12.500 km² soit 3,9% du territoire national. Le département de Korhogo compte seize (16) sous-préfectures. Il est limité au nord par le département de M'Bengué, au nord-est par le département de Sinematiali, au sud-est par le département de Niakaramadougou, au sud par le département de Dikodougou et à l'ouest par celui de Boundiali (RGPH, 2014). La figure 1 présente la carte du département de Korhogo.

Matériel biologique

Douze (12) porcelets de race large white ont été répartis dans 3 loges (loge A, loge B et loge C) par groupe de quatre dont deux mâles et deux femelles afin de constituer 3 lots de porcelets (lot A, lot B et lot C). Ils avaient 45 jours d'âge et sevrés avec un poids moyen de $9,25 \pm 0,51$ kg au début de l'expérience. Les éléments constitutifs ainsi que la composition bromatologique des trois types d'aliments ayant servis à nourrir les trois lots de porcelets sont contenus dans les tableaux 1 et 2. Ainsi, dans la loge A (lot A), les porcelets ont bénéficié de l'aliment témoin. Dans la loge B (lot B), l'aliment contenant le tourteau de coprah a été distribué et dans la loge C (lot C), l'aliment contenant le tourteau de palmiste a été servi.

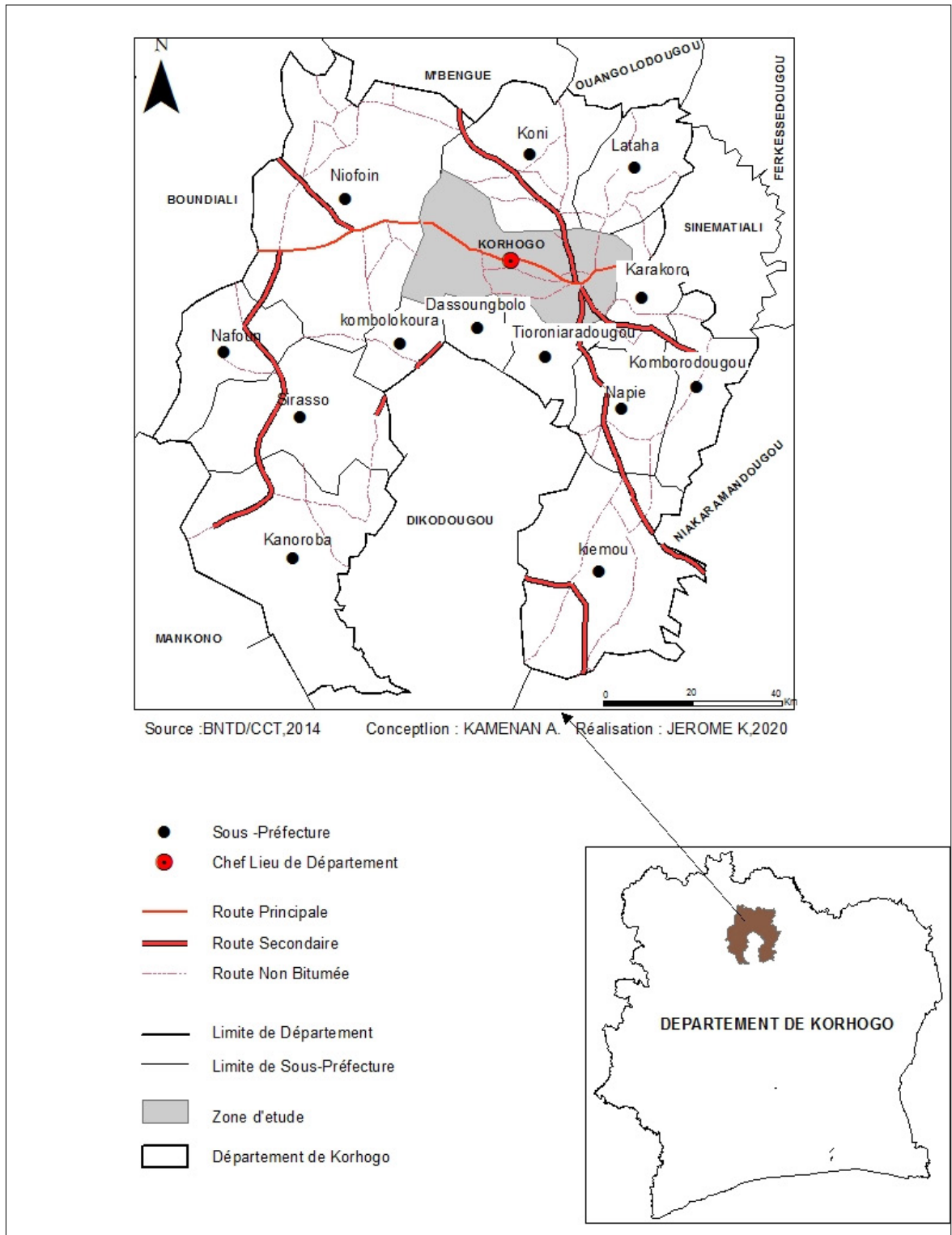


Figure 1 : Carte du Département de Korhogo (RGPH, 2014)

Tableau 1 : Composition des trois types d'aliments

Produits	Aliment A (témoin)		Aliment B		Aliment C	
	Quantité (kg)	(%)	Quantité (kg)	(%)	Quantité (kg)	(%)
Son de maïs	1	10,52	1	7,14	1	7,14
Farine de poisson	1,3	13,68	1,3	9,29	1,3	9,29
Maïs	6,5	68,42	6,5	46,42	6,5	46,42
Sel	0,3	3,16	0,3	2,15	0,3	2,15
Calcium (Os de bœufs)	0,4	4,22	0,4	2,85	0,4	2,85
Tourteaux de coprah	0	0	4,5	32,15	0	0
Tourteaux de palmiste	0	0	0	0	4,5	32,15
Total	9,5	100	14	100	14	100

Tableau 2 : Composition bromatologique des trois types d'aliments

Aliment	Humidité (%)	Lipides (%)	Protéine (%)	Cendre (%)	Glucides (%)	Energie métabolisable (Kcal/kg)
Aliment A	8,2	4,45	10,17	17,58	59,6	3319,3
Aliment B	6,92	5,58	12,17	11,27	66,16	3565,4
Aliment C	7,22	5,35	15,79	11,68	65,96	3511,5

Conduite de l'essai

L'étude a été conduite sur quatre mois soit 16 semaines. Avant l'arrivée des porcelets, un vide sanitaire de deux (2) semaines a été observé. Ce vide sanitaire a consisté à nettoyer les différentes loges avec du Crésyl et des désinfectants (Javel et Omo). L'entretien des loges a consisté au retrait régulier des déjections et au lavage du sol une fois par jour. Les mêmes quantités de chaque type d'aliment ont été distribuées une fois par jour à 7h. Les porcelets des différentes loges ont consommé l'eau à volonté. Les trois loges ont bénéficié des mêmes prophylaxies médicale et sanitaire. Les porcelets ont été pesés une fois par semaine le même jour avec un peson de marque Salter, de capacité 50 kg dans la soirée à 17h.

Calcul des performances zootechniques

Les performances zootechniques ont été calculées en utilisant les formules proposées par Accodji et al. (2009).

Poids moyen (PM)

Le poids moyen est déterminé en faisant le rapport de la somme des poids des individus pesés sur leur effectif, selon la formule suivante :

$$PM (g) = \frac{\text{poids total des animaux pesés (g)}}{\text{effectif pesé}}$$

Gain moyen quotidien (GMQ)

Le Gain moyen quotidien a été calculé en faisant le rapport de la variation poids sur la période en jours, selon la formule suivante :

$$GMQ (g/j) = \frac{\text{poids final (g)} - \text{poids initial (g)}}{\text{période (j)}}$$

Indice de consommation (IC)

L'indice de consommation traduit l'effet de l'alimentation sur la croissance des sujets. Ainsi les porcelets ayant l'indice de consommation le plus bas seront ceux qui valorisent le mieux la nourriture

$$IC = \frac{\text{Quantité d'aliment consommée pendant une période (g)}}{\text{Gain de poids durant la même période (g)}}$$

Traitement des données

Les données recueillies ont été saisies puis traitées avec l'outil informatique à l'aide du logiciel Excel version 2016 qui a permis de réaliser les figures et les tableaux. Le test d'Anova a été réalisé à l'aide du logiciel XLStat version 2016 afin d'apprécier l'existence de différence significative entre les moyennes des performances zootechniques au niveau des différents lots de porcelets en fonction du régime alimentaire.

Résultats

Poids moyens

L'évolution des poids moyens des porcelets des trois lots sont présentés par la figure 2. Pour le lot A, les poids moyens des mâles ont été supérieurs à ceux des femelles sans différence significative ($p > 0,05$). Au bout de seize semaines d'élevage, le poids moyen des mâles était de $23,5 \pm 3,27$ kg contre $14,75 \pm 2,78$ kg chez les femelles. Chez les porcelets du lot B, les poids moyens des mâles ont été supérieurs à ceux des femelles sans différence significative ($p > 0,05$). Le poids moyen des mâles à la fin de l'expérience était de $26,5 \pm 3,25$ kg soit 1,26 fois celui des femelles qui était de $21 \pm 2,25$ kg. Par contre, chez les porcelets du lot C, les poids moyens des mâles ont été supérieurs à ceux des femelles avec une différence significative ($p < 0,05$). Après quatre mois d'élevage, le poids moyen

des mâles était de $31,5 \pm 4,25$ kg contre $18,75 \pm 3,22$ kg chez les femelles. Les poids moyens des mâles étaient meilleurs à ceux des femelles sur toute la durée d'élevage. Chez les mâles, le poids moyen des porcelets du lot C ($31,5 \pm 4,25$ kg) était supérieur à ceux des autres lots. Il était 1,18 fois celui de ceux du lot B ($26,5 \pm 3,25$ kg) et 1,34 fois celui de ceux du lot A ($23,5 \pm 3,27$ kg). Une différence significative ($p < 0,05$) existe entre les poids moyens des mâles des trois lots. Chez les femelles, le poids moyen des porcelets du lot B ($21 \pm 2,25$ kg) était supérieur à ceux des autres lots. Il était 1,12 fois celui du lot C ($18,75 \pm 3,22$ kg) et 1,59 fois celui du lot A ($14,75 \pm 2,78$ kg). Une différence significative ($p < 0,05$) existe entre les poids moyens des femelles des trois lots.

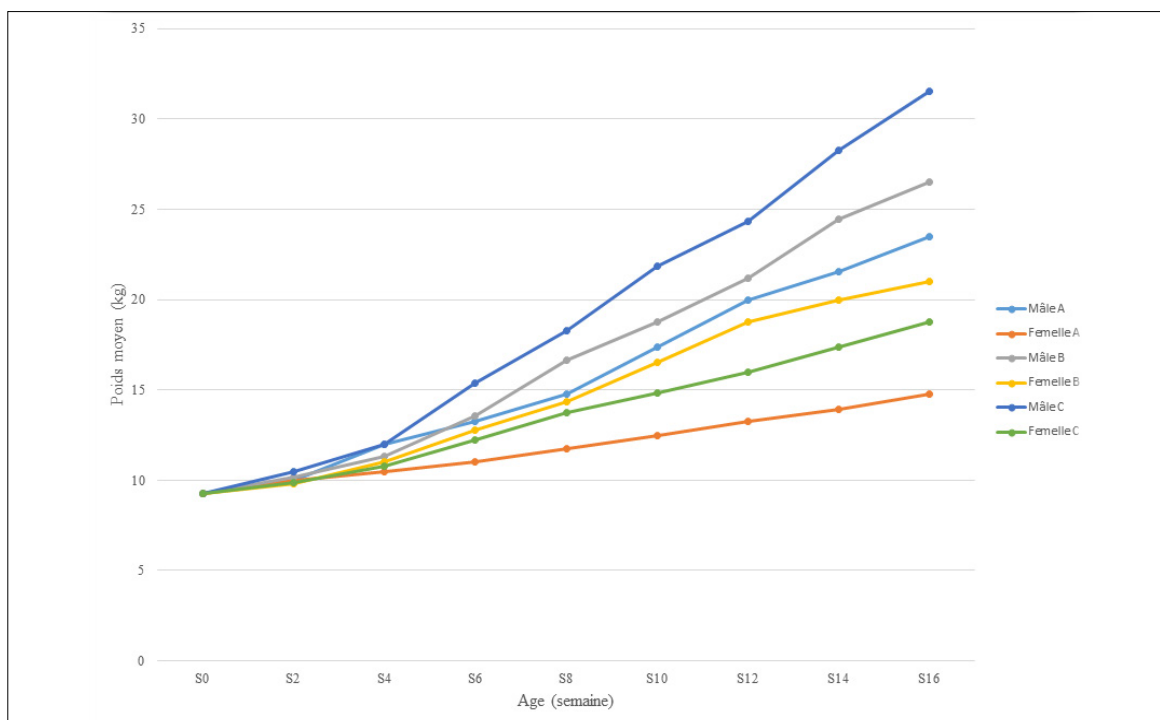


Figure 2 : Évolution comparée du poids moyen des porcelets des trois lots

Gain moyen quotidien (GMQ)

Les Gains Moyens Quotidiens des porcelets ont été mentionnés dans le tableau 3. Pour chaque lot les GMQ des mâles étaient supérieurs à ceux des femelles avec une différence significative ($p < 0,05$). Chez les mâles, le GMQ du lot C est supérieur à celui du lot B et du lot A. Le test d'Anova indique une différence significative ($p < 0,05$) entre les GMQ des différents lots par semaine. Chez les femelles, le GMQ du lot B est supérieur à celui du lot C et du lot A avec une différence significative ($p < 0,05$). L'évolution des GMQ des porcelets du lot A chez les mâles comme les femelles n'est pas significative ($p >$

$0,05$) en fonction de l'âge. Par contre, pour les lots B et C, l'âge a eu un effet significatif sur l'évolution des GMQ aussi bien chez les mâles que chez les femelles ($p < 0,05$). Chez les mâles, le meilleur GMQ du lot A a été obtenu à la douzième semaine ($189,28 \pm 17,45$ g/j), celui du lot B est intervenu à la huitième semaine ($221,42 \pm 15,21$ g/j) et celui du lot C a été enregistré à la sixième semaine ($239,28 \pm 11,29$ g/j). Chez les femelles, les meilleurs GMQ ont été enregistré respectivement pour le lot A à la seizième semaine ($57,14 \pm 4,39$ g/j), pour le lot B à la douzième semaine ($160,71 \pm 4,76$ g/j) et pour le lot C à la sixième semaine ($107,14 \pm 5,93$ g/j).

Tableau 3 : Gain Moyen Quotidien (GMQ) des porcelets en Semaine

Gain	Sexe	S2	S4	S6	S8	S10	S12	S14	S16
	Mâle A	53,57±4,33 ^{ab}	74,85±17,68 ^{ab}	89,28±9,55 ^b	107,14±13,83 ^b	185,71±18,71 ^b	189,28±17,45 ^b	110,71±10,22 ^b	139,28±15,63 ^b
	Femelle A	53,57±5,33 ^{ab}	35,71±3,61 ^a	35,71±2,41 ^a	53,57±3,22 ^a	50±4,26 ^a	57,14±3,09 ^a	50±3,88 ^a	57,14±4,17 ^a
GMQ (g/j)	Mâle B	67,85±6,42 ^{bc}	82,14±5,89 ^{ab}	157,14±8,73 ^c	221,42±15,21 ^c	150±7,66 ^b	175±5,09 ^b	50±4,99 ^a	57,14±4,39 ^a
	Femelle B	39,28±4,18 ^a	85,71±4,81 ^{ab}	128,57±6,53 ^{bc}	110,71±4,03 ^b	153,57±8,11 ^b	160,71±4,76 ^b	89,28±3,78 ^a	71,42±5,03 ^a
	Mâle C	85,71±5,08 ^c	110,71±9,22 ^b	239,28±11,29 ^d	207,14±6,17 ^c	257,14±6,38 ^c	178,57±5,02 ^b	278,57±7,39 ^c	232,14±9,19 ^c
	Femelle C	42,85±3,86 ^{ab}	64,28±7,18 ^{ab}	107,14±5,93 ^b	107,14±3,31 ^b	78,57±5,09 ^a	82,14±3,17 ^a	96,42±6,21 ^{ab}	100±5,66 ^{ab}
Paramètres statistiques du test d'ANOVA									
	dl	5	5	5	5	5	5	5	5
	F	12,115	7,465	80,155	51,573	59,574	50,454	172,437	65,147
	P	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹Pour chaque paramètre, les moyennes suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($\alpha = 0,05$)

²dl: degré de liberté ; F : statistique d'ANOVA ; P : Probabilité

Indice de consommation (IC)

Les Indices de consommation des porcelets ont été présentés par la figure 3. Après seize semaines d'élevage, l'IC des porcelets du lot A était de 1,64 ; celui du lot B était de 1,43 quand celui du lot C était de 1,46. Le lot B a enregistré le meilleur indice de consommation.

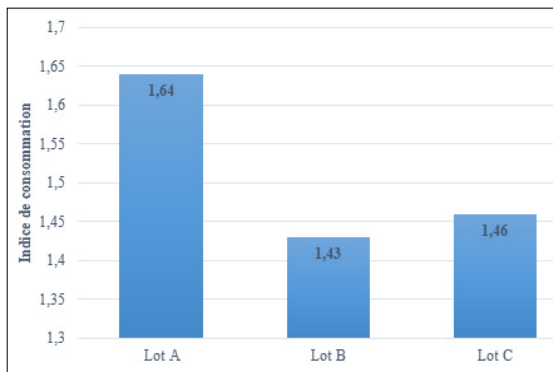


Figure 3 : Indice de Consommation des porcelets des trois lots

Coût de production des aliments

Les coûts de production des différents aliments ayant servi à nourrir les porcelets des différents lots ont été indiqués dans le tableau 4. Le coût de production de l'aliment contenant le tourteau de coprah ayant servi à alimenter les porcelets du lot B (169,85 FCFA/kg) a été plus élevé que le coût de production de l'aliment contenant le tourteau de palmiste (162,5 FCFA/kg) destiné aux porcelets du lot C et à l'aliment témoin (133 FCFA/kg) utilisé pour alimenter les porcelets du lot A.

Tableau 4 : Prix des matières premières

Matières premières	Prix unitaire (Fcf/kg)	Lot A	Lot B	Lot C
Mais	125	11025	12075	13125
Son de maïs	50	735	805	875
Farine de poisson	200	3822	4186	4550
Sel	200	882	966	1050
Calcium (os de bœuf)	50	294	322	350
Tourteau de palmiste	75	0	0	3938
Tourteau de coprah	100	0	4830	0
Prix total (4 mois)		16758	23184	23888
Quantité d'aliment consommée par lot (Kg)		126	136,5	147
Prix des aliments (Fcf/kg)		133	169,85	162,5

Discussion

le porc étant omnivore et possédant une bonne efficacité alimentaire, il est capable de valoriser différents produits et sous-produits agricoles. Selon Mopaté *et al.* (2011), le porc doit trouver dans sa ration tous les constituants permettant de renouveler la matière vivante et son accroissement éventuel. La consommation d'aliment supérieure des porcelets du lot C (147 kg) s'expliquerait par leur vitesse de croissance en comparaison des autres lots. La qualité organoleptique du tourteau de palmiste aurait joué un rôle déterminant comme indiqué par Lawal *et al.* (2017). Ainsi, la quantité d'aliment consommée par les porcelets des lots A (126 kg) et B (136,5 kg) serait due à leur vitesse de croissance relativement faible. La vitesse de croissance élevée des porcelets mâles des lots B et C serait imputable au niveau de protéine et d'énergie contenue dans leur régime alimentaire (Gharbiha, 2010). Selon M'Bari *et al.* (2019), le porc doit être nourri à base de matières azotées protéiques. En effet, la protéine est nécessaire en quantité et en qualité pour l'entretien et la croissance (Sopexa-Inaporc, 2016). Bien que les tourteaux de coprah et de palmiste soient des aliments qui contiennent des fibres et qu'il soit difficile aux porcs de les digérer, leur consommation modérée est indispensable, car ils contiennent, respectivement 10% à 18% de protéines, pour le tourteau de coprah, et 15% à 20%, pour le tourteau de palmiste (Aubry et Gaüzère, 2018). Cette différence, s'expliquerait par le fait que l'aliment comprenant le tourteau de palmiste est meilleur en protéines brutes par rapport à l'aliment contenant le tourteau de coprah (Kiendréogo, 2006). L'évolution lente du poids moyen des porcelets mâles et femelles du lot A pourrait s'expliquer par la faible valeur nutritive de l'aliment témoin.

L'évolution rapide des poids moyens des mâles par rapport aux femelles trouve sa raison dans le fait que les mâles ont été castrés. Ces résultats sont différents de ceux de Quiniou *et al.* (2004), qui, dans leur étude ont obtenu 54, 9 kg pour les femelles contre 46, 1 kg pour les mâles castrés. Dans leur

étude, les femelles ont été nourries à volonté, tandis que les mâles ont été rationnés. Chez les mâles, le meilleur GMQ enregistré chez les porcelets du lot C nourris avec l'aliment contenant le tourteau de palmiste indique une meilleure adaptation de ces derniers à ce type d'aliment. Chez les femelles, l'aliment du lot B contenant le tourteau de coprah a permis d'obtenir de meilleures performances par rapport aux autres aliments. L'aliment contenant le tourteau de coprah serait approprié pour les femelles en fonction de leurs besoins physiologiques. Le GMQ moyen des porcelets tout sexe confondu, qui était de 189 g/j au bout de seize semaines d'élevage est inférieur au résultat de Shao *et al.* (2018), qui ont obtenu un GMQ de 250g/j pour la même durée d'élevage. Par contre, nos résultats sont supérieurs à ceux de Goutimot (2015) et de Hernandez *et al.* (2017) qui ont obtenu, respectivement 158, 33 g/j et 177 g/j. Ces différences seraient dues aux conditions d'élevage et aux variations climatiques. De Alba (2016) indique que les paramètres d'ambiances influencent significativement la croissance des porcelets. L'indice de consommation relativement faible chez les porcelets des lots B et C témoigne de l'efficacité alimentaire des tourteaux de coprah et de palmiste. L'indice de consommation maximum chez la large white est de 2 selon Viéira *et al.* (2015). Le coût élevé de l'aliment comprenant le tourteau de coprah (169,85 FCFA/kg) et de palmiste (162,5 FCFA/kg) serait dû à l'indisponibilité de ces intrants sur le marché local de la ville de Korhogo. En effet, le palmiste et le coprah sont produits en abondance au sud aux environs de la ville d'Abidjan distante de 600 kilomètres de celle de Korhogo. Le coût du transport a eu un impact significatif sur le coût de production. Quant à l'aliment témoin, tous les ingrédients étaient disponibles sur les marchés de la ville de Korhogo d'où le relatif faible coût de production observé qui était de 133 FCFA/kg. C'est dans ce sens que la Sambou (2008) indique que la disponibilité des matières premières a un impact direct sur le coût de production des aliments.

Conclusion

L'objectif de l'étude, celui d'évaluer l'effet des tourteaux de coprah et de palmiste sur la croissance des porcelets a été atteint. L'aliment contenant le tourteau de palmiste a permis d'obtenir de meilleures performances chez les porcelets mâles tandis que chez les femelles, c'est l'aliment contenant le tourteau de coprah qui a donné le meilleur résultat. Pour chaque type d'aliment, les mâles ont obtenu de meilleures performances par rapport aux femelles. Toutefois, le coût de

production des aliments contenant les tourteaux de palmiste et de coprah reste relativement élevé. Des études complémentaires pourraient être menées afin de déterminer le coût de production des porcelets avec ces différents régimes alimentaires. Par ailleurs, des études similaires pourraient être conduites dans la localité de Korhogo en utilisant d'autres matières premières disponibles localement telles que les tourteaux de soja, d'arachide et de la noix de cajou, afin de réduire le coût de production.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit des étudiants de Master 2 Zootechnie pour la conduite de l'essai. Merci également aux enseignants du Laboratoire

de Biologie, Production et Santé Animale de l'Université Peleforo GON COULIBALY pour leur implication dans la rédaction de cet article.

Références bibliographiques

- Accodji JM, Fiogb ED, Gangbazo KH. 2009.** Essai de la valorisation d'Azolla (*Azolla Microphylla* Kaulf) dans la production porcine en zone humide. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(5): 890-898.
- Agbokounou AM, Ahounou GS, Karim IYA, Mensah GA, Koutinhouin B, Hornick JL. 2016.** Ethnologie et potentialités du porc local d'Afrique. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 29(3): 4665-4677.
- Aubry P, Gaüzère BA. 2018.** Hépatites virales en zones tropicales. Centre René Labusquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 33076 Bordeaux (France), Rapport d'activité. 32 (1) :1-10.
- Ayssiwede SB. 2004.** La filière porcine au Bénin : production, commercialisation, proposition d'amélioration et perspectives de développement, Thèse de Doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires, 161 p.
- De Alba J. 2016.** Productivité des races porcines indigènes et exotiques en Amérique latine. *Revue Mondiale de Zootechnie*, 4 : 25-28.
- FAO. 2012.** Rapport d'activité sur l'élevage dans le monde en 2011. Contribution de l'élevage à la sécurité alimentaire, 93 p.
- Gharbiha S. 2010.** Rapport d'évaluation sur les perspectives de la malnutrition. Enquête anthropologique et action contre la faim à Korhogo. 15p.
- Goutimot N. 2015.** Rapport d'activité sur la porciculture ivoirienne. 32p.
- Guo WN, Zhu B, Ai L, Yang DL, Wang BJ. 2018.** Animal models for the study of hepatitis B virus infection. *Zoological research*, 39(1): 25-31.
- Hernández MEG, Rivera MC, Betancourt JIS, Chávez OR, Castañeda AV, Trujillo ME, Silv RES. 2017.** Seroprevalence of anti-hepatitis E virus antibodies in domestic pigs in Mexico. *BMC Veterinary Research*. 13 (2): 289-298.
- Kiendréogo T. 2006.** Diagnostic des élevages porcins dans la zone de Bobo-Dioulasso ; système d'élevage et conditions technico-économique de production. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Mémoire de DEA en gestion intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), option production Animale, 61p.
- Lawal M, Chaibou M, Garba MM, Mani AS,**

- Gouro P. 2017.** Gestion et utilisation des résidus de cultures pour l'alimentation animale en milieu urbain et périurbain : cas de la communauté urbaine de Niamey. *Journal of Applied Biosciences* 115: 11423-11433.
- M'Bari KB, Konan KM, Brou GKG, Soro YR. 2019.** Performance of reproduction and growth of racing pigs in the Korhogo department in Ivory Coast. *International Journal of current research*, 607-612.
- Mopaté LY, Kaboré-Zoungrana CY, Facho B. 2011.** Disponibilité et valeurs alimentaires des sons de riz et de sorgho mobilisables dans l'alimentation des porcs à N'Djamena (Tchad). *Journal of Applied Biosciences*, 41 :2757-2764.
- Quiniou N, Gaudre D, Pichodo X, Le Cozler Y. 2004.** Rapport d'activité de la Journée de Recherche Porcine. Caractéristique de l'indice de consommation pendant l'engraissement selon le poids des porcelets à la naissance, 36 : 403-408.
- RGPH. 2014.** Rapport d'activité sur le Recensement Général de la Population et de l'Habitat. 5p.
- Sambou G. 2008.** Analyse des impacts de la décharge de Mbeubeuss (Dakar) sur les élevages porcins environnement. Thèse de Doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires, 138p.
- Shao RE, Mboya BI, Gunda WD, Ruhangisa GF, Temu ME, Nkwama LM, Pyuza JJ, Kilonzo GK, Lyamuya SF, Maro PV. 2018.** Seroprevalence of hepatitis B virus infection and associated factors among healthcare workers in northern Tanzania. *BMC Infectious Diseases*, 18: 474-485.
- Sopexa-Inaporc. 2016.** Rapport d'activité sur les capacités de reproduction des porcs. 4p.
- Vieira YR, Silva FMM, Santos LRD, Vieira AA, Zanella JRC, Barquero G, Lago BVD, Gomes SA, Pinto MA, Paula VSD. 2015.** Serological and molecular evidence of hepadnavirus infection in swine. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 22(1): 11-16.
-

Taxonomie du genre *Recilia* en Côte d'Ivoire : apports des caractères morphologiques pour l'identification des espèces

Taxonomy of the genus *Recilia* (Homoptera, Cicadellidae, Deltocephalinae) in Côte d'Ivoire: contribution of morphological characters for species identification

Anougba BD • Hala N • N'guessan HA • Hala KA • Yéo K

Received: 05 August 2020 / Accepted: 12 December 2020 / Published online: 01 March 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé *Recilia* est un genre très diversifié de la famille Homoptères, Cicadellidae. Les espèces du genre *Recilia* sont largement répandues et sont connues pour la plupart comme de sérieux ravageurs et vecteurs de maladies de nombreuses cultures. Cette étude vise à inventorier les espèces du genre *Recilia* en Côte d'Ivoire en général et particulièrement à séparer l'espèce *Recilia mica*, vectrice du blast en pépinière de palmiers à huile des autres. À cet effet, un échantillonnage des insectes a été fait à l'aide d'un filet fauchoir et des tubes à essai dans la végétation herbacée aux alentours de la pépinière de palmiers à huile de la Station la Mé. Les insectes récoltés ont été disséqués et les différences notées. Quatre espèces de *Recilia* ont été identifiées et redécrites à partir de la morphologie externe et interne. Ces espèces diffèrent l'une de l'autre par la taille, la bande brune en forme de U sur le pronotum de *R. dolabra* et *Recilia sp.* et les deux bandes longitudinales brunes et triangulaires sur le pronotum de *R. canga* et par l'édeage. *Recilia mica* a été la plus petite espèce observée avec une taille moyenne de $2,88 \pm 0,12$ mm. Une clé d'identification locale basée sur les quatre espèces a été produite.

Mots clés : Cicadellidae, *Recilia*, Taxonomie, Morphologie, Insectes.

Abstract *Recilia* is a very diverse genus of the Homoptera Cicadellidae family. Species of the genus *Recilia* are widely distributed and are mostly known as serious pests and disease vectors of many crops. This study aims to inventory the species of the genus *Recilia* in Côte d'Ivoire in general and particularly to separate the species *Recilia mica*, vector of blast of oil palm nursery from the others. For this purpose, insect sampling was done using a mowing net and test tubes in the herbaceous vegetation around the oil palm nursery of the Station la Mé. Harvested insects were dissected and differences were noted. Four species of *Recilia* have been identified and redescribed based on external and internal morphology. These species differ from each other in size, the U-shaped brown stripe on the pronotum of *R. dolabra* and *Recilia sp.* and the two triangular brown longitudinal stripes on the pronotum of *R. canga* and by the edeage. *Recilia mica* was the smallest species observed with an average size of 2.88 ± 0.12 mm. A local identification key based on the four species was produced.

Key words : Cicadellidae, *Recilia*, Taxonomy, Morphology, Insects.

Anougba BD • Hala N •
N'guessan HA
Laboratoire d'Entomologie, Centre
National de Recherche Agronomique
(CNRA), 13 BP 989 Abidjan 13, Côte
d'Ivoire

Hala KA
Laboratoire de Milieux Naturels et
Conservation de la Biodiversité,
UFR Biosciences, Université Félix
Houphouët Boigny, 22 BP 582 Abidjan
22, Côte d'Ivoire.

Yéo K
Laboratoire d'écologie et
Développement Durable des
Écosystèmes, UFR des Sciences de la
Nature, Station de Recherche en Écologie
de Lamto, Université Nangui Abrogoua,
02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

Anougba BD (✉)
Laboratoire d'Entomologie, Centre
National de Recherche Agronomique
(CNRA), 13 BP 989 Abidjan 13, Côte
d'Ivoire.
0827danie@gmail.com

Introduction

Les insectes de la sous-famille des Deltocephalinae représentent la plus grande et la plus importante des 40 sous-familles connues dans la famille des Cicadellidae. Les Deltocephalinae sont représentés par 38 tribus, 923 genres, 6683 espèces dont les plus connues se rencontrent en Asie du Sud-Est et dans les régions adjacentes (Zahniser et Dietrich, 2008 ; 2013). Ces insectes vivent dans la végétation herbacée et sont largement répartis dans les zones tropicales, subtropicales et tempérées (Viraktamath et Webb, 2009). La sous-famille des Deltocephalinae a la particularité de regrouper un grand nombre d'insectes vecteurs de pathogènes de cultures avec 63% de l'ensemble des espèces vectrices (Nielson, 1979 ; Ramya *et al.*, 2017). Parmi les 923 genres recensés au sein des Deltocephalinae, se trouve le genre *Recilia* qui renferme 66 espèces rencontrées en Asie, Europe et Afrique (Zahniser et Dietrich, 2013). Les trois espèces européennes de *Recilia* à savoir *Recilia coronifer* Marshall, 1866, *Recilia horvathi* Then, 1896, et *Recilia schmidtgeni* Wagner, 1939 ont été complètement décrites par Wagner (1939) et Ribaut (1952). Parmi ces trois espèces européennes, deux (*R. coronifer* et *R. schmidtgeni*) sont connues d'Afrique du Nord. Aussi, des espèces sont-elles endémiques à certains pays du monde. On peut citer *R. antea* Linnavuori, 1969 qui est une espèce endémique à l'Inde, *R. jordanica* Dlabola, 1965 endémique en Jordanie, *R. setosa* Ahmed, Murtaza et Malik, 1988 au Pakistan, *R. jamiensis* Matsumura, 1940 au Taïwan et *R. aulonias* Linnavuori, 1969 endémique

Matériel et Méthodes

Les travaux se sont déroulés sur la Station la Mé du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), située à 5° 26' Latitude Nord et 3° 50' Longitude Ouest. Les insectes utilisés dans cette étude ont été collectés à la pépinière de palmiers à huile de cette station de recherche. La capture des insectes a été faite à l'aide d'un filet fauchoir et d'un tube à essai dans la végétation herbacée aux alentours de la pépinière. Les insectes capturés ont été mis dans des bocaux contenant de l'alcool éthylique à 70% pour être conservés. Enfin, les espèces du genre *Recilia* ont été séparées à l'aide d'un microscope stéréo Motic SMZ-171 et des clés d'identification de Kramer (1962).

au Congo. En outre, plusieurs espèces de ce genre ont été décrites par Kramer (1962) en Afrique de l'Ouest. Parmi celles-ci, figure *Recilia mica*, agent vecteur du blast dans les pépinières de palmiers à huile en Afrique de l'Ouest précisément en Côte d'Ivoire (Diabaté et Hala, 2014) qui fait objet de la présente étude. Elle se distingue difficilement des autres espèces par les caractères morphologiques (Mariau *et al.*, 1981). Ces espèces ne peuvent se reconnaître que par la dissection des édéages (organes reproducteurs). Ce qui rendait difficile l'identification du vecteur du blast (*R. mica*) sur le terrain, impactant ainsi la lutte contre celui-ci. Le suivi des populations de ce vecteur dans le cadre de la prévention devient impossible, ce qui résigne le producteur de palmiers à l'observation des symptômes du blast sans pouvoir démarrer une méthode de lutte. En effet pour la différenciation de ces espèces, Kramer (1962) a fourni une clé essentiellement basée sur la coloration et les organes génitaux mâles.

Ainsi, pour que la lutte contre le blast du palmier à huile en pépinière soit efficace en incluant la prévention, il est important de pouvoir distinguer aisément *Recilia mica*, vecteur du blast des autres espèces du genre *Recilia*. Par conséquent, l'élaboration de descriptions détaillées avec illustrations photographiques et l'élaboration d'une clé d'identification locale des espèces du genre *Recilia*, permettront de différencier les espèces et d'améliorer la lutte contre le blast.

Sélection des caractères à étudier

Les espèces ont été identifiées sur la base de caractères morphologiques distinctifs. La sélection des caractères pour l'étude a été réalisée selon Ramya *et al.* (2017) qui avaient décrit les espèces du genre *Maiestas* sur la base des organes génitaux mâles. En outre, les travaux réalisés lors de cette étude ont été effectués sur les spécimens mâles du genre *Recilia*. Les caractères étudiés se situaient à deux niveaux :

- au niveau de la tête et de thorax : vertex, pronotum, scutellum
- au niveau de l'abdomen : pygophore, plaque sous-génitale, édéage

Certains termes spécifiques sont définis dans un lexique (Annexe 1).

Préparation et dissection des organes génitaux mâles

Un échantillon de 300 spécimens a été utilisé pour la dissection dans le but de se donner plus de chance d'identifier plusieurs espèces du genre *Recilia* à la Station la Mé. Les dissections des organes génitaux mâles ont été effectuées selon la méthodologie utilisée par Ramya *et al.* (2017) qui consistait à tremper l'abdomen de l'insecte étudié dans de l'Hydroxyde de potassium (KOH) à 10 % pendant 2 à 4 heures afin de dissoudre les matières non sclérosées. Cependant dans notre étude, les insectes ont été trempés dans de l'acide acétique pendant 10 à 20 minutes afin de permettre un ramollissement rapide de ces derniers. L'acide acétique a été choisi du fait de sa disponibilité au laboratoire et surtout de sa capacité à ramollir plus rapidement les organes des insectes. L'abdomen a été enlevé en insérant une broche pointue entre l'abdomen et le thorax en procédant à un léger perçage. Le matériel non sclérosé a été enlevé en poussant doucement l'abdomen avec la tête d'une épingle. Enfin, l'abdomen a été rincé à fond avec de l'eau. Les structures internes ont ensuite été retirées à l'aide d'une broche crochetée et une photographie a été prise.

Résultats et Discussion

Morphologie générale des différentes espèces étudiées

Les résultats de la dissection des 300 spécimens ont révélé quatre espèces du genre *Recilia* dans les pépinières de palmiers à huile. Il s'agit de *Recilia mica*, *Recilia canga*, *Recilia dolobra* et *Recilia* sp. D'une manière générale, les spécimens observés présentent un corps allongé, des ailes en forme de toit au repos comportant une série de taches mouchetées plus ou moins arrondies et longitudinales et une coloration brune. La tête peu allongée comporte six petits points noirs à l'avant du vertex, dont trois à gauche et trois à droite de la médiane.

Mensurations et photographies

Les photographies des structures (habitus facial et dorsal, tête et thorax) et génitales (pygophore, plaque sous-génitale, édeage) ont été prises avec l'appareil photo numérique Motic SMZ-171 sur le microscope stéréo Motic SMZ-171 à un grossissement de 75x. Les photographies ont été traitées à l'aide du logiciel Adobe Photoshop CS3. Les mensurations de la taille de l'adulte, la longueur et la largeur du vertex, la longueur et largeur du pronotum et la longueur et la largeur du scutellum ont été prises en calibrant le microscope stéréo Motic SMZ-171 avec un micromètre oculaire. À cet effet, 300 spécimens de *Recilia* ont été disséqués et mesurés durant cette étude.

Analyse des données

Les données obtenues ont été analysées à l'aide du logiciel Minitab 19.3. Pour ce faire, il a été appliqué au préalable le test de Shapiro-Wilk pour vérifier la normalité de l'ensemble des variables mesurées. Les données obtenues suivant une distribution normale, une ANOVA à un facteur au seuil de 0,05 a pu être réalisée et le test de Tukey a permis de déterminer et comparer les différences significatives entre les moyennes des variables mesurées.

Caractères morphométriques

Les mensurations des caractères morphologiques effectuées ont révélé des différences significatives ($p=0,0001$) entre les espèces au regard de la longueur du corps de l'adulte, la longueur et la largeur du vertex, la longueur et la largeur du pronotum et la largeur du scutellum. Ainsi, *R. canga* était l'espèce la plus grande avec une taille moyenne de $3,3 \pm 0,11$ mm. Viennent ensuite, *Recilia* sp et *R. dolobra*, mesurant $3,2 \pm 0,12$ mm et $3,11 \pm 0,13$ mm respectivement. *R. mica* est la plus petite espèce observée avec une taille moyenne de $2,88 \pm 0,12$ mm. Cependant, aucune différence significative ($p=0,21$) n'a été observée entre les espèces au regard de la longueur du scutellum (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractères morphologiques mesurés en mm chez les spécimens du genre *Recilia*.

Espèces	Longueur moyenne du corps de l'adulte	Longueur moyenne du vertex	Largeur moyenne du vertex	Longueur moyenne du pronotum	Largeur moyenne du pronotum	Longueur moyenne du scutellum	Largeur moyenne du scutellum
<i>R. canga</i>	3,30±0,11 a	0,34±0,01 c	0,45±0,3 b	0,4±0,2 a	0,6±0,2 b	0,33±0,01 a	0,5±0,01 a
<i>R. dolabra</i>	3,11±0,13 c	0,35±0,01 b	0,6±0,02 a	0,4±0,11 a	0,6±0,3 b	0,33±0,01 a	0,5±0,01 a
<i>Recilia sp.</i>	3,2±0,12 b	0,49±0,01 a	0,6±0,02 a	0,4±0,01 a	0,65±0,22 a	0,33±0,01 a	0,5±0,01 a
<i>R. mica</i>	2,88±0,12 d	0,3±0,03 d	0,42±0,04 c	0,32±0,1 b	0,6±0,1 b	0,33±0,2 a	0,45±0,13 b

Les valeurs suivies d'une même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey.

Description des différentes espèces identifiées

Recilia mica Kramer

Redescription

Cet insecte présente un aspect brunâtre avec la présence de quelques parties jaunâtres sur tout le corps (Figure 1 a). Sur le front se trouvent deux bandes brunes longitudinales au-dessus desquelles se trouvent des petits traits jaunâtres transversaux (Figure 1 b). Le pronotum est brunâtre et marqué d'une bande brune transversale aux contours jaunâtres (Figure 1 c). Le scutellum est jaunâtre avec des petites taches brunes (Figure 1 c). L'abdomen est brun avec quelques zones jaunâtres et comporte huit segments abdominaux. Les segments abdominaux sont marqués par des bandes brunes transversales avec quelques zones jaunâtres et ne sont pas visibles à travers les ailes (Figure 1 b). Les lignes de jonction entre les segments abdominaux sont jaunâtres, mais peu visibles. Le genitalia est situé à l'extrémité de l'abdomen entre le septième et le huitième segment abdominal. À l'intérieur du genitalia se trouve l'édéage.

Organes génitaux mâles

Le pygophore se présente sur la partie postérieure caudo-dorsale triangulaire à bord émoussé avec un complexe de petites et longues soies sur le bord externe (Figure 1 d). La plaque sous-génitale de forme triangulaire se situe sur la partie caudo-ventrale avec quelques soies longues sur le bord externe (Figure 1 e). La diaphyse (tige) de l'édéage est droite et mince dans sa partie prébasale en vue dorsale. La partie basale de l'édéage présente un renflement aplani et légèrement mince en vue latérale. Le bord dorsal de la diaphyse est convexe en vue dorsale, avec une extrémité pointue (Figure 1 f).

Recilia canga Kramer, 1962

Redescription

Le corps de cet insecte présente un aspect jaunâtre (Figure 3 a). Le front est jaunâtre avec de petits points bruns peu visibles (Figure 3 b). Le pronotum est marqué d'une bande transversale jaunâtre. Sur la partie postérieure du pronotum se trouvent deux bandes brunes et triangulaires portant sur l'avant du scutellum (Figure 3 c). L'abdomen est entièrement jaunâtre et comporte huit segments abdominaux. Les segments abdominaux sont marqués par des bandes transversales jaunâtres et ne sont pas visibles à travers les ailes. Les lignes de jonction entre les segments abdominaux sont brunâtres et très peu visibles. Le genitalia est situé à l'extrémité de l'abdomen entre le septième et le huitième segment abdominal. À l'intérieur du genitalia se trouve l'édéage.

Organes génitaux mâles

Le pygophore se présente sur la partie postérieure caudo-dorsale circulaire à bord émoussé avec de longues soies sur le bord externe (Figure 3 d). La plaque sous-génitale de forme triangulaire se situe sur la partie caudo-ventrale avec de longues soies sur le bord externe (Figure 3 e). La diaphyse (tige) de l'édéage est concave dans sa partie pré-basale en vue dorsale avec une paire d'épines sur la partie pré-apicale en position ventrale. La partie basale de la diaphyse de l'édéage présente un renflement arqué et épais en vue latérale. La partie préapicale de la diaphyse de l'édéage présente un bourrelet en vue ventrale. Le bord dorsal de la diaphyse est convexe en vue dorsale avec une extrémité incurvée (Figure 3 f).

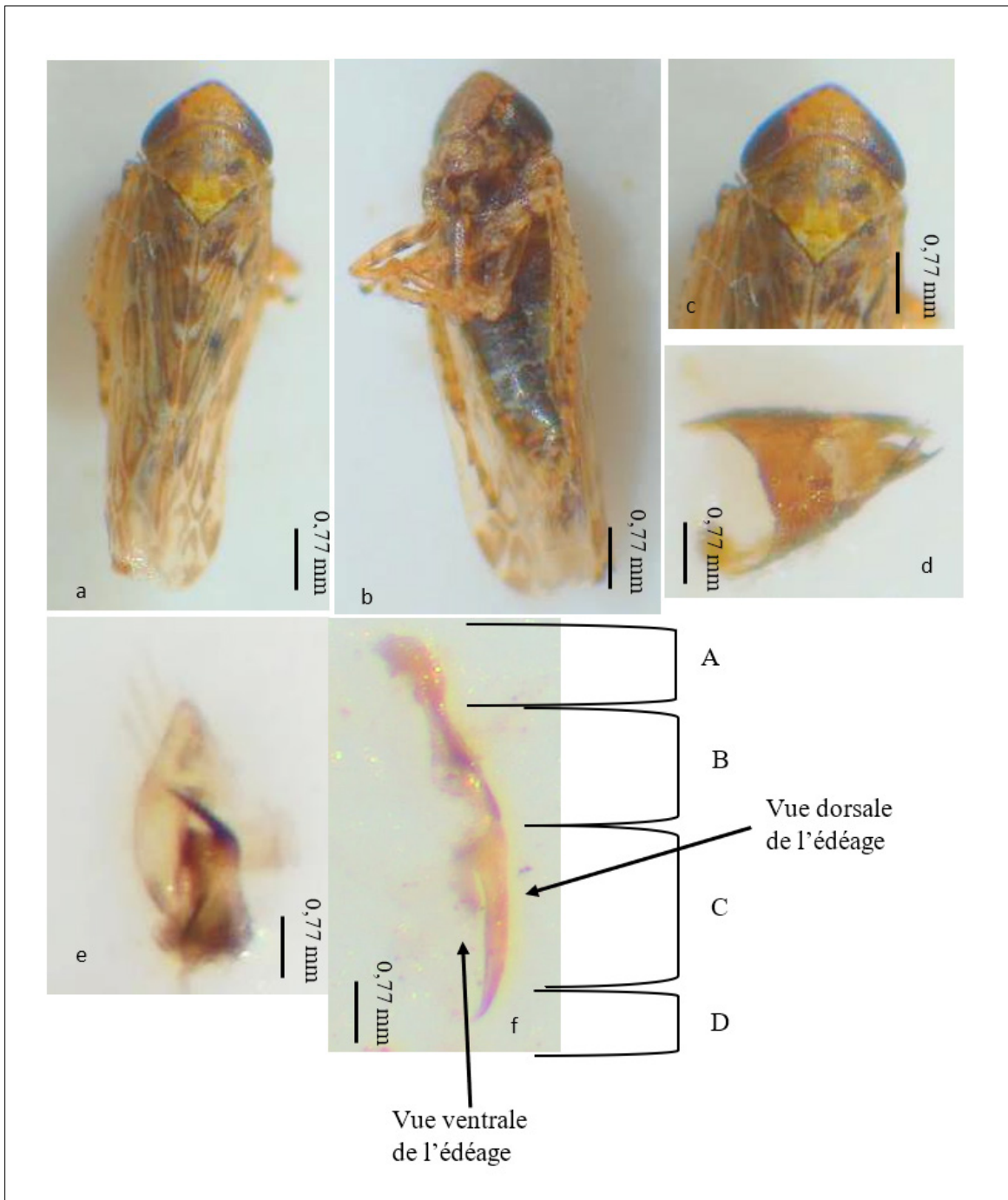


Figure 1 : Caractères morphologiques de l'habitus, de face et des génitalia mâle de *Recilia mica*. (a) : habitus dorsal ; (b) : habitus facial ; (c) : tête et thorax ; (d) : pygophore ; (e) : plaque sous-génitale ; (f) : édéage ; **A** : Partie basale ; **B** : Partie prébasale ; **C** : Partie préapicale ; **D** : Partie apicale

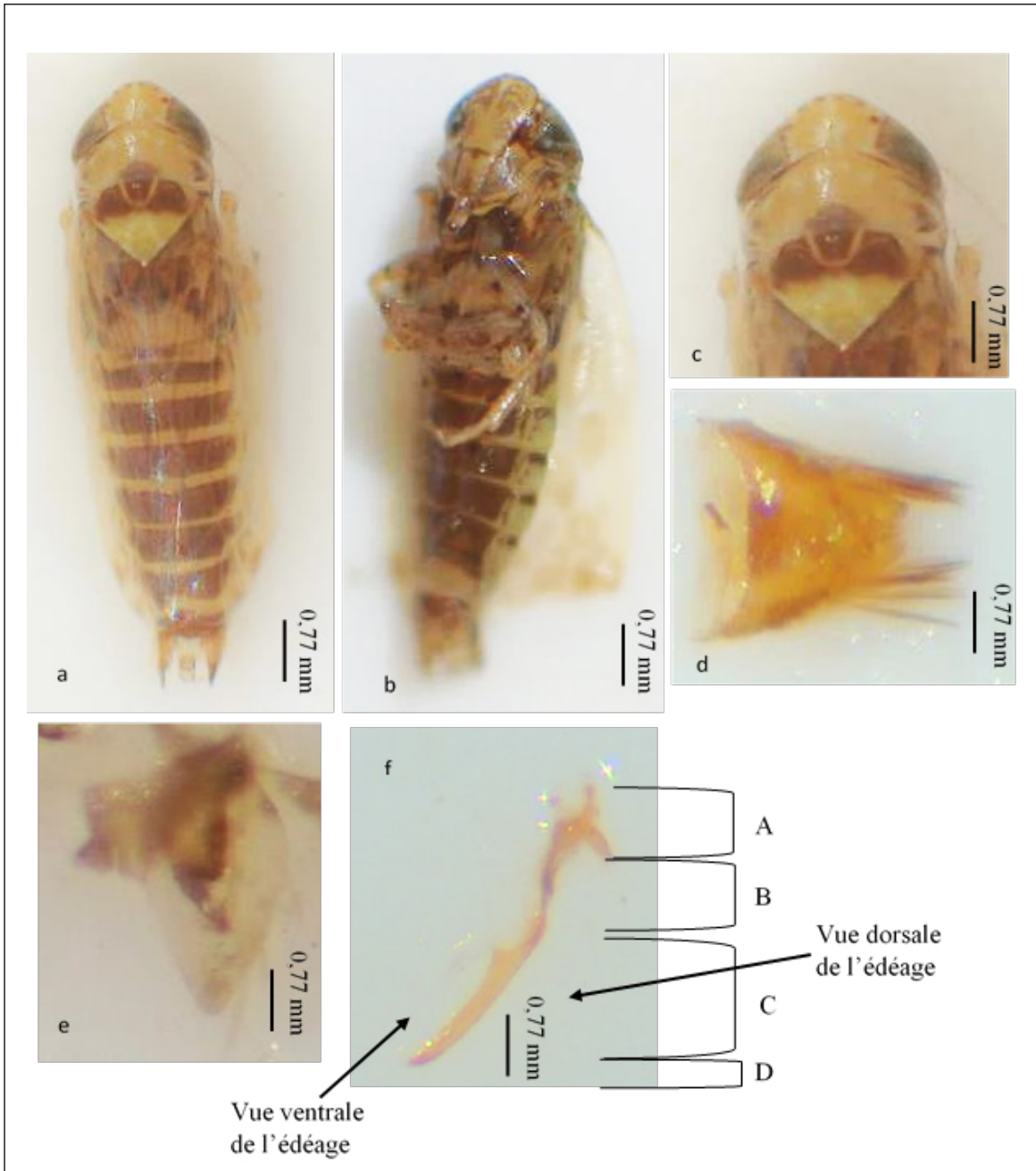


Figure 2 : Caractères morphologiques de l'habitus, de face et des génitalia mâle de *Recilia* sp. (a) : habitus dorsal ; (b) : habitus facial ; (c) : tête et thorax ; (d) : pygophore ; (e) : plaque sous-génitale ; (f) : édéage. **A** : Partie basale ; **B** : Partie prébasale ; **C** : Partie préapicale ; **D** : Partie apicale

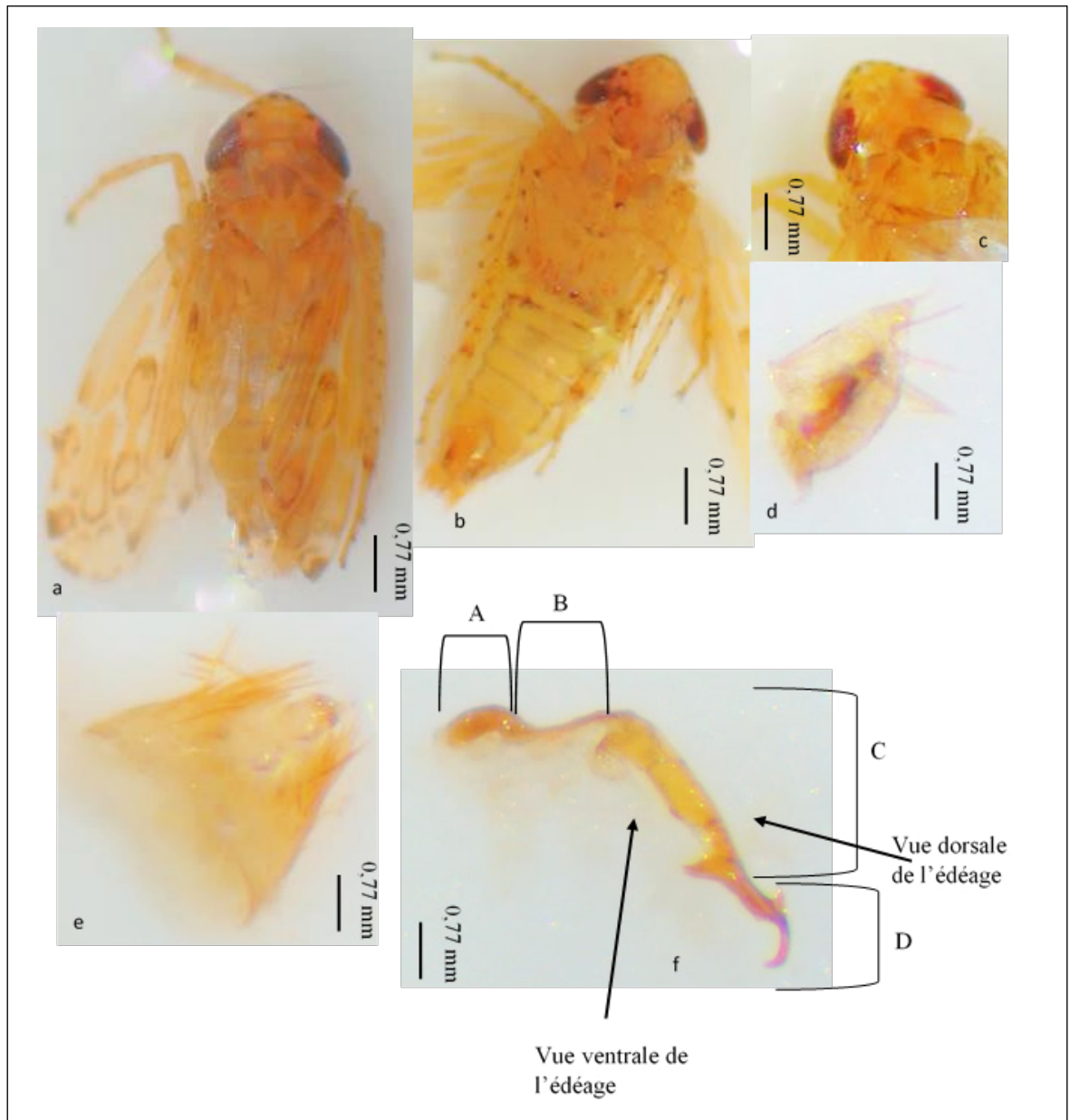


Figure 3 : Caractères morphologiques de l'habitus, de face et des génitalia mâle de *Recilia canga*. (a) : habitus dorsal ; (b) : habitus facial ; (c) : tête et thorax ; (d) : pygophore ; (e) : plaque sous-génitale ; (f) : édéage. **A** : Partie basale ; **B** : Partie prébasale ; **C** : Partie préapicale ; **D** : Partie apicale

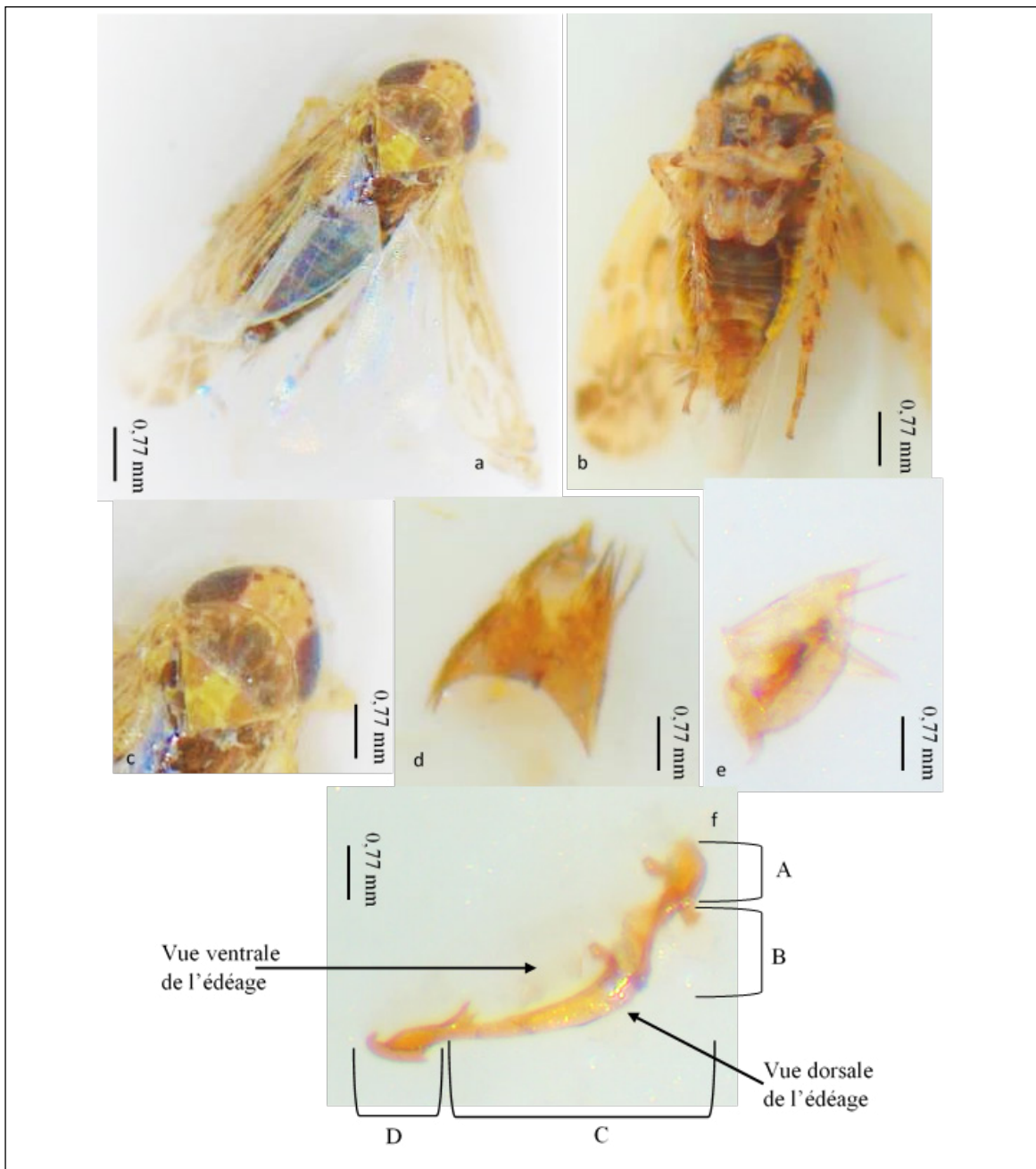


Figure 4 : Caractères morphologiques de l'habitue, de face et des génitalia mâle de *Recilia dolabra*. (a) : habitue dorsal ; (b) : habitue facial ; (c) : tête et thorax ; (d) : pygophore ; (e) : plaque sous-génitale ; (f) :  d ge . **A** : Partie basale ; **B** : Partie prébasale ; **C** : Partie préapicale ; **D** : Partie apicale

Recilia dolabra Kramer, 1962

Redescription

Cet insecte présente un aspect brunâtre (Figure 4 a). Le front est jaunâtre au-dessus duquel se trouvent de petits traits bruns transversaux au nombre variable (Figure 4 b). Le pronotum est brunâtre et comporte une bande longitudinale brune en forme de U (Figure 4 c). Le scutellum jaunâtre, comporte deux taches triangulaires peu brunâtres à chaque extrémité de la partie

antérieure (Figure 4 c). L'abdomen est brun avec quelques taches jaunâtres en position ventrale et comporte huit segments abdominaux (Figure 4 b). Les segments abdominaux sont marqués par des bandes transversales brunes et ne sont pas visibles à travers les ailes. Les lignes de jonction entre segments abdominaux sont jaunâtres, mais peu visibles. Le génitalia est situé à l'extrémité de l'abdomen entre le septième et le huitième segment abdominal.   l'intérieur du génitalia se trouve l' d ge.

Organes génitaux mâles

Le pygophore se présente sur la partie postérieure caudo-dorsale triangulaire avec un complexe de soies courtes et longues sur le bord externe (Figure 4 d). La plaque sous-génitale triangulaire se situe sur la partie caudo-ventrale avec des soies longues sur le bord externe (Figure 4 e). En vue dorsale, la diaphyse (tige) de l'édéage est concave dans la partie prébasale en vue dorsale, avec une paire d'épines sur la partie pré-apicale en position ventrale. La partie basale de la diaphyse de l'édéage présente un renflement aplani et très épais en vue latérale. La partie préapicale de la diaphyse de l'édéage présente un bourrelet en vue ventrale. Le bord dorsal de la diaphyse est convexe en vue dorsale avec une extrémité en forme de crochet (Figure 4 f).

***Recilia* sp.**

Description de *Recilia* sp.

Cet insecte présente un aspect brunâtre avec la présence de bandes brunes sur l'abdomen. Au repos, les ailes ne couvrent pas tout le corps ; elles sont disposées à plat (Figure 2 a). Sur le front se trouvent deux bandes brunes longitudinales au-dessus desquelles se trouvent de petits traits jaunâtres transversaux (Figure 2 b). Le pronotum est jaunâtre

et comporte une bande brune longitudinale en forme de U portant sur l'avant du scutellum. La partie antérieure du scutellum est brunâtre puis entièrement jaunâtre postérieurement (Figure 2 c). L'abdomen est peu brunâtre et comporte huit segments abdominaux. Les segments abdominaux sont marqués par des bandes brunes transversales et sont visibles à travers les ailes. Les lignes de jonction entre les segments abdominaux sont jaunâtres et fortement visibles (Figure 2 b). Le génitalia est situé à l'extrémité de l'abdomen entre le septième et le huitième segment abdominal. À l'intérieur du génitalia se trouve l'édéage (Lexique).

Organes génitaux mâles

Le pygophore se présente sur la partie postérieure caudo-dorsale triangulaire avec de longues soies sur le bord externe (Figure 2 d). La plaque sous-génitale de forme triangulaire se situe sur la partie caudo-ventrale avec de longues soies sur le bord externe (Figure 2 e). La diaphyse (tige) de l'édéage présente une légère concavité dans sa partie prébasale en vue dorsale. La partie basale de l'édéage présente un renflement aplani et légèrement épais en vue latérale. La partie préapicale de la diaphyse de l'édéage présente un bourrelet en vue ventrale. Le bord dorsal de la diaphyse est convexe en vue dorsale avec une extrémité légèrement pointue (Figure 2 f).

Clé d'identification des quatre espèces ivoiriennes du genre *Recilia*

- 1.- Ailes couvrant tout le corps en forme de toit. Renflement basal de la diaphyse de l'édéage aplani en vue latérale (Fig. 1f, 2f, 4f).....2
 - Ailes ne couvrant pas tout le corps et disposées à plat. Pronotum légèrement plus large que la tête en vue dorsale. Absence de bourrelet dans la partie préapicale de la diaphyse de l'édéage en position ventrale. Diaphyse de l'édéage légèrement concave dans sa partie prébasale en vue dorsale. Bord dorsal de la diaphyse convexe en vue dorsale avec une extrémité légèrement pointue (Fig. 2 f).....***Recilia* sp**
- 2.- Pygophore triangulaire présent sur la partie postérieure caudo-dorsale avec un complexe de soies courtes et longues sur le bord externe. Présence de bourrelet dans la partie préapicale de la diaphyse de l'édéage en position ventrale (Fig. 1f, 4f).....3
 - Pygophore circulaire présent sur la partie postérieure caudo-dorsale à bord émoussé avec de longues soies sur le bord externe. Diaphyse de l'édéage concave dans sa partie prébasale en vue dorsale avec une paire d'épines sur la partie préapicale en position ventrale. Bord dorsal de la diaphyse convexe en vue dorsale avec une extrémité incurvée (Fig 3f).....***Recilia canga***
- 3.- Absence de bande longitudinale brune en forme de U sur le pronotum. Diaphyse de l'édéage droite et mince dans sa partie prébasale en vue dorsale. Bord dorsal de la diaphyse convexe en vue dorsale, avec une extrémité pointue (Fig. 1f).....***Recilia mica***
 - Pronotum marqué d'une bande longitudinale brune en forme de U. Scutellum jaunâtre avec deux taches triangulaires peu brunâtres à chaque extrémité de la partie antérieure. Diaphyse de l'édéage concave à la base en vue dorsale, avec une paire d'épines sur la partie pré-apicale en vue ventrale. Bord dorsal de la diaphyse convexe en vue dorsale avec une extrémité en forme de crochet (Fig. 4 f)***Recilia dolobra***

Discussion

Les résultats obtenus indiquent la présence de quatre espèces du genre *Recilia* dans les pépinières de palmiers à huile. Il s'agit de *R. mica*, *R. canga*, *R. dolabra* et une espèce non encore identifiée (*Recilia* sp.). Ces espèces ont été décrites pour la première fois par Kramer (1962) comme appartenant aux espèces nouvelles de *Recilia* en Afrique de l'Ouest et leur présence dans cette localité avait été signalée par Mariau *et al.* (1981). Les différences observées par cet auteur étaient basées sur la coloration et la variation des formes des édéages. Une deuxième description de l'espèce *R. mica* a été faite par Wilson et Claridge (1991). Les remarques de ces auteurs étaient identiques à celles de Kramer (1962). Une étude basée sur les caractères morphométriques aurait permis de faire une différence entre ces espèces. La morphométrie est une technique qui avait été utilisée par Blackith et Verdier (1960) pour différencier des espèces d'acariens. Par conséquent, cette étude a révélé que les espèces du genre *Recilia* pouvaient être séparées à partir des caractères morphométriques telle que la taille de l'adulte. *R. mica* a été la plus petite espèce observée parmi les autres espèces avec une taille moyenne de $2,88 \pm 0,12$ mm. Cette différence au niveau de la taille pourrait avoir une origine génétique ou liée à l'alimentation de

chaque espèce. En plus de la taille, une bande grisâtre en forme de U observée sur le pronotum des autres espèces a permis de les séparer de *R. mica*. Cette bande grisâtre en forme de U peut être très visible ou souvent camouflée par les taches sombres sur le pronotum. Une espèce (*Recilia* sp.) non décrite par ces auteurs a été observée durant l'étude. Cette espèce pourrait être une espèce nouvelle ayant migré dans les pépinières de palmiers à huile à la recherche de plantes nourricières ou d'un habitat adéquat (John, 1976).

Différentes formes d'édéages ont également été observées durant l'étude. Ceux-ci semblent être un critère fiable d'identification des espèces du genre *Recilia* ; ce qui a permis de distinguer le genre *Recilia* du genre *Deltocephalus* (Kramer, 1962). En effet, le genre *Recilia* avait auparavant été considéré comme synonyme de *Deltocephalus* par Wagner (1939), puis comme un sous-genre de *Deltocephalus* par Ribaut (1952). Selon Gullan et Cranston (2005) la forme de l'édéage est un critère d'identification des espèces et est souvent importante dans la séparation des espèces étroitement apparentées. Ce qui pourrait expliquer les différences observées au niveau des édéages prouvant l'existence de ces quatre espèces *Recilia*.

Conclusion

Quatre espèces du genre *Recilia* existent dans les pépinières de palmiers à huile en Côte d'Ivoire. Il s'agit de *R. mica*, *R. canga*, *R. dolabra* et *Recilia* sp. Ces espèces diffèrent l'une de l'autre par la taille, la bande brune en forme de U sur le pronotum de *R. dolabra* et *Recilia* sp et les deux bandes brunes et triangulaires sur le pronotum de *R. canga* et par l'édéage. *R. mica* a été la plus petite espèce observée durant l'étude. Cette étude fournit la

validité des noms, des photographies ainsi que des illustrations et une clé dichotomique qui seront utilisées comme matériel de référence pour l'identification des espèces de *Recilia* en Côte d'Ivoire. Cette capacité d'identifier les espèces offre la possibilité de surveiller la dynamique des populations de *R. mica* dans le cadre d'une lutte préventive contre le blast en Côte d'Ivoire.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit du CNRA (Centre National de Recherche Agronomique), CEMV (Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire) et du Laboratoire d'Écologie et

Développement Durable de l'Université Nangui Abrogoua, qui ont bien voulu nous accepter dans leurs locaux pour la mise en œuvre de ce travail. Nous leur exprimons notre profonde gratitude.

Références bibliographiques

- Blackith RE, Verdier M. 1960.** Quelques nouvelles techniques utilisables en analyse morphométrique chez les acariens. *Bulletin de la société entomologique de France*, 65 (9-10) : 260-273.
- Gullan PJ, Cranston PS. 2005.** The Insects: An Outline of Entomology (3 eds.). Blackwell, Oxford. *Crop Protection*, 24 (10) : 932.
- Hala N, Diabaté S. 2014.** Lutte intégrée contre les Maladies et les Ravageurs du palmier à huile. Formation des Agents de FA et du Service Entomologie CNRA. 4 p.
- John H. 1976.** The role of migration in the genetic structure of populations in temporally and spatially varying environments II. Island Models Theoretical Population Biology, 10, 2: 227-238.
- Kramer JP. 1962.** New Liberian Leafhoppers of the Genus *Recilia* (Homoptera: Cicadellidae: Deltocephalinae). *Entomology Research Division, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D. C.* 75: 259-268
- Mariau D, Desmier de Chenon R, Julia JF, Philippe R. 1981.** Les ravageurs du palmier à huile et du cocotier en Afrique occidentale in : *Oléagineux*, 36 (4): 171- 213.
- Nielson MW. 1979.** Taxonomic relationships of leafhopper vectors of plant pathogens. Leafhopper Vectors and Plant Disease Agents. In: Maramarosch, K. and Harris, K. edition. Academic Press, New York, 3-27.
- Ramya N, Srinivasa N, Naresh MM. 2017.** Note on genus *Maiestas* (Hemiptera: Cicadellidae) with diagnosis of important species. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5): 1626-1636.
- Ribaut H. 1952.** Homoptères Auchenorrhynques. II, Jassidae. *Fauna de France*, 57 : 1-74.
- Viraktamath CA, Webb MD. 2009.** Annotated checklist, generic key and new species of Old World Deltocephalini leaf-hoppers with nomenclatorial changes in the *Deltocephalus* group and other Deltocephalinae (Hemiptera : Auchenorrhyncha : Cicadellidae). *Zootaxa*. 2163:1-64.
- Wagner W. 1939.** Die Zikaden des Mainzer Beckens. Zugleich eine Revision der Kirschbaumschen Arten aus der Umgebung von Wiesbaden. *Jahrb. Nassauer Ver. Naturkunde Wiesbaden*, 86: 77-212.
- Wilson MR, Claridge MF. 1991.** Handbook for Identification of Leafhoppers and Planthoppers of Rice. *International Institute of Entomology and CABI*. ISBN 0-85198-692-7
- Zahniser JN, Dietrich CH. 2008.** Phylogeny of the leafhopper subfamily Deltocephalinae (Insecta: Auchenorrhyncha: Cicadellidae) and related subfamilies based on morphology. *Systematics and Biodiversity*. 6:1-24.
- Zahniser JN, Dietrich CH. 2013.** A review of the tribes of Deltocephalinae (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae). *European Journal of Taxonomy*. 45:1-211.

Annexe 1 : Lexique (Définition des termes)

Abdomen	: Troisième section de l'anatomie des insectes
Diaphyse (tige)	: Partie allongée formant le corps de l'édéage
Edéage	: Un des éléments de l'armature génitale mâle encore appelé pénis
Génitalia	: Ensemble des pièces de l'armature génitale à l'extrémité de l'abdomen
Pronotum	: Premier segment du thorax des insectes juste après la tête, qui porte en partie ventrale la première paire de pattes
Pygophore	: Capsule génitale mâle
Scutellum	: Sclérite (partie durcie de la paroi corporelle) thoracique dorsale plus ou moins triangulaire située derrière le pronotum
Taches mouchetées	: Taches plus ou moins arrondies et/ ou longitudinales situées sur les ailes des différentes espèces de <i>Recilia</i>
Thorax	: Région du corps située entre la tête et l'abdomen et portant les pattes et les ailes

Impact of an invasive alien plant species *Lantana camara* L. (Verbenaceae) on floristic diversity and soil physicochemical properties of coconut groves from Southeastern Côte d'Ivoire

Impact d'une plante exotique envahissante *Lantana camara* L. (Verbenaceae) sur la diversité floristique et les propriétés physicochimiques des sols des cultures de coco du Sud-Est de la Côte d'Ivoire

Pagny FPJ • Lekadou TT • Mévanly O •
Gouli Gnanazan ZR • Tiébré MS

Received: 10 August 2020 / Accepted: 04 December 2020 / Published online: 01 March 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé Les espèces végétales exotiques envahissantes constituent une menace pour la biodiversité des plantations. L'objectif principal de cette étude est d'améliorer les connaissances sur *Lantana camara*. Pour cela, des échantillons de plantes et de sols ont été collectés dans des cocoteraies envahies et non envahies afin d'analyser l'impact de *L. camara* sur la diversité floristique et les propriétés physico-chimiques du sol. Des indices de diversité, des fréquences relatives, des contributions spécifiques ont été calculés et un diagramme d'infestation a été réalisé. Les résultats montrent que la flore des cocoteraies envahies est moins diversifiée que celle des cocoteraies non envahies. Dans les cocoteraies envahies, *L. camara* est très régulière et agressive avec une fréquence relative de 96,5 p.c. et une contribution spécifique de 9,2. Le diagramme d'infestation montre que l'espèce a un potentiel de nuisance élevé. Les sols sont caractérisés par une texture sableuse. Les sols sous les cocoteraies envahies sont plus acides et plus riches en azote total. En revanche, les sols des cocoteraies non envahies sont moins acides et plus riches en potassium assimilable. Ces résultats reflètent le potentiel nocif de cette espèce. Des mesures de gestion doivent être mises en place pour freiner son invasion en Côte d'Ivoire.

Mots clés : Espèce exotique envahissante, Diagramme d'infestation, Diversité floristique, Propriétés physico-chimiques du sol, *Lantana camara*, Côte d'Ivoire.

Abstract Invasive alien plant species are threats to biodiversity of plantations. The main objective of this study was to improve knowledge on *Lantana camara*. Plant and soil samples were collected in invaded and non-invaded coconut groves to analyse the impact of *L. camara* on floristic diversity and soil physicochemical properties. Indices of diversity, relative frequencies and, specific contributions were calculated and, an infestation diagram was realized. The results showed that flora of invaded coconut groves had less diversified than that of non-invaded coconut groves. In invaded coconut groves, *L. camara* was very regular and aggressive with a relative frequency of 96.5 p.c. and a specific contribution of 9.2. The infestation diagram showed its high potential of nuisance. Soils had sandy, those beneath coconut groves had more acidic and richer in nitrogen, while those under the uninvaded counterpart had less acid and richer in potassium. These results reflect the noxious potential of this species. Management measures must be developed to curb its invasion in Côte d'Ivoire.

Key words : Alien Invasive species Infestation diagram, Floristic diversity, Soil physicochemical properties, *Lantana camara*, Côte d'Ivoire.

Pagny FPJ • Lekadou TT • Mévanly O •
Gouli Gnanazan ZR • Tiébré MS

Laboratory of Natural Environment and Biodiversity
Conservation, UFR Biosciences, University Félix
Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte
d'Ivoire

Lekadou TT

Marc Delorme Research Station, National Centre for
Agronomic Research of Côte d'Ivoire (CNRA), 13 BP
989 Abidjan 13, Côte d'Ivoire

Tiébré MS (✉)

Laboratory of Systematic, Herbarium and Botanical Museum,
UFR Biosciences, National Floristic Centre, University Félix
Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire
tiebrems@hotmail.com

Introduction

The phenomenon of biological invasion is the consequence of the extension of anthropogenic activities (Hulme *et al.*, 2008). Currently, 17 p.c. of the terrestrial surface area and 16 p.c. of biodiversity hotspots appear to be extremely vulnerable to biological invasions (Early *et al.*, 2016). Climate and land-use changes imposed by human activities are among the main factors facilitating biological invasion (Pyšek *et al.*, 2010). Biological invasion refers to a process in which an alien species invades a new habitat and establishes its population. This invasion can be facilitated by human activity or occurred in natural way (Richardson and Pyšek, 2008). According to Richardson *et al.* (2000), alien species are considered invasive when, having crossed successive barriers that limit their reproduction, naturalization, and dispersal; they undergo a significant phase of expansion in their new area of introduction. These species are animals, plants or other organisms introduced by humans into distinct environments that threaten ecosystems, native habitats, or species with negative environmental and/or economic and/or health consequences (IUCN, 2000). Worldwide, there is an overabundance of invasive alien species (IAS) such as *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae), *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae), *Lantana camara* L. (Verbenaceae), *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) (Sharma et Raghubanshi, 2011; Tiébré *et al.*, 2012, 2014, 2015, 2018; Akaffou *et al.*, 2019; Pagny *et al.*, 2020) that affect ecological processes and cause a loss of native ecosystem biodiversity (McNeely, 2001). This includes a myriad of impacts such as alteration of ecosystem processes (Devine and Fei, 2011), decline in the abundance and richness of native flora (Capers *et al.*, 2009), the alteration of community structure (Sanders *et al.*, 2003) and modification of physical and chemical properties of soils (Aravind *et al.*, 2010).

Among these species, *Lantana camara* is native to tropical and subtropical America and one of the 100 most harmful invasive species in the world (IUCN, 2000). It is a perennial evergreen shrub that spreads rapidly by its abundant seed and shallow crown buds. This species is strongly odorous, with a height of 2 to 5 m (Nanjappa *et al.*, 2005). Furthermore, Species Information Network identifies *L. camara* among the top ten invasive species worldwide (GISIN, 2011). In Africa, *Lantana camara* is currently present in 34 countries (CABI, 2019). It has been introduced into several countries through its ornamental seeds and

spread through birds (Ghisalberti, 2000). This species encroaches on agricultural land, reduces grazing capacity and is a threat to many crops (Baars and Heystek 2003). Also, it includes loss in biodiversity i.e., a reduction in native species diversity and extinctions. *Lantana camara* causes the fall of soil fertility and alteration of ecosystem processes (Sharma et Raghubanshi, 2011).

Given the many negative impacts of these invasive species on ecosystems and the sustainability of ecosystem services, their control has become a priority for biodiversity conservation planners and country governments (Smith *et al.*, 2006). Numerous studies have therefore been carried out to analyze the impact of *Lantana camara* on flora and soil. For example, in worldwide, the work of Gooden *et al.* (2009) in Australia have shown the impact of this species on native plant communities. Studies of Osunkoya and Perrett (2011) highlighted the effects of *L. camara* invasion on the physico-chemical properties the soil from Australia. In addition, Dobhal *et al.* (2011) assessed the impact of *L. camara* invasion on four large woody shrubs along the Nayar River of the Pauri Garhwal in Uttarakh and the Himalayas (India). Also, in India, Mandal and Joshi (2014) showed the role on habitat types and soil physico-chemical properties. In Africa, Witt (2010) have shown the impact of its proliferation on forage species in Kenya. Simba *et al.* (2013) has highlighted the impact of *L. camara* on soil properties from in the Nairobi National Park. The method used in these studies compares the invaded and uninvaded plots of *Lantana camara*. Indeed, the richness, abundance and composition of plants were analyzed along mountain ranges in areas not invaded and invaded by *Lantana camara* (Gooden *et al.*, 2009). Dobhal *et al.* (2011) assessed the impact of *Lantana camara* on plant frequency and abundance in uninvaded and invaded quadrats in Pauri Garhwal. In their studies, Mandal and Joshi (2014) analyzed the physico-chemical properties of soil in the Don Valley in quadrats heavily and less invaded by *Lantana camara*. The physico-chemical properties of soils in Nairobi National Park were analysed by taking samples from sites invaded and non-invaded by *Lantana camara* (Simba *et al.*, 2013). Osunkoya and Perrett (2011) compared soil physicochemical properties under invaded and non invaded vegetation across four sites west of Brisbane, SE Australia. In these studies, uninvaded plots were used as controls (Gooden *et al.*, 2009; Dobhal *et al.*, 2011; Osunkoya et Perrett, 2011; Simba *et al.*, 2013; Mandal et Joshi, 2014).

In Côte d'Ivoire, *L. camara* was introduced by horticulture (Neuba *et al.*, 2014). Currently, this species occupies 20 p.c. of the national territory, i.e. an area of 65,782.40 km² (Pagny *et al.*, 2020). It proliferates in some localities such as Alépé, Bongouanou, Dimbokro, Gagnoa, Grand-Bassam, Issia and in many coconut plantations in the southeast (Kassi *et al.*, 2010; Maroun, 2017; Tiébré *et al.*, 2018). To date, studies on this species have focused on its perception by riparian populations and its current and future distribution in Côte d'Ivoire (Tiébré *et al.*, 2018; Pagny *et al.*, 2020). Despite the studies carried out and the fact that *Lantana camara* causes damage to invaded ecosystems, work linking its impact on flora and

soil has not yet been conducted (Tiébré *et al.*, 2018). For accessing the impact of this species on floristic diversity and soil management the following questions were stated: what is the degree of congestion of coconuts plantations invaded by *L. camara*? What is the impact of the invasion on the flora and physicochemical properties of the soil of coconut groves? To address these concerns, the main objective of this study was to improve knowledge of the invasion of *L. camara*. Specifically, this involved (1) determining the degree of *L. camara* proliferation in coconut groves, (2) assessing the floristic diversity and the soil composition of invaded plantations.

Materials And Methods

Study area

The department of Grand-Bassam is in the umbrophile sector between 5° 2' and 5° 4' North and between 4° 40' and 4° 55' West (Guillaumet and Adjanohoun 1971). It has a subequatorial climate rhythmized by 4 seasons. Considering the most recent data from 2009 to 2017, provided by SODEXAM for the South Comoe region, there are two rainy seasons, a large season from March to mid-July and a small season from October to November. Then, two dry seasons, the big one from December to February and the small season starts from August to September. The average annual rainfall exceeds 1800 mm (Mévanly 2018). The vegetation of the region belongs to the coastal area of the Guinean estate (Guillaumet and Adjanohoun 1971), characterized by the presence of evergreen forests, coastal forests, coastal thickets, swamp forests and mangroves. This vegetation is now severely degraded due to human activities that are mainly agriculture, crafts, fishing, livestock, and tourism (Mévanly, 2018). As for wildlife, it is home to many animal species, including palearctic and migratory birds (Nicolle *et al.*, 1987). The department of Grand-Bassam has ferrallitic, hydromorphic and sandy soils (Zan-Bi, 2014). That corresponds to Acrisol (AC), Gleysol (GL) and Arenosol (AR) according to FAO classification (FAO, 2015). The soils of littoral are low-developed sandy soils superior à

80 p.c. , mainly composed of quaternary sands, very low natural fertility, degraded and very poor in mineral elements. These soils are 96.42 p.c. , coarse sands (200-2000 µm), pH (4.6), carbon (0.37 p.c.), nitrogen (0.02 mg/100g), potassium (mg/100g), exchangeable cations and very low cationic exchange capacity (1.09 cmol (+) kg⁻¹). Soil organic matter content is 0.41 p.c. , i.e. less than 1 p.c. (Lekadou, 2009). This study was carried out at three sites. These are the PK 5, PK 8 and the Station Marc Delorme of the National Centre for Agricultural Research of Côte d'Ivoire (CNRA). Those sites were chosen according to the level of invasion of the coconut plantations by *Lantana camara* (Figure 1). Coconut groves have been established since the 1950s and 1960s (Lekadou, 2009). The areas of plantations varied from 1 to 5 ha for the sites PK 5 and PK 8 and to 210 ha for the CNRA plantation (Assa *et al.*, 2006). The latter contained 30 varieties of the Assinie collection of "grand" coconuts (Lekadou, 2009). Coconut groves considered to be invaded were those containing many populations of *Lantana camara*. Uninvaded coconut groves were remarkable either by the rare tufts of *L. camara* or no individuals of the species. In each site, invaded and uninvaded plots were identified. Uninvaded plots were used as control such as Gooden *et al.* (2009); Dobhal *et al.* (2011); Osunkoya and Perrett (2011); Simba *et al.* (2013); Mandal et Joshi (2014). In total, three invaded sites and two uninvaded sites were identified.

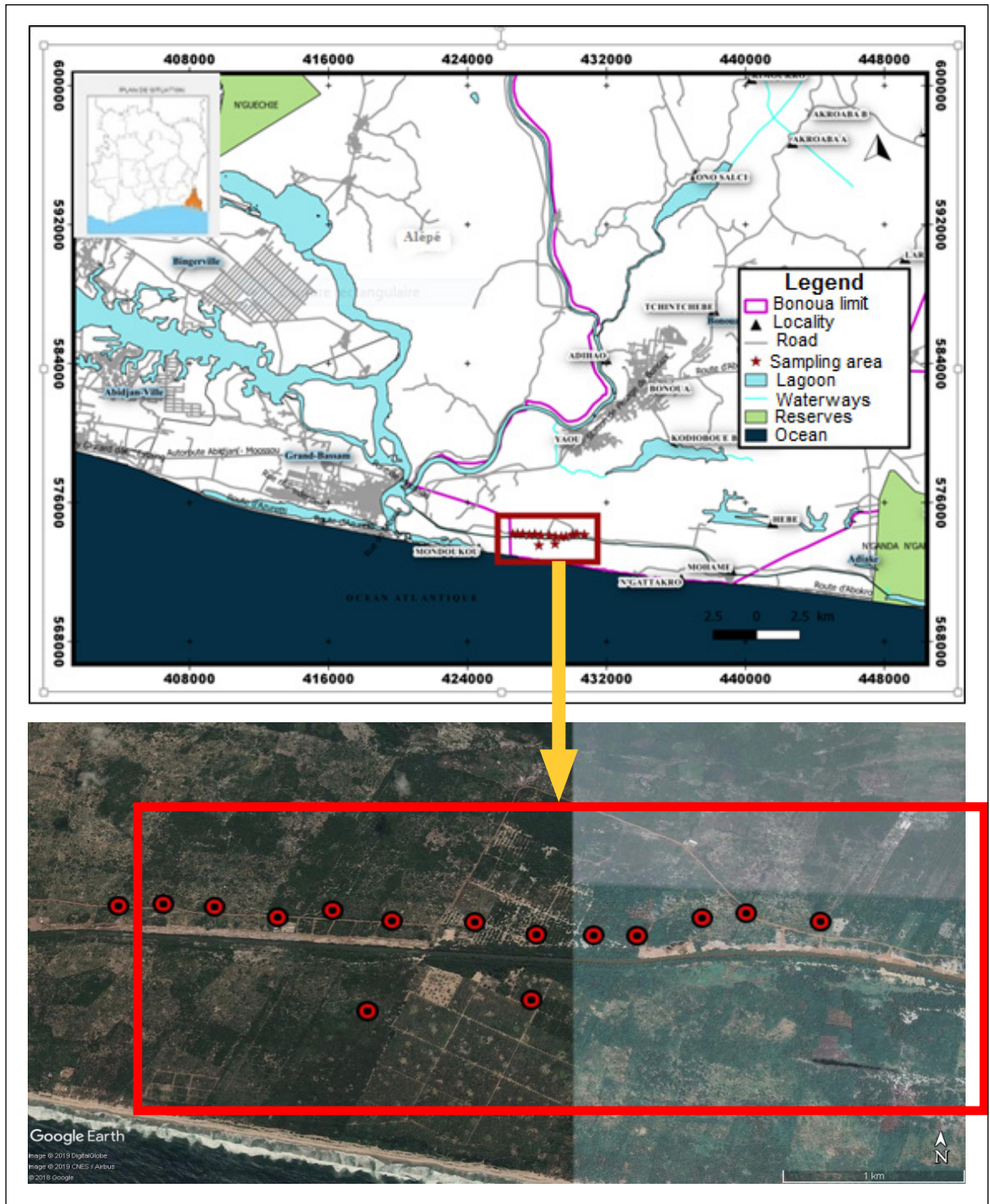


Figure 1: Location map of study area and sampling sites

Description of the vegetation

For the description of vegetation, three strata were defined according to morphological types with reference to the work of Raunkier (1934). These strata were: Herbaceous stratum containing annual and perennial herbaceous plants that were Therophytes (Th), Hemicryptophytes (H), Chamephytes (Ch) and Geophytes (G) which height below 0.25 m;

Shrub stratum composed of a low shrub stratum with the Nanophanerophytes (np) which height was between 0.25 to 2 m and high shrub stratum with the MicroPhanerophyte (mp) which height was between 2 to 8 m; Tree stratum corresponding to Mesophanerophytes (mP) which height was between 8 to 30 m and MegaPhanerophytes (MP) which height is over 30 m.

Collection of floristic data

Twenty-two (22) transects (North-South and East-West) were identified in the three sites. Each transect was subdivided into contiguous plots of 100 m² (10 m x 10 m), for a total of 220 plots. On each plot floristic data were collected by the surface survey method (Duvigneaud, 1949; Yoka *et al.*, 2013). All species were identified. Those that could not be identified in the field were put in herbarium and later identification at the National Floristic Centre of Côte d'Ivoire. Species recovery was subjectively assessed on the abundance-dominance of Van Der Maarel (1979) (Table I).

Table 1: Abundance-dominance coefficient according Van der Maarel (1979)

(Van Der Maarel, 1979) AD	Definition	Average recovery (p.c.)
1	1 individual	1
2	2 individuals	2
3	Dr ≤ 5 p.c.	3.5
4	5 < Dr ≤ 10 p.c.	7.5
5	10 < Dr ≤ 15 p.c.	12.5
6	15 < Dr ≤ 25 p.c.	20
7	25 < Dr ≤ 50 p.c.	37.5
8	50 < Dr ≤ 75 p.c.	62.5
9	Dr > 75 p.c.	87.5

Legend: Dr: Relative abundance; AD: Abundance-Dominance Coefficient

Richness and floristic composition

The floristic richness of coconuts plantations at each site was determined by the number of species, genera, and families (Aké-Assi, 1984). The identification of the plant species was done using the identification key of Lebrun and Stork (1991; 1997); Hawthorne (1995). The family names followed the APG IV (2016). The specific diversity of each site was determined by the Shannon-Weaver diversity index (1948) according to the following formula: with H' : Shannon diversity index; $p_i = n_i/r$, where n_i represented the recovery of species i in the relevant statement and r represented the total sum of the recovery of the species in the statement. The floristic homogeneity at each site was assessed based on the Pielou equitability index (1966), which is derived from the Shannon-Weaver index. This index describes the distribution of the different species of a population and has mathematical expression: $E = H' / \ln S$ where H' represented the Shannon index, S had been the total number of species of a given biotope, and $\ln S$ represented the maximum

diversity of the biotope. The invasive alien species were identified from IUCN (2014); Neuba *et al.* (2014); Noba *et al.* (2017); Dogba *et al.* (2018); Akaffou *et al.* (2019).

Regularity of species

The relative frequency (Fr) is a value that reflects the regularity of the distribution of a species in a plant community (Daget and Poissonet 1969). It was calculated according the formula: $Fr = Fa(e) / N$ with $Fa(e)$: absolute frequency of each species and N : number of plots. To classify the relative frequency of species, Raunkiaer (1905) defined 5 groups of frequent species: Class I included very infrequent species with a relative frequency between 0 and 20 per cent. Class II included irregular species with a relative frequency between 21 and 40 per cent. Classes III, IV and V included regular, very regular and particularly regular species with frequencies between 41 and 60 p.c., 61 and 80 p.c., and 81 and 100 p.c., respectively.

Aggressiveness of species

The specific contribution is a value that reflects the aggressiveness of species in a plant community (Daget and Poissonet 1969). This specific contribution was obtained from the formula: $Cs(e) = [Fs(e) / \sum_1^n FS(e)] \times 100$ where $FS(e)$ represented the specific frequency of the species (e) and $\sum_1^n FS(e)$ represented the sum of the frequencies of all species. For classifying the aggressiveness of species, Daget and Poissonet (1969) adopted the following classification: $Cs(e) < 1$: non-productive species; species with a more or less negligible depressive effect on plants; $1 \leq Cs(e) < 4$: unproductive species with a relatively high depressive effect on plants and aggressive; $Cs(e) \geq 4$: very productive species with a particularly high depressive effect and very aggressive on other plants.

Degree of infestation

The degree of infestation of *Lantana camara* and other species were graphically highlighted by an infestation diagram. This diagram was based on the relative frequencies and the mean abundance of a species (Le Bourgeois et Guillerm, 1995). The mean abundance was obtained following formula (Kazi *et al.*, 2010): $AD\ moy(e) = \sum AD(e) / Nrel(e)$ where $AD(e)$ represented the mean of the species abundance/dominance indices and $Nrel(e)$ represented the number of plots where the

species was present. The infestation diagram allows differentiating groups of species according to their degree of infestation (Le Bourgeois et Guillerm, 1995; Diomandé *et al.*, 2018). Thus, nine groups of species can be discriminated: Group 1 (G1) contained the major general species that were both very frequent ($Fr > 0.5$) and very abundant ($AD\ moy. > 1.5$). They were the most harmful species that could colonize all ecological environments and had the potential for significant invasion; Group 2 (G 2) was composed of general potential species, very frequent ($Fr > 0.5$) and very abundant ($1.25 < AD\ moy. < 1.5$). They were very ubiquitous species; whose infestation was generally less than that of general major species; Group 3 (G 3) contained very frequent general species ($Fr > 0.5$), but never abundant (mean $AD < 1.25$). They were ubiquitous species found in almost all environments; Group 4 (G 4) corresponded to major regional species, very frequent ($Fr > 0.5$) but never abundant ($AD\ moy. < 1.50$). They were ubiquitous species but did not pose any problem in the current phytotechnical context. These species to be monitored because of their wide distribution during cultivation practices. They were species whose presence is linked to a regional ecological factor. It was the original vegetation or agricultural environment; Group 5 (G 5) contained potential regional species. They were very abundant ($AD\ moy. > 1.5$) and moderately frequent ($0.2 < Fr < 0.5$) with a wide ecological range whose presence were linked to a regional ecological factor (soil, climate, topography); Group 6 (G 6) consisted of regional species, moderately frequent ($0.2 < Fr < 0.5$) and less abundance ($AD\ moy. < 0.5$). They had an average ecological range but were not a constraint due to their limited abundance. However, they could be used as indicators of regional ecological conditions; Group 7 (G 7) consisted of the major local species, very abundant ($1.25 < AD\ moy. < 1.5$) and moderately frequent ($0.2 < Fr < 0.5$). They had a narrow ecological range and became an important agronomic constraint on the cultivated parcels in the forest or savannah zone; Group 8 (G 8) were local potential species, infrequent ($Fr 0.2$) and occasionally showed less average dominance indices ($1.25 < AD\ moy. < 1.5$). They had a narrow ecological range; Group 9 (G 9) consisted of minor species infrequent ($Fr < 0.2$) and un-abundant ($AD\ moy. < 1.25$). They were rare, foreign, or pioneering species. They were not harmful to crops. However, the fields should be cleared of these species, especially because of the competition they can engage with the culture for the occupation of space.

Soil sampling and analyses

The soil samples were taken in each plot using an auger at the corner and in the centre at a depth of 0 - 20 cm. The five soil samples were mixed and put into a bag to form a composite sample (Abobi *et al.*, 2014). A total of fifteen (15) composite soil samples were taken. They were then air-dried and sieved with a 2 mm sieve for physicochemical analysis in the laboratory. The water pH was obtained with electrode measurements according to NF-ISO 10390. The concentrations of hydrogen ions (H^+) were determined from the measurement of the soil solution (the water of the soil and its dissolved substances) when measuring soil water pH (McCauley *et al.*, 2017). The method of Walkley and Black (1934) was used for the determination of carbon. Total nitrogen was determined by the Kjeldhal method (Bremner and Mulvaney, 1982). Available phosphorus was determined by the Bray 2 method (Okalebo *et al.*, 2002). Cation exchange capacity was determined by extraction (percolation) in a 1N ammonium acetate-buffered medium, pH 7.0 to saturate the soil with NH_4^+ cations in a mechanical vacuum extractor (Van Ranst *et al.*, 1999). Available magnesium, potassium and sodium were determined in the acetic extract by atomic absorption spectrophotometry (Bertalot *et al.*, 2013). Samples used for texture analysis were dispersed with sodium carbonate solution (Na_2CO_3) and hexametaphosphate sodium and pre-treated according to the ISO11464 method. Particle size analyses of clay and silt were carried out using the Robinson pipette method (AFNOR-NF X 31-107 standard), (Verger, 1976) with a Texusol24B sedimentation machine (LCA Instruments, France). The sand fraction was obtained by wet sieving at 200 μm . These analyses were carried out at the Institute National Polytechnic Félix Houphouët-Boigny of Côte d'Ivoire.

Statistical analysis

Floristic data were submitted to the non-parametric Kruskal-Wallis test to compare water pH, carbon (C), total nitrogen (Nt), available phosphorus (mg P per g of soil), available magnesium (Mg^{2+}) and sodium (Na^+) (Alignier, 2011). Whenever the calculated probability was significant, Dunn's test was used to compare the means in pairs to assess significant differences. Comparison of the means of C/N, cation exchange capacity (CEC), available calcium (Ca^{2+}) and available potassium (K^+) was performed by the Anova test followed by the Tukey pairwise comparison test (Alignier, 2011).

Multiple factor analysis (MFA) was used to describe groups of individuals based on qualitative and quantitative variables (Pagès, 2002). In this study, the qualitative variable was *Lantana camara* cover and the quantitative variables were floristic data (specific richness, Shannon diversity index, Piélou equitability

index, specific contribution) and soil physicochemical parameters (clay, silt, sand, water pH, C, Nt, C/Nt, available P (mg P per g of soil), CEC, available Ca²⁺, available Mg²⁺, available K⁺ and Na⁺). All analyses were performed using XLSTAT software version 2014.5.03 and R Version 3.2.

Results

Vegetation of coconut groves

Vegetation of uninvaded coconut groves was structured in 3 strata: an herbaceous, shrubby and tree stratum. The rarely mowed undergrowth was distinguished by a tree covered layer with an average height of 9 m and a cover of 15-25 p.c. dominated by *Leptoderris ledermannii* Harms (Fabaceae). It also included species with lianaceous characteristics such as *Ancistrocladus barteri* Scott-Elliott (Ancistrocladaceae). A shrub stratum with an average height of 4 m was then encountered. This stratum was subdivided into a low shrub stratum with characteristic species such as *Acroceras zizanioides* (Kunth) Dandy, *Borreria verticillata* (L.) G.Mey. (Rubiaceae), *Triumfetta rhomboidea* Jacq. (Malvaceae), *Waltheria indica* L. (Malvaceae) and a high shrub stratum characterized by *Alchornea cordifolia* (S. & Th.) Müll. Arg. Macbr (Euphorbiaceae), *Baphia nitida* Lodd (Fabaceae), *Rauvolfia vomitoria* Afzel. (Apocynaceae) and *Chrysobalanus icaco* L. subsp. *icaco* L. (Chrysobalanaceae) which was the most dominant species. The herbaceous stratum with an average height of 1 m had a low coverage of 5-15 p.c. It included perennial herbs such as *Andropogon auriculatus* Stapf (Poaceae), *Emilia coccinea* (Sims) G.Don (Compositae), *Cucumis sativus* L. (Cucurbitaceae), *Cyperus sphaclatus* Rottb. (Cyperaceae) and perennial grasses including *Catharanthus roseus* (L.) G. Don (Apocynaceae), *Centrosema pubescens* Benth. (Fabaceae), *Chrysopogon aciculatus* Trin. (Poaceae) and *Heterotis rotundifolia* Smith (Melastomataceae). The dominant species of this herbaceous stratum was *Andropogon auriculatus*.

In case of an invasion by *Lantana camara*, the undergrowth of the coconut groves was regularly mowed. This undergrowth was characterized by a low shrub layer with a wide cover and dominated by *Lantana camara*. Shrubs such as *Acroceras zizanioides* (Kunth) Dandy, *Borreria verticillata* (L.)

G.Mey., *Ouratea glaberima* (P. Beauv.) Engl. were founded in places. We also observed *Dalbergia afzeliana* G., a lianescent species. Sometimes a high shrub stratum developed with rare individuals planted liked *Acacia mangium* Willd. The herbaceous stratum, with an average height of 1 m, included annual herbaceous plants such as *Oldenlandia affinis* (Roem. & Schult.) DC. and perennial herbaceous plants as *Diodia rubricosa* Hiern.

Some species remained present in invaded and uninvaded coconut groves of *Lantana camara*. They were: *Acacia mangium*, *Acroceras zizanioides*, *Agelaea pentagyna*, *Albertisia scandens*, *Alchornea cordifolia*, *Ancistrocladus abbreviatus*, *Andropogon auriculatus*, *Baphia nitida*, *Borreria verticillata*, *Calopogonium mucunoides*, *Chromolaena odorata*, *Chrysobalanus icaco*, *Oldenlandia affinis* and *Waltheria indica*. Among these plants, *Calopogonium mucunoides* and *Chromolaena odorata* were highly invasive species in Côte d'Ivoire. Other species present in uninvaded coconut groves disappeared during the invasion. These plants included: *Albertisia cordifolia*, *Clerodendrum splendens*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eugenia whytei*, *Ficus trichopoda*, *Pentodon pentandrus*, *Perotis indica*, *Phyllanthus pentandrus*, *Pouzolzia guineensis*, *Rauvolfia vomitoria*, *Secamone afzelei*, *Sesamum radiatum*, *Stachytarpheta cayennensis*, *Tricalysia discolor*, *Zanthoxylum Zanthoxyloides*. Some of the species that appeared during the invasion were: *Axonopus compressus*, *Boerhavia diffusa*, *Cassia occidentalis*, *Desmodium ascendens*, *Eragrostis domingensis*, *Fimbristylis ferruginea*, *Imperata cylindrica*, *Micrograma owariensis*, *Mimosa pudica*, *Panicum repens*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pteridium aquilinum*, *Phyllanthus amarus*, *Sauvagesia erecta*, *Schrankia leptocarpa*, *Scoparia dulcis*, *Sterculia tragacantha*, *Tapinanthus bangwensis*, *Triclisia patens*, *Vernonia cinerea*. There were not invasive plants among the species that appeared or disappeared during the invasion of *Lantana camara*.

Floristic diversity and physicochemical properties of soil

A total of 120 species were inventoried. Ninety-four (94) species were found in uninvaded coconut groves and sixty-two in invaded coconut groves. These species were divided into 101 genera and 41 families. The important families were Poaceae (13 species), Cyperaceae (12 species), Fabaceae (11 species) and Rubiaceae (10 species). The mean number of species was varied from 13.5 ± 3.4 in uninvaded coconut groves to 10.4 ± 2 in invaded ones. Statistical analyses showed a significant difference ($K = 34.9$; $P < 0.05$) (Table II). The highest mean value of Shannon index was obtained in uninvaded coconut groves (1.4 ± 0.4). The lowest value was obtained in invaded coconut groves (0.8 ± 0.4). The difference between these mean values was statistically significant ($K = 80.5$; $P < 0.05$) (Table III). The Pielou equitability index of uninvaded coconut groves (0.8 ± 0.4) differed significantly from that of invaded coconut groves (0.6 ± 0.05) ($K = 115.7$; $P < 0.05$) (Table III).

In invaded coconut groves, *L. camara* was more frequent (96.5 p.c.) and more aggressive (9.2) (Table IV). In uninvaded coconut groves, *Lantana camara* came in the 29th position with a relative frequency equal to 4 p.c. and a specific contribution equal to 1 (Table IV). Infestation diagram showed that the Group 1 was composed of *Lantana camara* which was very frequent ($Fr > 0.5$) and very abundant (AD moy. > 1.5), (Figure 2). Soil texture did not show significant differences (Table V). Studied soils had sandy texture with $> 95\%$ of sand, around 2% of silt and 1% of clay. Three soils variables showed significant differences in mean concentrations. They were water pH ($K = 11.6$; $P < 0.05$), total nitrogen ($K = 12.9$; $P < 0.05$) and available potassium ($F = 17.1$; $P < 0.0001$). Average soil water pH varied from 5.1 ± 0.05 in uninvaded coconut groves to 3.5 ± 0.2 in invaded coconut groves. Average of total nitrogen varied from 0.032 ± 0.004 mg / 100g in uninvaded coconut groves to 0.14 ± 0.009 mg / 100g in invaded coconut groves. Average of available potassium varied from 0.097 ± 0.001 mg / 100g in uninvaded coconut groves to 0.092 ± 0.001 mg / 100g in invaded coconut groves. The other chemical parameters did not show significant differences among invaded and uninvaded plots (Table VI).

Multiple Factor Analysis (MFA) showed that the three axes explained 77.52 p.c. variance information (Figure 3). First and second axes restored 63.85 p.c. variance information and third axis 13.67 p.c. Factor map showed two groups of coconut groves. Group 1 described in the positive and negative of axis 1 was composed of uninvaded coconut groves with low *Lantana camara* coverage. These groves were characterized by high floristic diversity and high richness of soil chemicals such as available phosphorus, sodium, available potassium, cation exchange capacity and available magnesium. Group 2 described in the positive and negative plan of axis 2 contained invaded coconut groves where *Lantana camara* coverage was high. They were characterized by high specific contribution, low floristic diversity and richness of soil chemical elements. Soil was correlated with total nitrogen, carbon, carbon/nitrogen ratio.

Table 2: Parameters of floristic richness of study sites

Study sites	Number of species	Average number of species
Invaded coconut groves	62	10.4 ± 2.1^a
Non invaded coconut groves	94	13.5 ± 3.4^b
Entire study area	120	11.15 ± 6^{ab}
Statistical test	$K = 34.9$; $P < 0.05$	

The values with same letters within a column are not significantly different.

Table 3: Specific diversity indices of different biotopes

Study sites	Average Shannon Index/Plot	Average Pielou Index/Plot
Invaded coconut groves	0.8 ± 0.4^a	0.6 ± 0.05^a
Non-invaded coconut groves	1.4 ± 0.4^b	0.9 ± 0.1^b
Statistical test	$K = 80.5$; $P < 0.05$	$K = 115.7$; $P < 0.05$

The values with same letters within a column are not significantly different.

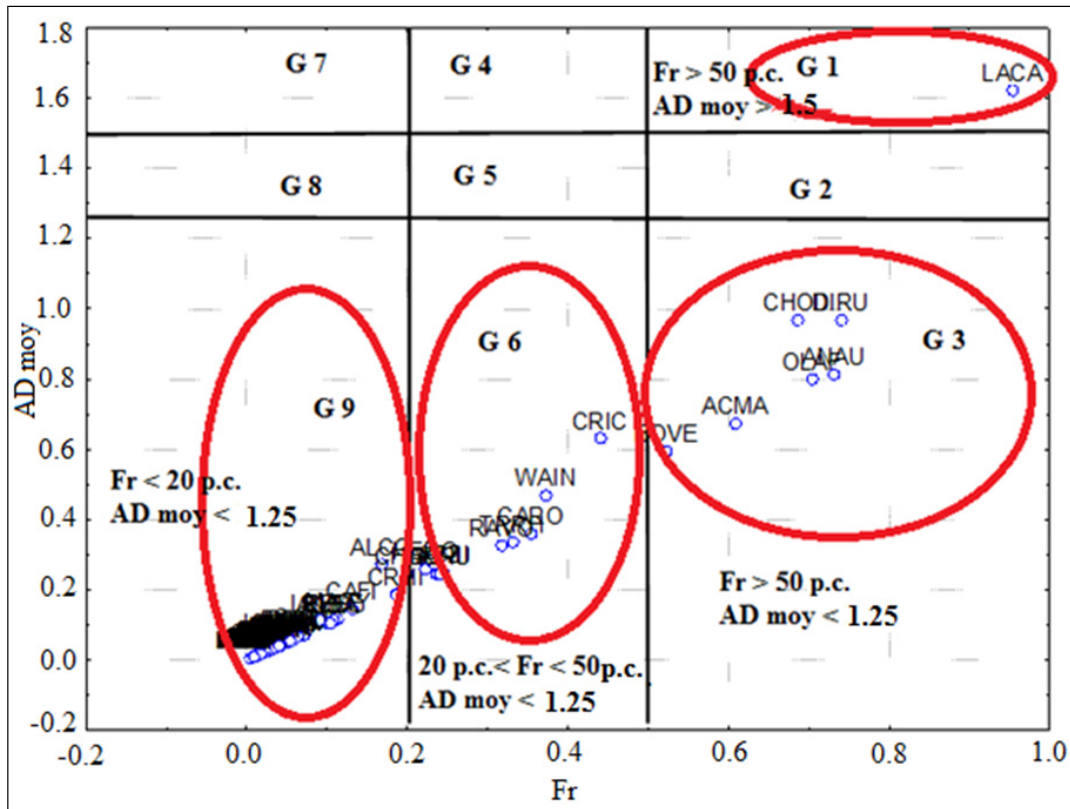


Figure 2: Infestation diagram showing the invasiveness of species at all study sites

Legend: The four letters represent the species names (the first two letters represent the beginning of the genus and the last two letters represent the beginning of the species-specific epithet). **AD moy:** Mean abundance-dominance; **Fr:** Relative frequency

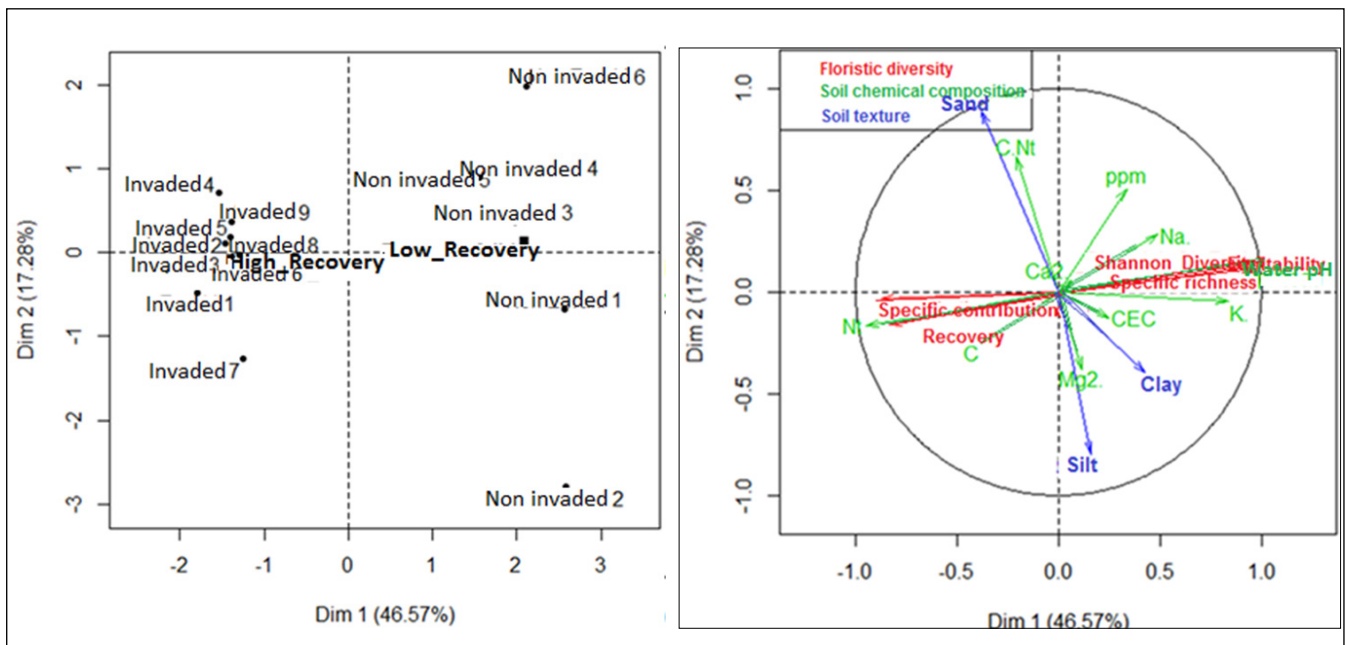


Figure 3: Factorial map and correlation circle of quantitative and qualitative variables used in the AFM

Legend: Dim: Dimensions; C: Carbon; Nt: Total Nitrogen; C.Nt: Carbon/Total Nitrogen; ppm: Available Phosphorus; CEC: Exchangeable Bases; Ca2: Available Calcium; Mg2: Available Magnesium; K: Available Potassium; Na: Available Sodium.

Discussion

A stratum is a set of plants, of a given height, participating in the vertical organization of plant communities (Géhu, 2006). In the present study, a low cover of shrub and tree strata was observed in the coconut groves plantations. These industrial plantations are regularly mowed to facilitate access to the coconut groves. This anthropogenic action provides a good herbaceous conditions conducive to their development (Atta *et al.*, 2010). Adou Yao *et al.* (2011) point out the fact that the maintenance of coconut plantations requires complete clearing to allow the rapid development of seedlings. These disturbances were confirmed by the presence of lianaceous species reflecting disturbed environment (Kouamé, 1998). The abundance of *Lantana camara* in this shrub stratum was related to the ecology of the environment. Sharma *et al.* (2005) point out that invasive species are very present in highly anthropized environments. They also demonstrated that the production of abundant seeds throughout the year allows them having a highly competitive power over native species. Tiébré *et al.* (2018) also reported the proliferation of *Lantana camara* in coconut groves of Mondoukou and Assouindé.

This study also showed that some plant species were resilient to *L. camara* invasion. This could be due to their competitiveness (Djaha *et al.*, 2009). Indeed, species such as *Acacia mangium*, *Calopogonium mucunoides* and *Chromolaena odorata* are alien species that adapted and the two latter have become invasive in Côte d'Ivoire (Maroun, 2017 ; Tiébré and Gnanazan, 2018 ; Akaffou *et al.*, 2019). On the other hand, the disappearance of species in the presence of *L. camara* may be related to their low competitiveness and the shade created by the tufts of *L. camara*. Indeed, the shade created by the foliage contributes to the elimination of herbaceous and other heliophilic species from the flora (Mwoleka, 2019). In addition, the appearance of certain plant species in the presence of *L. camara* can be explained by a spontaneous appearance. This is the case of *Sterculia tragacantha*. Gnahoua *et al.* (2003) have shown that this species appears spontaneously in regenerating environments after repeated disturbances.

In this study the impact of *Lantana camara* on the floristic diversity and physicochemical properties of soil was highlighted by comparing invaded and uninvaded plots, the latter being

used as control. This method was already used by Gooden *et al.* (2009); Dobhal *et al.* (2010); Osunkoya et Perrett (2011); Simba *et al.* (2013); Mandal et Joshi (2014) to analyse the impact of alien invasive species. The results showed that invaded coconut groves (62 species) had fewer species than uninvaded ones (94 species). Invaded coconut groves had fewer species than non-invaded coconut groves. Mwoleka (2019) also showed that areas invaded by *Lantana camara* in Bumanya, Bulima and Wampeewo in Uganda had fewer species than uninvaded. In the study of Mwoleka (2019), the number of species increased from 47 to 19 in Bumanya, from 52 to 20 in Bulima and from 57 to 19 in Wampeewo. High specific contribution of *Lantana camara* was also revealed by Senarathne *et al.* (2003) in coconut groves in Fiji, Trinidad, New Hebrides and Sri Lanka. According to Daget and Poissonet (1969), this reflects the depressive effect of *Lantana camara* on other species. In addition, Sharma *et al.* (2005) indicated that the depressant effect came from the high seed production, homeostatic form and phenotypic plasticity of this species. In this study, plant diversity decreased in the invaded coconut groves. Similar results were found by Zende (2016) in Victoria Falls National Park and Imire Ranch in Zimbabwe. This species produces and releases phenolic acids, flavonoids, terpenes and terpenoids that are known to be inhibitors of plant growth (Pysek *et al.*, 2004). These compounds change soil chemical composition and inhibit plant growth in invaded sites. This affirmation is according with Novel weapons hypothesis which states that certain plants can produce and release biochemical substances that have a negative effect on neighbouring plants by inhibiting their development (growth, germination). The result is a reduction of diversity plants in invaded areas. This study also indicated an inequitable distribution of plants in invaded coconut groves. The same results were revealed by Sax and Gaines (2003). For these authors, invasive alien species cause homogenization when they are dominant in the ecosystem. Results of infestation diagram showed that *Lantana camara* was the most harmful plant in coconut groves. Same results were found by Nanjappa *et al.* (2005) in coconut groves of Rji and Trinidad. *Lantana camara* produces allelochemical compounds that affect the roots, stem, and leave of coconut plants (Chaudhary and Bhansali, 2002). Also, these compounds destroy

the viability of the seeds and prevents the growth of coconut plants (Chaudhary and Bhansali, 2002). The presence of thorns on *Lantana camara* prevents coconut collection and causes yield losses (Day *et al.*, 2003).

Soil mineral analysis showed differences between water pH, total nitrogen and available potassium concentration in invaded and non-invaded coconut groves. These results are identical to those of Simba *et al.* (2013) and mean that they are important for the growth of *L. camara*. Water pH represents the level of acidity or alkalinity of a given soil (Ndoum, 2010). In this study, water pH became lower in invaded sites than non-invaded sites. This was also observed by Ehrenfeld (2003) and means that soil became more acidic during the invasion of *L. camara*. According to Adéchina (2017) acidity can affect the activity of nitrifying bacteria. Acidic soils are toxic, inhibit plant growth and are less fertile for crops. Nitrogen is an essential nutrient for vegetative growth of plants (F.A.O., 2003). As reported by Simba *et al.* (2013) *Lantana camara* being a highly branched species with a lot of leaf biomass. In the current study, the nutrient concentrations of *Lantana camara* leaves were not measured. However, Jama *et al.* (2000) observed concentrations of 2.8% N and 2.1% K in *Lantana camara* leaves. Our study showed that total nitrogen concentration was higher in soil of invaded sites. These results are similar to those of Mandal and Joshi (2014)

that deduced that the increase in nitrogen could be explained by the presence of *Lantana camara*. Indeed, this species drops a large amount of litter under its canopy. After litter decomposition, total nitrogen rate increases in the soil. Wang *et al.* (2015) demonstrated that an increase in total nitrogen allows *Lantana camara* to better express its invasiveness. In addition, it has been demonstrated that high soil nitrogen contents favour the proliferation of invasive plants to the detriment of native plants (Laungani and Knops, 2009). In this study, other alien species have been observed in the presence of *Lantana camara*. There were *Acacia mangium*, *Calopogonium mucunoides* and *Chromolaena odorata*. *Acacia mangium* was introduced in the coconut groves of southeast Côte d'Ivoire since 1986 for soil nitrogen and organic matter improvement. This species, invasive in other countries (Koutika and Richardson, 2019), is not invasive in Côte d'Ivoire. *Calopogonium mucunoides* and *Chromolaena odorata* are two highly invasive species in Côte d'Ivoire (Akaffou *et al.*, 2019). In the current study, available potassium decreased in the invaded sites. These results are similar to those of Simba *et al.* (2013) in Kenya. According to Thomas and Ellison (2000), *Lantana camara* need available potassium for flowering and seed production (12,000 fruits containing 1 to 2 seeds). This positively affect the growth and spread of *Lantana camara* (Simba *et al.*, 2013).

Conclusion

The floristic inventory listed 120 plants, divided into 101 genera and 41 families in coconut groves of Southeast Côte d'Ivoire. *Lantana camara* is the most common species in coconut groves and is aggressive to native species. The low shrub stratum in the invaded coconut groves is dominated by *Lantana camara* and the study highlights the resilience, disappearance, and appearance of certain species. This proliferation causes a loss of

specific diversity and a remarkably high nuisance potential. The soils of the invaded coconut groves are more acidic, poor in minerals and floristic diversity. On the other hand, the soils of uninvaded coconut groves are rich in mineral elements and show a high floristic diversity. This indicates that *L. camara* modifies the chemical properties of the soil. It is therefore necessary to develop strategies to control this invasive alien species.

Acknowledgements

This study received financial support of the African Centre of Excellence on Climate Change, Biodiversity and Sustainable Agriculture (CEA-CCBAD) attributed to Mr. Pagny Franck Placide Junior. The authors wish to acknowledge the International Foundation for Science (IFS) through the Carolina Mac Gillavry Award attribute to

Pr. Marie-Solange TIÉBRÉ (Individual Grant Number J / 5728-1), the National Centre for Agronomic Research of Côte d'Ivoire (CNRA) and the Marc Delorme station for having authorized the collection of data. The authors would like to thank the two anonymous reviewers for helpful suggestions.

References

- Abobi AHD, Angui TKP, Kouadio YJ. 2014.** Influence de la fertilisation à base des coques de cacao sur les paramètres chimiques d'un ferralsol et sur la croissance du maïs (*Zea mays* L.) à Oumé, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **82** : 7359-7371.
- Adechina O. 2017.** Définition de la qualité des sols par les bio-indicateurs dans deux zones agroécologiques de la Côte d'Ivoire : cas des sols sous culture arachidière à Ahoué et à Ggbala. Thèse de Doctorat. Université Félix Houphouët Boigny Cocody, 171 p.
- Adou Yao CY, Bakayoko A, Akpatou KB, N'guessan K. 2011.** Impacts de pressions anthropiques sur la flore et la structure de la végétation dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **12** (2) : 1560-1572.
- Akaffou SVE, Ouattara M, Roseline GGZ, Tiébré M-S. 2019.** Dynamique de Colonisation des Zones Rudérales d'un Massif Forestier Urbain par les Espèces Végétales Exotiques Envahissantes: Cas du Parc National du Banco (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, **21** (15) : 40-267.
- Aké-Assi L. 1984.** Flore de la Côte d'Ivoire. Étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de Doctorat d'État de Université d'Abidjan, Abidjan, p. 1206.
- Alignier A. 2011.** Distribution des communautés végétales sous l'influence des lisières forestières dans des bois fragmentés. Thèse de Doctorat, Université Toulouse, France, 239 p.
- APG IV. 2016.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **161** : 1-20.
- Aravind NA, Rao D, Ganeshaiyah KN, Shaanker RU, Poulsen JG. 2010.** Impact of the invasive plant, *Lantana camara*, on bird assemblages at Malé Mahadeshwara Reserve Forest, South India. *Tropical Ecology*, **51** (2) : 325-338.
- Assa RR, Konan JL, Nemlin J, Prades A, Agbo N, Sie R. 2006.** Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. *Sciences et Nature*, **3** (2) : 113-120.
- Atta S, Achard F, Mohamedou SOM. 2010.** Evolution récente de la population, de l'occupation des sols et de la diversité floristique sur un terroir agricole du Sud-Ouest du Niger. *Sciences & Nature*, **7** (2) : 119-129.
- Baars JR, Heystek F. 2003.** Geographical range and impact of five biocontrol agents established on *Lantana camara* in South Africa. *BioControl*, **48** (6) : 743-759.
- Bertalot MJA, Guerrini IA, Mendoza Rodriguez E, Pinto MSV. 2013.** Influence of Agroforestry and Traditional Management of Maize (*Zea mays* L.) on Soil Fertility. *Journal of Sustainable Forestry*, **32** : 495-511.
- Bremner JM, Mulvaney CS. 1982.** Methods of soils analysis. Part 2 2nd ed. Agron Monogr.9.ASA and SSSA, 365 Madison WI p595-624 Hall. New Jersey, 539 p.
- CABI. 2019.** Invasive Species Compendium. CAB International, Wallingford, UK, <https://www.cabi.org/isc/search/index?q=Lantana%20camara>.
- Capers RS, Selsky R, Bugbee GJ, White JC. 2009.** Species richness of both native and invasive aquatic plants influenced by environmental conditions and human activity. *Botany*, **87** (3) : 306-314.

- Chaudhary BL, Bhansali E. 2002.** Effect of different concentration of *Lantana camara* Linn. extract on spore germination of *Physcomitrium japonicum* Hedw. in half Knop's liquid medium and double distilled water. *Research Bulletin of the Panjab University, Science*, **52** : 161-165.
- Daget P, Poissonet J. 1969.** Analyse phytologique des prairies, applications agronomiques, CNRS-CEPE, Montpellier (France), Doc. 48, 67p.
- Day M, Wiley CJ, Playford J, Zalucki MP. 2003.** *Lantana*: Current Management Status and Future Prospects. ACIAR, Canberra, ACT, Australia, pp 10.
- Devine K, Fei S. 2011.** A review of impacts by invasive exotic plants on forest ecosystem services. In: Fei, S. (Ed.), Proceedings of the 17th Central Hardwood Forest Conference. Newtown Square, Pennsylvania. USDA Forest Service, Northern Research Station, pp. 425-435.
- Diomandé S, Danon A, Amba AJG, Mangara A, Bakayoko A. 2018.** Flore Adventices Des Jardins Potagers Des Établissements Pénitentiaires De Côte d'Ivoire: Cas Des Maisons d'Arrêt Et De Correction d'Abidjan Et De Gagnoa. *European Scientific Journal*, **14** (36) : 1857-7881.
- Djaha BAO, N'Guessan AK, Djaha JBA, Traoré D. 2009.** Impact des jachères à Légumineuses arborescentes sur la flore adventice au Sud de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, **21** (2) : 143-154.
- Dobhal PK, Kohli RK, Batish DR. 2011.** Impact of *Lantana camara* L. invasion on riparian vegetation of Nayar region in Garhwal Himalayas (Uttarakhand, India). *Journal of Ecology and the Natural Environment*, **3** (1) : 11-22.
- Dogba M, Malan DF, Neuba DFR, Konan AS, 2018.** Biologie et écologie de *Porophyllum rudérale* (Jacq.) Cass., une Compositae nouvellement apparue en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **36** (3) : 5907-5918.
- Duvigneaud P. 1949.** Classification phytosociologique des tourbières de l'Europe. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, **81** : 59-122.
- Early R, Bradley BA, Dukes JS, Lawler JJ, Olden JD, Blumenthal DM, Sorte CJ. 2016.** Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature communications*, **7** (1) : 1-9.
- Ehrenfeld JG, 2003.** Effects of Exotic Plant Invasions on Soil Nutrient Cycling Processes. *Ecosystems* , **6** : 503-523.
- FAO. 2003.** Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne, FAO, p. 63.
- Géhu JM. 2006.** Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales. *Phytocoenologia*, **38** : 1-2.
- GISIN. 2011.** Réseau mondial d'information sur les espèces envahissantes. Disponible: http://www.niiss.org/cwis438/Websites/GISINDirectory/SpeciesStatus_TopInvasives.php?WebSiteID=4. Du 20 Septembre 2020.
- Gnahoua GM, Konan A, Louppe D. 2003.** Dèdè, *Ficus exasperata* un arbre fourrager : Fiche technique. Montpellier : CIRAD-Forêt, 1 p.
- Ghisalberti EL. 2000.** *Lantana camara* L. (Verbenaceae). *Fitoterapia*, **71** : 467-486.
- Gooden B, French K, Turner PJ, Downey PO. 2009.** Impact threshold for an alien plant invader, *Lantana camara* L., on native plant communities. *Biological Conservation*, **142** (11) : 2631-2641.
- Guillaumet JL, Adjanohoun E. 1971.** La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Avenard J.M., Eldin E., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.-L., Adjanohoun E. & Perraud A (eds). *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. ORSTOM, Paris, France, pp. 157-266.
- Hawthorne WD. 1995.** Ecological profiles of Ghanaian forest trees. Oxford, UK: University of Oxford.
- Hulme PE, Bacher SM, Kenis S, Minchin W, Panov J, Pysek A, Roques D. 2008.** Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy, *Journal of Applied Ecology*, **45** : 403-414.
- Jama B, Palm CA, Buresh RJ, Niang AI, Gachengo C, Nziguheba G. 2000.** *Tithonia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. *Agroforestry Systems*, **49** : 201-221.
- Kassi N, Aké-Assi E, Tiebre MS. 2010.** Biodiversité végétale et vitesse de la régénération de la forêt classée de Sanaimbo (Côte d'Ivoire). *Sciences & Nature*, **7** (2) : 195-206.

- Kazi TCh, Le Bourgeois Th, Munoz F. 2010.** Aspects floristiques des agrophytocenoses du domaine phytogéographique oranais (Nord-Ouest algérien) et persistance d'espèces rares et endémiques. *Flora Mediterranea*, **20** : 5-22.
- Kouamé FN'. 1998.** Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre Ouest de la Côte-d'Ivoire). Thèse de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 227p.
- Koutika LS, Richardson DM. 2019.** *Acacia mangium* Willd: benefits and threats associated with its increasing use around the world. *Forest Ecosystems*, **6** (1) : 2.
- Laungani R, Knops JM. 2009.** Species-driven changes in nitrogen cycling can provide a mechanism for plant invasions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **106** (30) : 12400-12405.
- Le Bourgeois T, Guillermin JL. 1995.** Etendue de distribution et degré d'infestation des adventices dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun. *Weed Research*, **35** (2) : 89-98.
- Lebrun JP, Stork AL. 1991-1997.** Enumération des plantes à Fleurs d'Afrique Tropicale. Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève, Genève (Suisse). Vol. 1 (249 pp.), vol. 2 (257 pp.), vol. 3 (341 pp.) et vol. 4 (711 pp.).
- Lékadou TT. 2009.** Effet de la densité des légumineuses arborescentes sur la croissance et la production du cocotier (*Cocos nucifera* L.). Thèse de Docteur ès Sciences Naturelles, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 188 p.
- Mandal G, Joshi SP. 2014.** The role of habitat types and soil physicochemical properties in the spread of a non native shrub *Lantana camara* in the Doon valley, Western Himalaya, India. *Journal of Environmental Geography*, **7** (3-4) : 31-42.
- 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.
- McCauley A, Jones C, Olson-Rutz K. 2017.** Soil pH and Organic Matter. Nutrient Management Module N° 8, Extension Publications, MSU Extension, Bozeman, pp. 16
- McNeely JA. 2001.** Global strategy on invasive alien species. IUCN.
- Mévanly O. 2018.** Flore, végétation aquatique et riveraine du canal artificiel d'Assinie et évaluation des services écosystémiques dans les terroirs connexes (région du Sud-Comoé, Côte d'Ivoire). Thèse de l'Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, 215 p.
- Mwoleka E. 2019.** Effect of *Lantana camara* on plant structure and diversity in Bumanya Sub County Kaliro District. Master de l'Université de Makerere, Makerere, 32 p.
- Nanjappa HV, Saravanane P, Ramachandrapa BK. 2005.** Biology and management of *Lantana camara* L.–a review. *Agricultural Reviews*, **26** (4) : 272-280.
- Ndoum NMF. 2010.** Etude des facteurs du sol favorables à la croissance de *Pericopsis elata* (Harms) Var. Meeuwen (Assamela) dans trois unités forestières d'aménagement à l'Est Cameroun, Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme D'Ingénieur des Eaux, Forêts et Chasses, 90 p.
- 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.
- Nicolle M, Egnankou WM, Schmidt M. 1987.** Les zones humides côtières de Côte d'Ivoire. Rapport de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Abidjan, 73 p.
- Noba K, Bassene C, Ngom A, Gueye M., Camara AA, Kane M, Ndoye F, Dieng B, Rmballo R, Ba N, Bodian MY, Sane S, Diop D, Gueye M, Konta IS, Kane A, Mbaye MS, Ba AT. 2017.** Invasive Plants of West Africa: Concepts, Overviews and Sustainable Management. *Advances in Recycling & Waste Management*, **2** : 121.
- Okalebo JR, Gathua KW, Woomer PL. 2002.** Laboratory methods of soil and plant analysis: a working manual second edition. *Sacred Africa, Nairobi*, 21.
- Osunkoya OO, Perrett C. 2011.** *Lantana camara* L.(Verbenaceae) invasion effects on soil physicochemical properties. *Biology and Fertility of Soils*, **47** (3) : 349-355.
- Pagès J. 2002.** Analyse factorielle multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes. *Revue de Statistique Appliquée*, **50** (4) : 5-37.

- Pagny FPJ, Mevanly O, Abrou NEJ, Tiébré MS. 2020.** Prediction of the potential invasion of *Lantana camara* L. (Verbenaceae) an exotic plant species in Côte d'Ivoire from a modeling approach. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **14** (4) : 1241-1261.
- Piélou EC. 1966.** Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, **10** : 370-383.
- Pyšek P, Richardson DM, Rejmánek M, Webster GL, Williamson M, Kirschner J. 2004.** Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*, **53** (1) : 131-143.
- Pyšek P, Jarošík V, Hulme PE, Kühn I, Wild J, Arianoutsou M, Genovesi P. 2010.** Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **107** (27) : 12157-12162.
- Raunkiaer S. 1905.** Types biologiques pour la géographie botanique. *Bulletin Academy Royal Sciences Danemark*, **5** : 347-437.
- Raunkier C. 1934 .** The life forms of plants and statistical plant of geography, Oxford, Londres, Angleterre, 632 p.
- Richardson DM, Pysek FD, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ. 2000.** Naturalization and invasion of alien plants : concepts and definitions. *Diversity and distributions*, **6** : 93-107.
- Richardson DM, Pyšek P. 2008.** Fifty years of invasion ecology—the legacy of Charles Elton. *Diversity and Distributions*, **14** (2) : 161-168.
- Sanders NJ, Gotelli NJ, Heller NE, Gordon DM. 2003.** Community disassembly by an invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **100** (5) : 2474-2477.
- Sax DF, Gaines S. 2003.** Species diversity: from global decreases to local increases. *Trends in Ecology & Evolution*, **18** (11) : 561-566.
- Senarathne SHS, Samarajeewa AD, Perera KCP. 2003.** Comparison of different weed management systems and their effects on yield of coconut plantations in Sri Lanka. *Weed Biology and Management*, **3** (3) : 158-161.
- Shannon CE. 1948.** A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, **27**: 379-423.
- Sharma GP, Raghubanshi AS, Singh JS. 2005.** *Lantana* invasion: An overview. *Weed Biology and Management*, **5** (4) : 157-165.
- Sharma GP, Raghubanshi AS. 2011.** *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.
- Simba YR, Kamweya AM, Mwangi PN, Ochora JM. 2013.** Impact of the invasive shrub, *Lantana camara* L. on soil properties in Nairobi National Park, Kenya. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, **5** (12) : 803-809.
- Smith RG, Maxwell BD, Menalled FD, Rew LJ. 2006.** Lessons from agriculture may improve the management of invasive plants in wildland systems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **4** (8) : 428-434.
- Thomas SE, Ellison CA. 2000.** A century of classical biological control of *Lantana camara*: can pathogens make a significant difference? In *Proceedings of the X international symposium on biological control of weeds*, 4-14 July 1999, Montana State USDA-ARS Bozeman, Montana, USA, pp 97-104.
- Tiébré MS, Kassi NJ, Kouadio YJC, N'Guessan KE. 2012.** Etude de la biologie reproductive de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Asteraceae) : Espèce non indigène invasive en Côte d'Ivoire". *Journal of Asian Scientific Research*, **2** (4) : 200-211.
- 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.
- Tiébré MS, Gnanazan ZRG. 2018.** Impact of *Chromolaena odorata* (L.) RM King & H. Rob. (Asteraceae) on the floristic composition and the physico-chemical properties of the soil of a coastal relict forest. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **24** (2) : 773-788.
- Tiébré MS, Pagny FPJ, Kouadio YJC, Gouli Gnanazan ZR. 2018.** 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. *REB-PASRES*, 3 (3) : 68-77.
- 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.
- UICN. 2014.** The IUCN Red List of Threatened Species Version 3. <www.iucnredlist.org>. Accessed : 2020 April 28.
- Van Der Maarel E. 1979.** Transformation of Cover-Abundance Values In Phytosociology and Its Effects On Community Similarity. *Vegetation*, 39 (2) : 97-114.
- Van Ranst E, Verloo M, Demeyer A, Pauwels JM. 1999.** Manual for the soil chemistry and fertility laboratory: analytical methods for soils and plants equipment, and management of consumables. Ghent University, Faculty Agricultural and Applied Biological Sciences, 243 p.
- Vergier F. 1976.** Les techniques d'analyse granulométrique. Paris, CNRS, 5 p.
- Walkley A, Black IA. 1934.** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 (1) : 29-38.
- Wang C, Xiao H, Liu J, Wang L, Du D. 2015.** Insights into ecological effects of invasive plants on soil nitrogen cycles. *American Journal of Plant Sciences*, 6 (01) : 34- 46.
- Witt A. 2010.** Impacts of invasive plants and their sustainable management in agro-ecosystems in Africa: A review. *CABI Africa, NRB*, 1102-1109.
- Yoka J, Amiaud B, Epron D, Loumeto JJ, Voudibio J. 2013.** Analyse de la diversité floristique du sous-bois de la palmeraie de Mbobbo dans la cuvette congolaise (République du Congo). *Annales des Sciences Agronomiques*, 17 (2) : 161-178.
- 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.
- Zende M. 2016.** Impact of *Lantana camara* invasion on a cattle/wildlife ranch: A case of Imire Ranch, Wedza District, Zimbabwe. Master de l'Université de Zimbabwe, 69 p.

Évaluation des performances de croissance de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) et de *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) en polyculture dans les bas-fonds rizicoles (Bediala, Côte d'Ivoire)

Evaluation of the growth performance of *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) and *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) in polyculture in the rice-growing lowlands (Bediala, Côte d'Ivoire)

Kamagaté B • Ouattara NI • Zéa Bi UC • Pèlèbè ROE

Received: 21 Septembre 2020 / Accepted: 22 November 2020 / Published online: 01 March 2021
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2020

Résumé La présente étude vise à évaluer les performances de croissance de *Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus* associés dans le même étang de riziculture. L'expérience a été conduite dans quatre différents étangs de barrages de 5 000 m² entre juin et décembre 2019. L'essai a été réalisé avec 24 000 alevins de *O. niloticus*, 800 alevins de *H. niloticus* et des plantules de *Oryza Sativa* WITA 9 communément appelé « *Amolet* ». Les poids moyens initiaux en pisciculture et en rizipisciculture sont respectivement de 80,08 ± 18,83 g et 83,03 ± 14,46 g chez *O. niloticus* et de 357,4 ± 22,4 g et 345 ± 17,7 g chez *H. niloticus*. Deux étangs ont été utilisés pour la pisciculture et deux autres ont servi à cultiver simultanément le riz et les poissons. Il n'y a eu aucun apport d'aliments aux poissons. Après 180 jours, les variations des différents paramètres physico-chimiques ne montrent aucune différence significative entre les deux milieux d'élevage. En rizipisciculture, les poissons ont un gain de masse corporelle de 114,84 ± 77,66 g et 955 ± 668,21 g respectivement pour *O. niloticus* et *H. niloticus* contre 103,62 ± 73,27 g et 918,4 ± 649,40 g en milieu piscicole dans le même ordre. Les performances de croissance de *O. niloticus* et *H. niloticus* obtenues en milieu rizipiscicole sont supérieures à celles obtenues en pisciculture classique dans l'ensemble. Cependant, ces différences ne sont pas significatives (p-value > 0,05, ANOVA) d'un milieu à un autre à l'exception du gain de masse corporelle chez *H. niloticus*.

Mots clés : Rizipisciculture, Performances de croissance, *Oreochromis niloticus*, *Heterotis niloticus*, Côte d'Ivoire.

Abstract This study aims to assess the growth performance of *Oreochromis niloticus* and associated *Heterotis niloticus* in the same rice-growing pond. The experiment was conducted in four 5 000 m² dam ponds between June and December 2019. The trial was carried out with 24,000 fry of *O. niloticus*, 800 fry of *H. niloticus* and seedlings of *Oryza Sativa* WITA 9 commonly known as "*Amolet*". The mean initial weights in fish and rice-fish culture were 80.08 ± 18.83 g and 83.03 ± 14.46 g for *O. niloticus* and 357.4 ± 22.4 g and 345 ± 17.7 g for *H. niloticus*, respectively. Two ponds were used for fish farming and two others were used for simultaneous rice and fish cultivation. No feed was fed to the fish. After 180 days, variations in the different physico-chemical parameters showed no significant difference between the two farming environments. In rice-fish culture, the fish had a body mass gain of 114.84 ± 77.66 g and 955 ± 668.21 g respectively for *O. niloticus* and *H. niloticus* compared to 103.62 ± 73.27 g and 918.4 ± 649.40 g in fish culture medium in the same order. The growth performance of *O. niloticus* and *H. niloticus* obtained in rice-fish culture medium is superior to that obtained in conventional fish culture on the whole. These differences are not significant (p-value > 0.05, ANOVA) from one medium to another with the exception of body mass gain in *H. niloticus*.

Key words : Rice-fish culture, Growth Performances, *Oreochromis niloticus*, *Heterotis niloticus*, Côte d'Ivoire.

Kamagaté B • Ouattara NI • Zéa Bi UC •
Pelebe ROE

UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny,
Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la
Biodiversité, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Pèlèbè ROE

Faculté d'Agronomie, Université de Parakou,
Laboratoire de recherche en aquaculture et
écotoxicologie aquatique, BP : 123 Parakou.

Kamagaté B (✉)

UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny,
Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la
Biodiversité, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.
kambak486@gmail.com

Introduction

La sécurité alimentaire des pays africains et surtout des plus pauvres, reste un enjeu majeur pour le monde entier et pour le continent en particulier. Pour ces populations, le poisson représente une source abordable de protéines animales (FAO, 2020). Les ressources halieutiques disponibles sont surexploitées et le processus de la mondialisation complique l'accès à la production des océans, en partie détournée par des pays disposant de populations mieux nanties (Gsegner, 2017). Ce contexte provoque, à l'échelle internationale, un important essor de l'aquaculture. Cependant en Côte d'Ivoire, la production aquacole est peu considérable et ne représente que 1,5% de la production halieutique nationale malgré des atouts naturels considérables (150 000 ha de lagunes, 350 000 ha de lacs et de nombreux bas-fonds propices à l'implantation d'exploitations aquacoles, fleuves, retenues d'eau...) dont dispose le pays (COMHAFAT, 2014). Selon Gsegner (2017), la pisciculture intensive ne peut pas participer de façon sensible à la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la majorité des populations. Par conséquent, le développement d'une pisciculture agro-écologique intégrée aux exploitations familiales à vocation commerciale est indispensable.

La rizipisciculture est définie comme la combinaison de la riziculture et de la pisciculture pour la production simultanée de

riz et de poissons dans la même parcelle. Elle offre un potentiel considérable pour la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté dans les zones rurales (Halwart et Gupta, 2010). La rizipisciculture offre l'exemple unique d'une production végétale et animale réalisée dans la même unité d'espace et de temps (Lazard, 2014).

En raison de ce qui précède, le développement de la rizipisciculture sur des bases scientifiques et techniques mieux maîtrisées permettrait de passer pour la partie piscicole d'une activité de cueillette à une activité s'apparentant véritablement à de l'élevage. Une attention portée au volet piscicole de la rizipisciculture permettrait de conférer aux poissons à la fois un rôle accru quant à leurs impacts positifs sur la production de riz et sur les rendements piscicoles (Lazard et Cacot, 1997). Dans le présent travail, *Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus* sont les deux espèces de poissons élevées car non seulement ils partagent les aliments distribués sans entrer en concurrence directe (Koumi *et al.*, 2016) mais aussi à cause de l'importance accordée à ces poissons par les populations. Ils sont donc parfaits pour la polyculture. L'objectif de cette étude est de déterminer leurs performances de croissance en phase de grossissement dans les bassins piscicoles et rizicoles de la sous-préfecture de Bédiala (Côte d'Ivoire).

Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans la sous-préfecture de Bédiala située dans la région du Haut Sassandra. Les étangs utilisés pour les essais sont situés entre 7° 07'-7° 08' de latitude Nord et 6°17'-6°18' de longitude Ouest. La sous-préfecture de Bédiala est limitée au Nord par les sous-préfectures de Kanzra et de Zuénoula, au Sud par la sous-préfecture de Gonaté, à l'Est par

la sous-préfecture de Bonon et à l'Ouest par la sous-préfecture de Vavoua (Figure 1). Les essais ont été conduits dans 4 étangs de barrages de 5 000 m² chacun dont 2 étangs de barrages pour la pisciculture et 2 étangs de barrages pour la culture simultanée du riz et l'élevage des poissons. Le niveau d'eau dans les étangs varie de 20 cm à l'entrée à 125 cm vers la sortie d'eau de l'étang. Une nappe phréatique située en amont des étangs sert de source d'alimentation en eau.

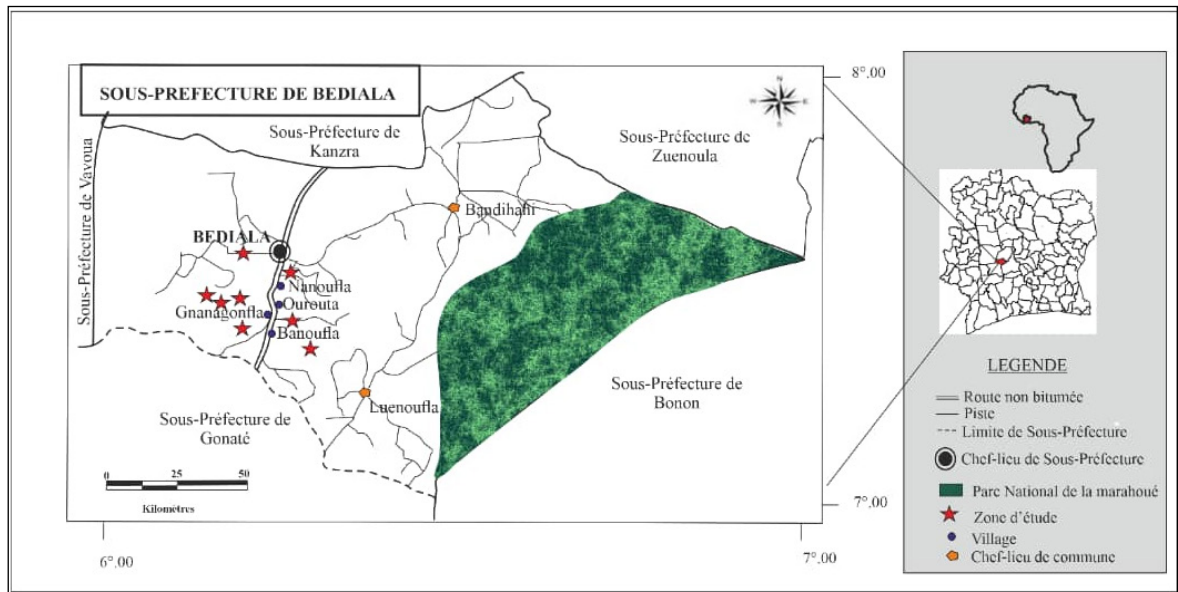


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude (Kamagaté *et al.*, 2020)

Matériel

Matériel biologique

Le matériel biologique animal était composé de 24 000 alevins de *O. niloticus* et de 800 alevins de *H. niloticus* produits dans les étangs de barrage de la zone d'étude. Les alevins de *O. niloticus* avaient un poids moyen initial de $80,08 \pm 18,83$ g et $83,03 \pm 14,46$ g respectivement en pisciculture et en rizipisciculture. En ce qui concerne ceux de *H. niloticus*, leurs poids moyens initiaux étaient de $357,4 \pm 22,4$ g en pisciculture et $345 \pm 17,7$ g en rizipisciculture. Le matériel végétal était constitué de plantules de riz *Oryza sativa* WITA 9 connue sous le nom de « Amolet ».

Matériel technique

Un ichtyomètre (0,01 m près) a permis de mesurer les tailles des poissons avec une précision de 0,01m. Une balance électronique portable de marque S-F 400 (0,1 g ; 1 kg) a permis de peser les poissons et un GPS (*Google Position System*) de marque GARMIN® et de modèle eTrex® 20x a permis de localiser le milieu d'étude. Un appareil de mesure d'oxygène dissous de marque HANNA et de modèle HI 9146 a été utilisé pour mesurer *in situ* l'oxygène dissous. Un pH-mètre de marque HANNA et de modèle HI 98128 a été utilisé pour mesurer *in situ* le pH et la température de l'eau. Le dosage des ions chlore, nitrite, calcium et ammonium a été effectué *in situ* à l'aide de réactifs chimiques (PARA TEST) de marque aquacare 2000.

Méthodes

Mesure des paramètres physico-chimiques

La température, l'oxygène dissous et le pH ont été mesurés *in situ* chaque semaine entre juin et décembre 2019. Ces mesures ont été effectuées le matin entre 6h-7h puis le soir entre 15h-16h. Les échantillons d'eau destinés aux mesures du taux d'oxygène dissous, du pH et aux dosages des différents ions (chlore, calcium, nitrite et ammonium) ont été prélevés dans la colonne d'eau à l'aide de piluliers. Les valeurs de ces paramètres ont été obtenues par la méthode colorimétrique de Winkler.

Evaluation des performances de croissance

Le protocole expérimental a été conçu pour déterminer les effets de la culture du riz sur les poissons et leur croissance dans les bas-fonds rizicoles. Pour cela, quatre lots de 6 000 alevins de *O. niloticus* et de 200 alevins de *H. niloticus* ont été introduits ensemble en pisciculture et en rizipisciculture. Les travaux ont commencé par le semis à la volée de *Oryza Sativa* WITA 9. Le semis s'est fait sur 80 % de la surface du barrage en partant de l'amont vers le moine de vidange. Il est suivi d'une remontée progressive du niveau d'eau. Un mois après le semis, a eu lieu le sexage et l'empoissonnement de *O. niloticus* et *H. niloticus* dans le même étang. La densité de mise en charge a été de 1,2 poissons/m² pour les alevins de *O. niloticus* et 0,04 poissons/m² pour

les alevins de *H. niloticus*. Ces densités ont été calculées indépendamment c'est-à-dire la densité de *O. niloticus* a été calculée sans tenir compte de la présence de *H. niloticus* dans les étangs et vis-versa. La mise en charge des poissons des étangs témoins (pisciculture) et étangs expérimentaux (rizipisciculture) a été faite concomitamment. Durant la période de l'essai, il n'y a eu aucun apport d'aliments aux poissons. Au cours de cette étude, les poissons ont été mesurés au centimètre près et pesés au gramme près au début et à la fin de l'expérience. La longueur ayant été relevée sur les poissons est la longueur standard.

Traitement des données

La relation longueur-poids, le facteur de condition (K), le gain de masse corporelle (GMC), le gain moyen quotidien (GMQ), le taux de croissance spécifique (TCS) et le taux de survie (TS) ont été déterminés avec les formules mathématiques suivantes :

$$\text{Log (Poids)} = b \text{ Log (longueur standard)} + \text{Log (a)}$$

$$K = \frac{\text{Poids du poisson (g)}}{(\text{Longueur standard})^3 (\text{cm})}$$

$$GMc (g) = \text{Biomasse finale} - \text{Biomasse initiale}$$

$$GMQ(g/jr/ind) = \frac{\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial}}{\text{Durée d'élevage}}$$

$$TCS (\%/jr) = \frac{\ln \text{Poids moyen final} - \ln \text{Poids moyen initial}}{\text{Durée d'élevage}} \times 100$$

$$TCS (\%) = \frac{\text{Nombre final de poissons}}{\text{Nombre initial de poissons}} \times 100$$

Analyses statistiques

Les données collectées ont été traitées à l'aide du logiciel statistique XLSTAT 2016. Les variables étudiées suivent toutes une loi de distribution normale (Shapiro Wilk, *p-value* < 0,05). Par conséquent elles ont été soumises à des tests paramétriques. Les valeurs des paramètres physico-chimiques et des paramètres de croissance (gain de masse corporelle, poids moyen final, gain moyen journalier et taux de croissance spécifique) ont été soumis à des analyses de variance (ANOVA). Le test t de Student a permis de comparer les différentes valeurs de (b) pour les espèces étudiées. Ce test est significatif pour une valeur de la probabilité inférieure à 5 %.

Toutes les valeurs des paramètres obtenues en pisciculture ont été comparées à celles enregistrées en milieu de rizipisciculture.

Résultats

Variables environnementales

Les valeurs des paramètres physico-chimiques et

des ions en pisciculture et en rizipisciculture sont résumées dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques en pisciculture et en rizipisciculture.

MILIEUX	PERIODE	T (°C)	O ₂ (mg/l)	pH
P	Matin	26,13 ± 0,72	3,53 ± 1,11	6,75 ± 0,27
	Soir	30,28 ± 0,90	7,56 ± 0,81	7,41 ± 0,49
RZ	Matin	25,64 ± 1,81	3,08 ± 1,47	6,85 ± 0,74
	Soir	29,82 ± 1,18	6,59 ± 1,41	7,57 ± 0,88

P : pisciculture ; RZ : rizipisciculture

Tableau 2 : Valeurs moyennes des ions en pisciculture et en rizipisciculture.

MILIEUX	PERIODE	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Cl ₂ ⁻ (mg/l)
P	Matin	0,00 ± 0,00	0,021 ± 0,09	25,71 ± 9,75	0,057 ± 0,05
	Soir	0,00 ± 0,00	0,2 ± 0,09	25,71 ± 9,75	0,03 ± 0,04
RZ	Matin	0,02 ± 0,01	0,00 ± 0,00	27,8 ± 1,55	0,00 ± 0,00
	Soir	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,00	30,15 ± 4,45	0,00 ± 0,00

P : pisciculture ; RZ : rizipisciculture

Les températures matinales sont significativement plus basses que celles de l'après-midi (ANOVA, p -value < 0,05). Par contre, il n'existe pas de différence significative entre les températures en pisciculture et en rizipisciculture (ANOVA, p -value > 0,05).

La comparaison du taux d'oxygène enregistré le matin et celui observé le soir permet de noter une différence significative (ANOVA, p -value < 0,05).

Les teneurs en nitrite (NO₂⁻) et calcium (Ca²⁺) même si elles ne sont pas significativement différentes (ANOVA, p -value > 0,05) sont plus élevées en rizipisciculture qu'en pisciculture. Les valeurs des paramètres physico-chimiques enregistrées en pisciculture et celles obtenues en rizipisciculture ne sont pas significativement différentes (p -value > 0,05). En considérant le moment du prélèvement, les valeurs des paramètres indiquées le matin en rizipisciculture et pisciculture sont différentes de celles obtenues l'après-midi dans ces milieux (ANOVA, p -value < 0,05).

Performances de croissance des poissons

Le tableau 3 présente les performances de croissance de *O. niloticus* et *H. niloticus* élevés dans ensemble dans deux milieux différents.

Au bout de 180 jours d'élevage, les valeurs du gain de masse corporelle, du gain moyen quotidien, du taux de croissance spécifique obtenues restent plus faibles en pisciculture aussi bien pour *H. niloticus* que pour *O. niloticus* mais il n'existe pas de différence significative (ANOVA, p -value > 0,05) entre elles. Les valeurs du coefficient de corrélation pour *H. niloticus* indiquent une liaison significative entre l'évolution de la longueur standard et celle du poids (ANOVA, p -value < 0,05). Les taux de survie obtenus pour *O. niloticus* et *H. niloticus* sont meilleurs en rizipisciculture qu'en pisciculture.

Tableau 3 : Performances de croissance de *Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus* associés dans le même étang de riziculture après 180 jours.

Paramètres de croissance	<i>O. niloticus</i>		<i>H. niloticus</i>	
	P	RZ	P	RZ
Pm _i (g)	80,8 ± 18,83 ^a	83,03 ± 14,46 ^a	357,4 ± 22,4 ^a	345 ± 17,07 ^a
Pm _f (g)	184,42 ± 22,43 ^a	197,87 ± 22,27 ^b	1275,8 ± 218,22 ^a	1300 ± 312,5 ^b
LS _f (cm)	17,92 ± 1,08 ^a	18,23 ± 0,96 ^a	49 ± 1,02 ^a	48 ± 0,70 ^b
GM _c (g)	103,62 ± 73,27 ^a	114,84 ± 77,66 ^a	918,4 ± 649,40 ^a	955 ± 668,2 ^b
GMQ (g/jr/ind)	0,57 ± 54 ^a	0,64 ± 49,61 ^a	5,1 ± 488,18 ^a	5,3 ± 540,93 ^a
TCS (%/jr)	0,45 ± 4,83 ^a	0,48 ± 11,35 ^a	0,7 ± 1,3 ^a	0,73 ± 1,53 ^a
TS (%)	67 ± 12,93 ^a	70,8 ± 11,22 ^a	71,24 ± 14,84 ^b	78,73 ± 19,34 ^a
b	2,86 ^a	2,77 ^a	2,75 ^a	2,81 ^a
K	3,6 ^a	3,2 ^a	1,08 ^a	1,2 ^a

P : pisciculture ; RZ : rizipisciculture ; Pmi: poids moyen initial; Pmf: poids moyen final; LSf: longueur standard finale ; GMc: gain de masse corporelle; GMQ: Gain moyen quotidien ; TCS: taux de croissance spécifique; TS: taux de survie ; b : coefficient d'allométrie ; K : facteur de condition. Pour chaque espèce, les valeurs portant la même lettre sur chaque ligne, ne diffèrent pas au seuil 5% (ANOVA ; Test t Student).

Discussion

Les valeurs des températures moyennes de l'eau des deux milieux d'élevage varient de 25,64 à 30,28 °C et sont compatibles avec l'intervalle thermique favorable à une meilleure croissance des deux espèces (Gaye, 2007 ; Al Dilaimi, 2009). La valeur moyenne enregistrée par Gaye (2007) au cours des travaux réalisés sur des facteurs de développement de l'aquaculture de *H. niloticus* en extensif varie entre 18,69 °C et 29,32 °C. Par ailleurs, Lazard (2009) affirme que l'optimum de

la température pour l'élevage de *O. niloticus* est compris entre 28 et 32°C. Les températures les plus élevées observées en pisciculture peuvent s'expliquer par l'absence de plants de riz dans ces milieux. En fait, les pieds de riz diminuent l'action des rayons solaires à la surface des étangs rizipiscicoles.

Les valeurs moyennes d'oxygène dissous relevées dans la présente étude oscillent entre 3,08 et 7,56 mg/l. Elles correspondent au développement de *O.*

niloticus (Popma et Masser, 1999) et de *H. niloticus* (Gaye, 2007). D'une part, le tilapia tolère à la fois le déficit et la sursaturation en oxygène dissous et d'autre part, *H. niloticus* pratique la respiration aérienne ce qui rend cette espèce moins exigeante pour ce paramètre. Les taux d'oxygène dissous des milieux piscicoles ($3,53 \pm 1,11$ et $7,56 \pm 0,81$ mg/l) sont supérieurs à ceux des milieux rizipiscicoles ($3,08 \pm 1,47$ et $6,59 \pm 1,41$ mg/l). Ces résultats s'expliquent par le fait que dans l'écosystème « riz-poisson », en plus des poissons, les plants de riz utilisent l'oxygène dissous pendant la nuit dans leurs activités photosynthétiques.

Les valeurs moyennes du pH obtenues (6,75 à 7,57) en pisciculture et en rizipisciculture sont idéales au développement des espèces étudiées (FAO, 1993 ; Popma et Masser, 1999). En effet, les limites de pH tolérables varient selon les espèces mais celles recommandées par la FAO (1993) sont comprises entre 5,5 et 8. En plus, les travaux de Mélard (1999), ont montré que les valeurs de pH souhaitées pour les eaux de pisciculture sont comprises entre 6,5 et 9.

Les concentrations moyennes en nitrite observées en rizipisciculture sont de $0,02 \pm 0,04$ mg/l et de $0,00 \pm 0,00$ mg/l en pisciculture. Ces faibles concentrations en nitrites obtenues, seraient le résultat de la dégradation incomplète de l'ammoniaque par les bactéries nitrifiantes. En général, le nitrite est toxique pour de nombreux poissons parce qu'il rend l'hémoglobine moins capable de transporter l'oxygène. La concentration maximale de nitrites tolérée par la majorité des poissons et invertébrés ne dépasse pas les 0,2 mg/l (Anonyme, 2008). Cependant, les valeurs enregistrées dans ce travail sont conformes à cette valeur guide en élevage.

Les excréments de poissons et la décomposition des déchets organiques produisent le composé azoté inorganique ammonium (NH_4^+). Cette substance n'est pas en soi un danger pour les poissons (Anonyme, 2020). Les teneurs de l'ammonium enregistrées en rizipisciculture et en pisciculture ont été relativement faibles par rapport aux normes (0,2 mg/l) de OMS (2004). Ainsi, les valeurs les plus élevées obtenues ($0,006 \pm 0,005$ mg/l) en pisciculture se justifieraient par la non utilisation des déjections des poissons par les plants de riz comme c'est le cas en rizipisciculture où ils l'utilisent pour leur croissance.

Le calcium, en modifiant les perméabilités membranaires, s'oppose également à la pénétration des nitrites. Dans le présent essai, la concentration

des milieux d'étude en calcium a varié de 25,71 à 30,15 mg/l. Cela pourrait être dû à une précipitation du calcium avec les phosphates (Hirayama, 1974).

Les teneurs en chlore obtenues dans cet essai oscillent entre 0,00 et 0,057 mg/l. Ces concentrations s'expliqueraient par les faibles taux de nitrite enregistrés. En effet, les chlorures inhibent le pouvoir toxique des nitrites (Rodriguez-Moreno et Tarazona, 1994). La présence de chlore évite le développement de la méthémoglobinémie (Tomasso *et al.*, 1980).

De façon générale, les variations des différents paramètres physico-chimiques permettent de conclure qu'il y a une variation similaire de ces derniers en pisciculture et en rizipisciculture. Ils sont compatibles et sont dans les fourchettes admises pour l'élevage de *O. niloticus* et de *H. niloticus*.

Concernant les performances de croissance, les meilleures ont été obtenues en rizipisciculture chez les deux espèces dans l'ensemble. En effet, les gains de masses corporelles, enregistrés en rizipisciculture sont de $114,84 \pm 77,66$ g et $955 \pm 668,21$ g respectivement chez *O. niloticus* et chez *H. niloticus*. Ces résultats permettent d'affirmer que les gains de masses corporelles varient en fonction du système d'élevage et des espèces étudiées. Ces résultats sont en accord avec l'assertion de Pickering (1993) selon laquelle les performances des poissons ne sont pas gouvernées uniquement par leurs potentialités génétiques mais aussi par leurs conditions environnementales immédiates. Les différences observées entre les gains de masses corporelles des milieux piscicoles et rizipiscicoles seraient dues à la richesse de l'écosystème « riz-poisson » en ressources alimentaires. Les poissons ne bénéficiant pas d'apport extérieur lors des différents essais, profitent alors de la faune de ces biotopes. Selon Halwart et Gupta (2010), l'écosystème rizicole est riche en phytoplancton, zooplancton, macrophytes, benthos, détritus et bactéries. L'écart observé entre les taux de croissance spécifique obtenus chez *H. niloticus* en rizipisciculture et en pisciculture même s'il n'est pas significatif pourrait s'expliquer par le fait que cette espèce aime les grands étangs avec une partie peu profonde pourvue d'herbe. La présence de pieds de riz dans les étangs est un avantage pour le bien-être. Gouré-Bi *et al.* (2018) ont obtenu un taux de croissance spécifique supérieur à ceux indiqués dans cette étude avec des alevins de *H. niloticus* nourris à la fréquence de six repas par jour. Le taux de survie des poissons, est meilleur en rizipisciculture qu'en pisciculture. Le taux de survie obtenu pour

O. niloticus est de $70,8 \pm 11,22$ % en rizipisciculture et $67 \pm 12,93$ % en pisciculture. Par ailleurs, Avit *et al.* (2012) ont obtenu des taux de survie de $65,02 \pm 4,71$ % et $65,99 \pm 15,57$ % respectivement en milieux piscicole et rizipiscicole. Les taux de survie chez *O. niloticus* dans cette étude sont supérieurs à ceux obtenus par ces auteurs. Cette augmentation serait due à la durée d'élevage et à la superficie des structures d'élevages utilisées dans les deux études. Watanabé *et al.* (1990) ont rapporté dans des bassins d'eau douce un taux de survie de 78 % chez la même espèce. De plus, Ouattara (2004) a observé après 180 jours d'élevage en cages flottantes chez le tilapia *Sarotherodon melanotheron* nourris avec différents sous-produits agricoles, un taux de survie compris entre 53 et 95 %. Le taux de survie chez *H. niloticus* en rizipisciculture est de $78,73 \pm 19,34$ % et de $71,24 \pm 14,84$ % en pisciculture. Selon Morissens *et al.* (1987), le taux de survie est bon si la survie représente 75% du peuplement initial. Ceci permet ainsi d'affirmer que, le taux de survie obtenu chez *H. niloticus* dans ce travail est bon en rizipisciculture et acceptable en pisciculture. Le taux de survie serait donc lié aux milieux et aux espèces élevées comme l'affirme Lorenzen (2000).

Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort que l'élevage associé de *O. niloticus* et de *H. niloticus* dans un même étang rizicole est possible comme c'est le cas en pisciculture classique. En rizipisciculture, les deux espèces sont en embonpoint et présentent des performances de croissance meilleures à celles obtenues en pisciculture. La rizipisciculture est un

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à la collaboration effective de tous les membres de l'association de pisciculteurs « DEHIZEA » de Bédiala. Les

Selon cet auteur, dans le milieu naturel, les taux de mortalité sont déterminés par une combinaison de facteurs environnementaux et de facteurs liés au comportement, à la physiologie et à la génétique des individus (capacité à éviter les prédateurs). Pour les deux espèces, aussi bien en milieux piscicoles qu'en milieux rizipiscicoles, la valeur du coefficient (b) montre que le poids corporel et la longueur du poisson ne croissent pas de manière constante. Les coefficients d'allométrie ($b < 3$) traduisent donc une allométrie minorante des poissons. Les valeurs du facteur de condition enregistrées oscillent entre 1,08 et 3,6 pour les deux espèces élevées dans les deux milieux. Mamadou *et al.* (1996) indiquent que plus le facteur de condition est élevé, plus le poisson se trouve dans de meilleures conditions. Les valeurs de l'indice K observées chez *O. niloticus* dans la présente étude (3,2 et 3,6) sont supérieures à celles obtenues (1,90 et 1,85) par Tigoli *et al.* (2017). Par contre, les valeurs du facteur de condition obtenues dans la présente étude (1,08 et 1,2) chez *H. niloticus* sont similaires avec celle obtenue par Gouré-Bi *et al.* (2018). Ces auteurs ont rapporté un facteur de condition de $1,22 \pm 0,05$ chez des alevins de *H. niloticus* avec un régime à base de farine de poisson.

système de production de poisson peu onéreux, sans dépendance aux intrants. La promotion de cette pisciculture intégrée doit faire l'objet de plus de financement de la part des bailleurs car c'est un système résilient capable de répondre aux impératifs des populations rurales.

auteurs tiennent à remercier tous les membres et particulièrement le président de ladite association pour son sens de l'hospitalité.

Références bibliographiques

- Al Dilaimi A. 2009.** Détermination de la ration lipidique alimentaire optimale chez les alevins du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*). Mémoire de Master en Gestion des Ressources Aquatiques, de l'Université d'Oran, Algérie, 78 p.
- Anonyme. 2008.** Aqua-store. Pourquoi les nitrites sont dangereux pour les poissons d'aquarium et de bassin. <https://www.aqua-store.fr/content/411>, consulté le 10/06/2020.
- Anonyme. 2020.** Sera. Informations utiles sur le pic de nitrite. <https://www.sera.de/fr/service/info>, consulté le 21/04/2020.
- Avit JBLF, Bony KY, Kouassi NC, Konan KF, Assemian O, Allouko JR. 2012.** Conditions écologiques de production de *Oreochromis niloticus* en association avec le riz WITA 12 en étang. *Journal of Applied Biosciences* 59: 4271– 4285.
- COMHAFAT. 2014.** Conférence Ministérielle sur la Coopération Halieutique entre les États Africains Riverains de l'Océan Atlantique. Industrie des pêches et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. Rapport n°7 de la revue de l'industrie des pêches et de l'aquaculture dans la zone de la COMHAFAT, 99 p.
- FAO. 1993.** Fiches d'information sur les pêches et l'aquaculture. Département des pêches et de l'aquaculture. <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromisniloticus/fr>, consulté le 16/04/2016.
- FAO. 2020.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. La durabilité en action. *L'état du monde*, Rome, Italie, 227 p.
- Gaye SAC. 2007.** Étude des facteurs de développement de l'aquaculture de *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) : Caractérisation de la croissance en élevage extensif et premières observations sur l'alimentation des jeunes stades. Mémoire de Master de l'Université Cheikh Anta Diop, Sénégal, 28 p.
- Gouré-Bi TF, Blé CM, Ouattara NI, Alla YL, Etchian AO. 2018.** Effects of feedings practices on growth performance and feed utilization of *Heterotis niloticus* alevins. *International Journal of Current Research*, 10 (08) : 72738-72742.
- Gsegner C. 2017.** Rapport d'activité de l'Association de Pisciculture et Développement Rural en Afrique (APDRA), 23 p.
- Halwart M & Gupta MV. 2010.** L'élevage de poisson en rizière. FAO, WorldFish Center, Rome, Italie, 87 p.
- Hirayama K. 1974.** Water control by filtration in closed culture systems. *Aquaculture*, 4 : 369-385.
- Kamagaté B, Ouattara NI, Pèlèbè EOR et Zéa Bi UC. 2020.** Practice of culture rice-fish in the lowlands of Bédiala (Côte d'Ivoire). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8 (5): 386-390.
- Koumi AR, Kimou BN, Ouattara NI, Atsé BC, Kouamé LP. 2016.** Les aliments utilisés en semi-intensive en Côte d'Ivoire et leur productivité. *Tropicultura*, 34 (3) : 286-299.
- Lazard J. 2009.** La pisciculture des tilapias. *Cahiers Agriculture*, 18 (2-3) : 82-174.
- Lazard J. 2014.** La diversité des piscicultures mondiales illustrée par les cas de la Chine et du Nigeria. *Cahiers Agriculture*, 23 (1): 24-33.
- Lazard J, Cacot P. 1997.** Systèmes de production aquacoles au Vietnam : situation, perspectives et enjeux de recherche. *Agriculture et développement*, 15 : 127-136.
- Lorenzen K. 2000.** Population dynamics and management. In MCM, McAndrew BJ (Eds). *Tilapias : Biology and Exploitation*, 505 p.
- Mamadou E, Cisse A, Ibouanga J. 1996.** Evaluation du potentiel nutritionnel de deux aliments expérimentaux pour *Oreochromis niloticus*. Institut des Savanes, Bouaké, Côte d'Ivoire, 15 p.
- Mélard C. 1999.** Bases biologiques de l'aquaculture. Notes de cours, Université de Liège, Belgique, 238 p.
- Morissens P, Roche P, Tauzes P, Sonon C, Aglinglo C. 1987.** La pisciculture intensive en enclos dans les grandes lagunes du sud-est Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 30 p.
- OMS. 2004.** Guidelines for Drinking Water Quality. Genève, Suisse, 595 p.
- Ouattara NI. 2004.** Étude du potentiel aquacole d'une population du tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) isolée dans le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de l'Université de Liège, Belgique, 275 p.
- Pickering AD. 1993.** Growth and stress in fish production. *Aquaculture*, 111: 51-63.

- Popma T, Masser M. 1999.** Tilapia life, history and biology. *Southern Regional Aquaculture Center*, 4 p.
- Rodriguez-Moreno PA, Tarazona IY. 1994.** Nitrite-induced methemoglobin formation and recovery in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at high chloride concentrations. In: Ware GW (Eds). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 53 (1): 113-119.
- Tigoli K, Cissé M, Koné M, Ouattara M, Ouattara A, Gourène G. 2017.** Effets de l'hormone : 17-a-méthyltestostérone) sur les performances zootechniques des souches « Bouake » et « Akosombo » de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Agronomie Africaine*, 29 (1): 21-31.
- Tomasso JR, Wrigth MI, Simco BA, Davis K.B. 1980.** Inhibition of nitrite-induced toxicity in channel catfish by calcium chloride and sodium chloride. *The progressive fish Culturist*, 42 (3): 144-146.
- Watanabé WO, Clarck, JH, Dunham JB, Wicklund RI, Olla BL. 1990.** Culture of Florida red tilapia in marine cages: Effect of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture*, 90: 123-134.
-

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

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

PRÉSENTATION DES MANUSCRITS

La page de titre

Elle doit comprendre :

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

Les résumés et mots-clés

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

Le texte

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

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

Le texte comprendra les sections suivantes :

INTRODUCTION

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

MATÉRIEL ET MÉTHODES

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

RÉSULTATS

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

DISCUSSION

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

CONCLUSION

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

REMERCIEMENTS

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

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

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

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

Article de journaux

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

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

Ouvrage

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

Chapitre d'ouvrage

Blasa M, Gennari L, Angelino D, Ninfali P. 2010. Fruit and vegetable antioxidants in health. *In*: Watson RR, Pre-

edy VR (Eds.). Bioactive foods in promoting health. Fruits and vegetables, 1st edn. Elsevier : 37-58.

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

Thèse

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

Référence consultable sous format électronique

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

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

FIGURES

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

TABLEAUX

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

SOUMISSION DES ARTICLES

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

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

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

CORRECTION D'ÉPREUVES, DEMANDES DE REPRODUCTION

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

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

La publication dans la REB-PASRES est entièrement gratuite.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

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

PRESENTATION OF MANUSCRIPTS

The format of the manuscript should be as follows:

Title page

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

Abstracts and keywords

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

Text

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

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

INTRODUCTION

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

MATERIAL AND METHODS

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

RESULTS

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

legends must be placed below figures and above tables. Tables and figures number must be in bold:

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

DISCUSSION

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

CONCLUSION

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

ACKNOWLEDGEMENTS

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

REFERENCES

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

Example :

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

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

Journals

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

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

Book

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

Book chapter

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

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

Thesis

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

Reference that can be consulted in electronic format

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

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

ILLUSTRATIONS

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

TABLES

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

SUBMISSION OF PAPERS

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

rebpasres.prov@gmail.com

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

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

CORRECTING PROOFS, REPRODUCTION REQUESTS

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

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

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

S O M M A I R E

Noho Yaw · N'da KC · Dibi Kangah P · Koli BZ

Convenance pluviométrique de la flore et de la végétation d'un hydrosystème dans un contexte de changement climatique: cas du bassin versant du N'zi (Côte d'Ivoire).....1

Koné M · Coulibaly D · Tuo Y · Kouakou LMM · N'goan AE · Yéo K · Doannio MJC

Évaluation de l'état de quelques aires protégées du département de Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire) : les fourmis comme indicateur biologique de la qualité du milieu.....15

Konan AS · Malan DF · Ouattara A · Kougbo MD · Dogba M

Dynamique spatio-temporelle de la végétation du Parc National de la Comoé au Nord-Est de la Côte d'Ivoire.....27

Nomel GJR · Kouassi RH · Ambe ASA · Mada D · N'guessan KE

Diversité et estimation de la biomasse des arbres d'alignement de la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....44

Brou GKG · Soumahoro S · Yao KS · Soro YR

Effet des tourteaux de coprah et de palmiste sur la croissance des porcelets à Korhogo (Nord, Côte d'Ivoire).....52

Anougba BD · Hala N · N'guessan HA · Hala KA · Yéo K

Taxonomie du genre *Recilia* en Côte d'Ivoire : apports des caractères morphologiques pour l'identification des espèces.....61

Pagny FPJ · Lekadou TT · Mévanly O · Gouli Gnanazan ZR · Tiébré MS

Impact of an invasive alien plant species *Lantana camara* L. (Verbenaceae) on floristic diversity and soil physicochemical properties of coconut groves from Southeastern Côte d'Ivoire.....72

Kamagaté B · Ouattara NI · Zéa Bi UC · Pèlèbè ROE

Évaluation des performances de croissance de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) et de *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) en polyculture dans les bas-fonds rizicoles (Bédiata, Côte d'Ivoire).....89