

DIVERSITE VEGETALE ET POTENTIEL DE SEQUESTRATION DE CARBONE DES ESPACES DOMANIAUX ANTHROPISES : CAS DE LA FORET CLASSEE DU HAUT-SASSANDRA (CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)

A. A. Y. ASSALE^{1*}, K. A. KOUAKOU¹, A. T. M. KOUAKOU¹; K. B. KPANGUI¹, Y. S. S. BARIMA¹

¹Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant, Nom intégral : ASSALE Adjo Annie Yvette : Adresse : BP 150 Daloa ; Tel : +225 07 08 13 79 45 ; Email : yvettassale@gmail.com

RESUME

A l'instar des espaces domaniaux de Côte d'Ivoire, la forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS) a été infiltrée par la population pour la cacaoculture amenuisant la quantité de bois de cette forêt. Cette infiltration emmène à se poser la question de savoir quelle à s'interroger sur la diversité floristique des formations végétales présentes dans la FCHS ainsi que leur potentiel de séquestration du carbone. La présente étude se propose d'évaluer la diversité actuelle des espèces végétales et le taux de carbone séquestré par les arbres au sein de la FCHS. Les inventaires floristiques réalisés dans les différents types d'utilisation du sol végétalisés de la FCHS ont permis de recenser au total 446 espèces floristiques réparties entre 275 genres et 79 familles. Par ailleurs, les poches de forêt sont plus riches en taxons que les systèmes agricoles. Cette dégradation de la flore a entraîné une réduction graduelle du carbone séquestré des plus jeunes cacaoyères vers les plus vieilles du fait de la méconnaissance des pratiques agroforestières par les paysans. Ainsi, le gestionnaire de la FCHS devrait sensibiliser les populations infiltrées à adopter les pratiques agricoles basées sur l'agroforesterie.

Mots clés : Diversité végétale, Séquestration du carbone forestier ; Cacaoculture ; Espaces domaniaux, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

PLANT DIVERSITY AND CARBON SEQUESTRATION POTENTIAL OF AN ANTHROPIZED PROTECTED AREA

Following the example of the state-owned areas of Côte d'Ivoire, the classified forest of Haut-Sassandra (CFHS) has been infiltrated by the population for cocoa farming, reducing the quantity of wood in this forest. This infiltration raises the question of the floristic diversity of the plant formations present in the CFHS as well as their potential for carbon sequestration. This study aims to assess the current diversity of plant species and the level of carbon sequestration by trees in the CFHS. The floristic inventories carried out in the different types of vegetated land use in the CFHS identified a total of 446 floristic species distributed among 275 genera and 79 families. In addition, pockets of forest are richer in taxa than agricultural systems. This degradation of the flora has led to a gradual reduction of the biomass as well as of the carbon sequestered from the youngest cocoa farms to the oldest because of the farmers' lack of knowledge of agroforestry practices. Thus, the CFHS manager should sensitize the infiltrated populations to adopt agricultural practices based on agroforestry.

Keywords : *Plant diversity, Forest carbon sequestration; Cocoa cultivation; State-owned areas, Côte d'Ivoire.*

INTRODUCTION

Les forêts tropicales, en plus de leur rôle de réservoirs de biodiversité sont considérées comme des puits de carbone. En effet, elles contiennent 40 à 50 % du carbone terrestre et jouent un rôle majeur dans le cycle global du carbone (Loubota Panzou *et al.*, 2016). Elles sont considérées comme un important stock de carbone sur lequel il est facile d'agir (Molto, 2012). Cependant, ces écosystèmes sont soumis à de continuelles régressions du fait des activités anthropiques (Soulama *et al.*, 2015). La déforestation et la dégradation tropicale contribue à environ 15 % des émissions mondiales annuelles de gaz à effet de serre (Van der Werf *et al.*, 2009).

En Côte d'Ivoire, les écosystèmes sont soumis à de fortes pressions, susceptibles de mettre en cause leurs fonctions écologiques (Sako *et al.*, 2013). Les facteurs directs de ces pressions sont entre autres l'expansion de l'agriculture, l'exploitation forestière, l'orpaillage, etc. Ainsi, le couvert forestier ivoirien qui était estimé à 16 millions d'hectares en 1947 (Lanly, 1969) est passé à environ 3 millions d'ha en 2015 (FAO, 2017).

Les espaces protégés ne restent pas en marge de cette déforestation. Ceux-ci subissent de plus en plus des perturbations d'origine anthropique liées au développement de la cacaoculture (Higonnet *et al.*, 2019). C'est le cas de la plupart des forêts classées de la Côte d'Ivoire dont fait partie la Forêt Classée du Haut-Sassandra (FCHS) dans le Centre-Ouest ivoirien. Dans cet espace domaniale, nous assistons à une déforestation due essentiellement à la conversion du couvert forestier en systèmes agricoles (Barima *et al.*, 2016 ; Koua *et al.*, 2017 ; Timité *et al.*, 2019). Cette situation emmène à s'interroger sur la

valeur de conservation des formations végétales présentes dans la FCHS ainsi que leur capacité à séquestrer le carbone forestier après cet épisode de déforestation.

La présente étude se propose donc de contribuer à une conservation durable de la FCHS. De façon spécifique, il s'agit d'une part, d'évaluer la diversité floristique dans les différents types d'utilisation du sol existant dans la FCHS et, d'autre part, d'estimer la biomasse et le carbone séquestré dans ces différents types d'utilisation du sol.

MATERIEL ET METHODES

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La FCHS située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (Figure 1), appartient, depuis 1974, au domaine forestier permanent de l'Etat ivoirien et s'étend sur une superficie de 102 400 ha (SODEFOR, 1994). Elle est située entre 6°52' et 7°24' de Latitude Nord et entre 6°59' et 7°10' de Longitude Ouest. La FCHS appartient, dans sa majeure partie, à la zone de forêt dense humide semi-décidue à *Celtis spp.* et *Triplochiton scleroxylon* du secteur mésophile (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). Aujourd'hui, cette forêt dense humide semi-décidue a presque disparu laissant place à d'autres types de végétation tels que des forêts dégradées, des jachères et des champs (Kouakou *et al.*, 2018). En effet, à la faveur de la décennie de crise qu'a vécue la Côte d'Ivoire, la FCHS été infiltré par les populations à la recherche de terre propice à la cacaoculture (Kouakou, 2019). La périphérie de la FCHS est occupée par des exploitations agricoles, des villages et des campements d'autochtones mais surtout d'allochtones et d'immigrés de la sous-région ouest africaine (Kouakou *et al.*, 2019).

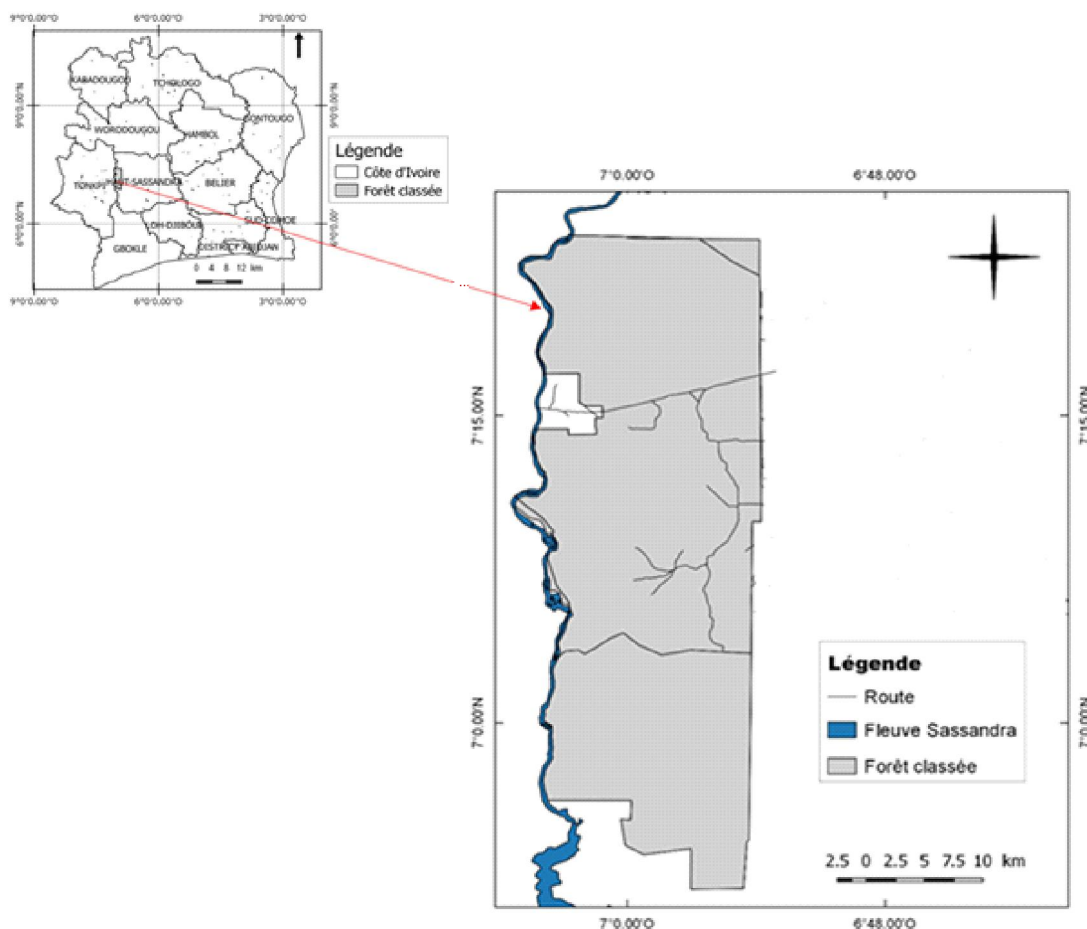


Figure 1 : Localisation de la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire.

ANALYSE DE LA DIVERSITE FLORISTIQUE DES DIFFERENTS TYPES D'UTILISATION DU SOL DE LA FCHS

Choix des sites

Le choix des sites pour l'inventaire et l'étude de la végétation a été effectué sur la base d'une carte d'utilisation du sol obtenue suite à la classification d'une image satellitaire de la FCHS. Cette carte a permis d'obtenir cinq (05) types d'utilisation du sol végétalisés au sein de la FCHS. Il s'agit des « Forêt », « Jachère », « Cacaoyères de 1 à 5 ans », « Cacaoyères de 6 à 10 ans » et « Cacaoyères de plus de 10 ans ». La classe « Jachère » représente les zones abandonnées après des activités anthropiques.

Collecte des données

L'inventaire floristique s'est appuyé sur des méthodes de relevés de surface et de relevés itinérants. Dans chaque type de milieu, trois (03) placettes de 625 m² (25 m x 25 m) ont été disposées sur des transects de 500 m de long pour la collecte de données. Au total, 39 transects constitués de 117 placettes ont été inventoriées (Figure 2). Toutes les espèces végétales rencontrées dans les placettes ont été identifiées. Les espèces arborescentes dont le diamètre à hauteur de poitrine (dhp) était supérieur ou égal à 5 cm ont été mesurées à l'aide d'un ruban mètre. Les mesures ont été prises à 30 cm au-dessus des contreforts pour les arbres à contreforts.

Des inventaires itinérants ont été réalisés entre les placettes et n'ont concerné que les espèces non rencontrées dans les placettes. Ces espèces permettront de compléter la liste floristique finale.

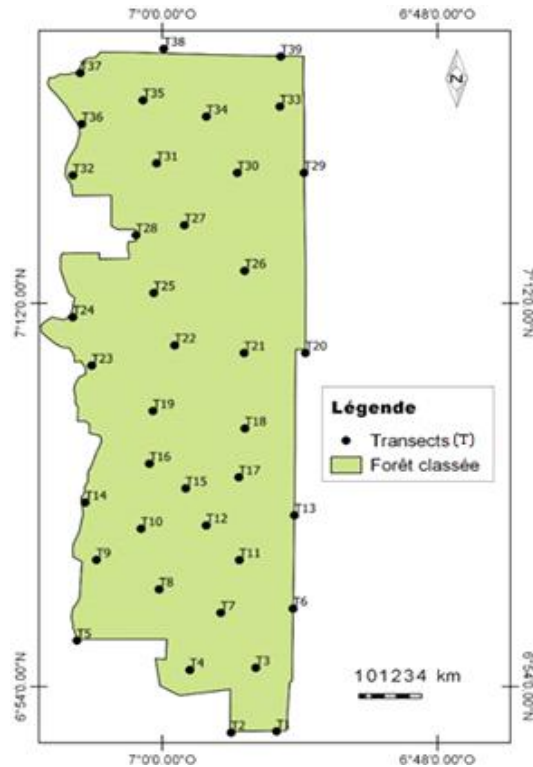


Figure 2 : Répartition spatiale des points de départ des transects inventoriés dans la forêt classée du Haut-Sassandra.

Analyse des données

Les espèces végétales recensées dans chaque type d'utilisation du sol ont été regroupées suivant leur genre et leur famille. Ces paramètres ont permis d'avoir une idée globale de la richesse et de la composition floristique des différents milieux. La nomenclature des espèces floristiques a suivi celle de Cronquist (1988). La valeur de conservation de la biodiversité des différents milieux a été évaluée à travers la présence des espèces à statut particulier en se basant sur des critères de rareté de certains taxons au niveau national, régional ou international suivant les travaux de Aké-Assi (1998 ; 2001 ; 2002) et UICN (2020). Plusieurs indices ont été calculés afin d'apprécier la diversité spécifique. Il s'agit des indices de diversité de Shannon et Weaver et d'équitabilité de Piéluou.

L'indice de diversité de Shannon et Weaver (H'), encore appelé indice de Shannon a été utilisé pour évaluer la diversité des espèces des différents types de biotopes. Si nous désignons par N l'effectif des S espèces considérées, n_i l'effectif des individus d'une espèce i et P_i (n_i/N) l'abondance relative de l'espèce i , alors l'indice de Shannon se résume à l'expression

mathématique suivante :

$$H' = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (\text{Equation 1})$$

Cet indice varie de 0 à $\ln S$; $\ln S$ étant la diversité maximale. Lorsque le peuplement est composé d'une seule espèce, il est égal à 0, tandis que pour une flore comportant un nombre élevé d'espèces, il tend vers $\ln S$.

L'équitabilité (E) renseigne sur la dominance d'une espèce dans une communauté. Elle renseigne sur la répartition des effectifs entre les différentes espèces d'un peuplement. Cet indice se calcule selon la formule mathématique suivante :

$$E = \frac{H'}{\ln N} \quad (\text{Equation 2})$$

L'équitabilité varie de 0 à 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs des individus est concentrée sur une seule espèce et vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Medhi, 2010).

La structure des milieux inventoriés a été analysée à travers la densité des individus, l'aire basale et la distribution des individus par classe de diamètre. La densité des tiges (D) a été

déterminée par le rapport du nombre de tiges (n) dans les placettes du milieu considéré sur la surface totale des placettes (s) en hectares :

$$D = \frac{n}{s} \quad (\text{Equation 3})$$

L'aire basale des tiges est la superficie des sections de troncs d'arbres d'un hectare de végétation que l'on aurait coupé à 1,30 m au-dessus du sol. Pour une formation végétale, elle correspond à la somme des sections transversales de toutes les espèces arborescentes et lianescentes présentes sur cet espace. Elle se calcule par la formule suivante :

$$A = d^2 \times \pi \quad 4 \quad (\text{Equation 4})$$

Où d est le diamètre de la tige et $\pi = 3,14$.

La distribution par classe de diamètre permet de rendre compte de la structure démographique des individus ligneux. La distribution de tiges par milieu a été estimée en mesurant les circonférences de tous les arbres et arbustes supérieure ou égal à 5 cm à l'aide d'un ruban mètre. Les individus ont été par la suite regroupés en 11 classes de diamètre suivantes : [5 ; 10[; [10 ; 20[; [20 ; 30[; [30 ; 40[; [40 ; 50[; [50 ; 60[; [60 ; 70[; [70 ; 80[; [80 ; 90[; [90 ; 100[et dhp ≥ 100 .

$$AGB = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148 \times \ln(d) + 0,207 \times (\ln(d))^2 - 0,0281 \times (\ln(d))^3) \quad (\text{Equation 5})$$

Avec AGB : Biomasse de l'arbre au-dessus du sol (kg) ; d = diamètre du tronc à 30 cm au-dessus du sol (cm) ; ln = logarithme népérien ; ρ : densité spécifique des espèces (g.cm³).

Pour l'estimation du taux de carbone séquestré par les cacaoyers, l'équation proposée par Segura *et al.* (2005, p 149) a été adoptées :

$$AGB = 10^{(-1,625) + 2,626 \cdot \text{Log}d} \quad (\text{Equation 6})$$

Où Log = logarithme à base 10.

Les densités spécifiques des espèces ont été obtenues grâce aux bases de données de Global wood density database (Chave *et al.*, 2009, p 360). Pour les espèces dont les densités ne sont pas connues, la valeur par défaut ($\rho = 0,58$ g/cm³) a été utilisé pour les forêts tropicales d'Afrique.

La biomasse souterraine (BGB) a été estimée

BIOMASSE ET CARBONE SEQUESTRE DANS LES DIFFERENTES CLASSES D'UTILISATION DU SOL DE LA FCHS

La méthodologie d'estimation du carbone a été basée sur les recommandations faites par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en 2003. Elle consiste à évaluer la biomasse présente au niveau des composantes aériennes et souterraines.

Dans la présente étude, les données de carbone ont été collectées par la méthode non-destructive qui consiste à appliquer des modèles de régression sur des mesures faites sur le terrain (N'Goufo *et al.*, 2019). Les différentes espèces floristiques arborescentes inventoriées dans les placettes installées dans la FCHS ont permis d'estimer la biomasse et le taux de carbone séquestré par la FCHS. Pour l'estimation de la biomasse aérienne dans les différents types d'utilisation du sol, des équations spécifiques ont été utilisées pour les différentes espèces présentes dans les différents milieux.

Pour les arbres, arbustes et arbrisseaux, l'équation 5 proposée par Chave *et al.* (2005, p 92) a été utilisée :

en multipliant la valeur de la biomasse aérienne (AGB) par un coefficient R (*Root to shoot ratio*) dont la valeur est estimée à 0,24 (GIEC, 2003, p 213).

$$BGB = AGB \cdot 0,24 \quad (\text{Equation 7})$$

La biomasse totale (BT) a été obtenue en faisant la somme de la biomasse aérienne et de la biomasse souterraine.

$$BT = AGB + BGB \quad (\text{Equation 8})$$

La biomasse totale estimée à partir des différentes équations a été convertie en stock de carbone séquestré en la multipliant par une fraction de carbone. Par convention, la valeur de 0,5 est utilisée pour la teneur en carbone (GIEC, 2003). Ainsi, la biomasse totale a été convertie en quantité de carbone en la multipliant par 0,5.

RESULTATS

DIVERSITE VEGETALE DE LA FORET CLASSEE DU HAUT-SASSANDRA

Richesse floristique des différents types d'utilisation du sol

Les inventaires floristiques réalisés dans les différents types d'utilisation du sol de la FCHS

ont permis de recenser 446 espèces végétales réparties en 275 genres et 79 familles botaniques. Les forêts enregistrent le plus grand nombre d'espèces végétales avec 386 espèces réparties en 234 genres et 73 familles. Ces reliques de forêt sont suivies des cacaoyères âgées de moins de 5 ans dans lesquelles ont été recensées 148 espèces réparties en 127 genres et 55 familles. Les cacaoyères d'âge supérieur à 10 ans enregistrent le plus faible nombre d'espèces avec 39 espèces réparties entre 36 genres et 27 familles (Tableau 1).

Tableau 1 : Nombre d'espèces, de genres et de familles dans les différentes classes d'utilisation du sol de la forêt classée du Haut-Sassandra.

Types d'utilisation du sol	Nombre d'espèces	Nombre de genres	Nombre de familles
Forêt	386	234	73
Jachère	128	104	50
Cacaoyère ≤ 5 ans	148	127	55
5 ans < Cacaoyère ≤ 10 ans	129	108	50
Cacaoyère ≥ 10 ans	39	36	27
Total	446	275	79

49 espèces forestières à statuts particuliers ont été recensées dans l'ensemble des types d'utilisation du sol, soit 11 % de l'ensemble des espèces inventoriées au sein de la FCHS. 52 % de ces espèces sont endémiques de l'Afrique de l'Ouest (GCW), 33 % sont vulnérables (VU) et 9,33 % sont à la fois vulnérables et endémiques de l'Afrique de l'Ouest (VU, GCW). Une des espèces à savoir *Placodiscus attenuatus* est à la fois en danger et endémique de l'Afrique de l'Ouest et une autre espèce

(*Drypetes singroboensis*) est à la fois vulnérable et endémique de la Côte d'Ivoire (VU, GCi). *Salacia columnna* qui est une espèce endémique de la Côte d'Ivoire a également été inventoriée dans la FCHS. Par ailleurs, les espèces à statut particulier se rencontrent à des proportions variables dans les différents milieux. Les reliques forestières enregistrent le plus grand nombre d'espèces à statut particulier avec 47 espèces. Les cacaoyères de plus de 10 ans sont moins riches en espèces à statut particulier (1 espèce) (Tableau 2).

Tableau 2 : Proportion des espèces à statut particulier recensées dans la forêt classée du Haut-Sassandra.

Statut de conservation	Forêt	Jachère	5 ans ≤ Cacaoyère	5ans < Cacaoyère ≤ 10 ans	Cacaoyère > 10 ans	Total	Fréquence (%)
EN, GCW		1				1	01,33
GCi	1					1	01,33
GCW	26	5	4	4		39	52,00
VU	14	4	3	3	1	25	33,33
VU, GCi	1		1			2	02,67
VU, GCW	5	1	1			7	09,33
Total	47	11	9	7	1	49	

GCW : Endémique au bloc forestier Ouest Africain ; VU : Vulnérable ; GCi : Endémique de la Côte d'Ivoire ; EN : en Danger.

- : absence

Diversité floristique des différents types d'utilisation du sol

Les valeurs de l'indice de Shannon oscillent entre 0,8 et 4,6. L'indice de Shannon calculé montre que les jachères ($H = 4,6$) et les reliques de

forêts ($H = 4,4$) sont les plus diversifiées contrairement aux cacaoyères. Les valeurs des indices d'équitabilité de Pielou tendent vers 1 dans les forêts et les jachères tandis que celles obtenues dans les cacaoyères sont inférieure à 0,5 (Tableau 3).

Tableau 3 : Indices de diversité calculés dans les différentes classes d'utilisation du sol de la forêt classée du Haut-Sassandra.

Paramètres floristiques	Forêt	Jachère	Cacaoyère ≤ 5 ans	5 ans $<$ Cacaoyère ≤ 10 ans	Cacaoyère ≥ 10 ans
Indice de Shannon	4,4	4,6	2,8	1,7	0,8
Equitabilité	0,8	0,9	0,6	0,4	0,2

Structure de la végétation dans les différents types d'utilisation du sol

En tenant compte de tous les individus, la densité moyenne des espèces présentes dans les différents milieux inventoriés est de 687,96 tiges/ha. La densité des espèces présentes dans les fragments forestiers est la plus élevée

avec 516 tiges/ha. La densité totale des espèces recensées dans les cacaoyères est composée de celles des cacaoyers et des espèces associées. Ainsi, la densité des espèces associées au cacaoyers est plus élevée dans les cacaoyères de moins de 5 ans (438,68 tiges/ha) et plus faible dans les cacaoyers de plus de 10 ans (6,22 tiges/ha) (Figure 3).

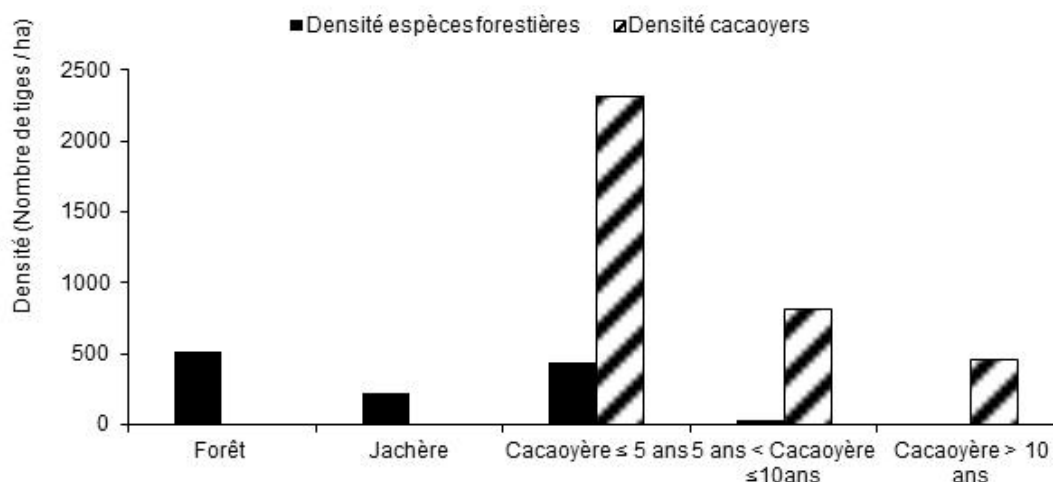


Figure 3 : Densité des espèces présentes dans les types d'utilisation du sol de la forêt classée du Haut-Sassandra.

L'aire basale moyenne des espèces recensées dans la FCHS est de 20,92 m²/ha. Les jachères et les forêts ont les plus grandes aires basales avec des valeurs respectivement égales à 28,96 m²/ha et 28,19 m²/ha. Les plus faibles aires basales ont été obtenues dans les cacaoyères de plus de 10 ans (9,41 m²/ha). L'aire basale totale des espèces recensées dans la majorité des milieux étudiés est composée de celles des cacaoyers et des espèces associées. Ainsi,

l'aire basale moyenne des cacaoyers est plus élevée dans les cacaoyères de plus de 10 ans (8,76 m²/ha) et moins élevée dans les cacaoyers de moins de 5 ans (2,73 m²/ha). Par ailleurs, l'aire basale des espèces associées au cacaoyer est plus élevée dans les cacaoyères de moins de 5 ans (12,81 m²/ha) et plus faible dans les cacaoyères de plus de 10 ans (0,65 m²/ha) (Figure 4).

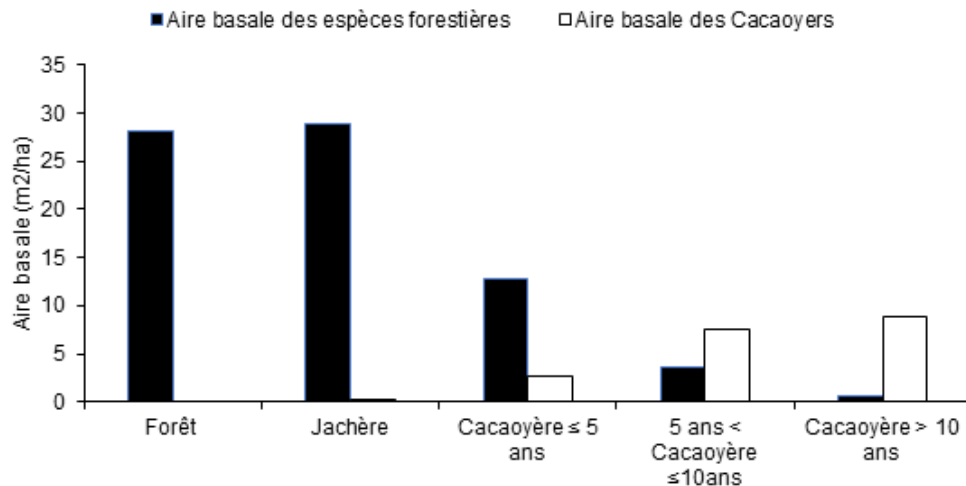
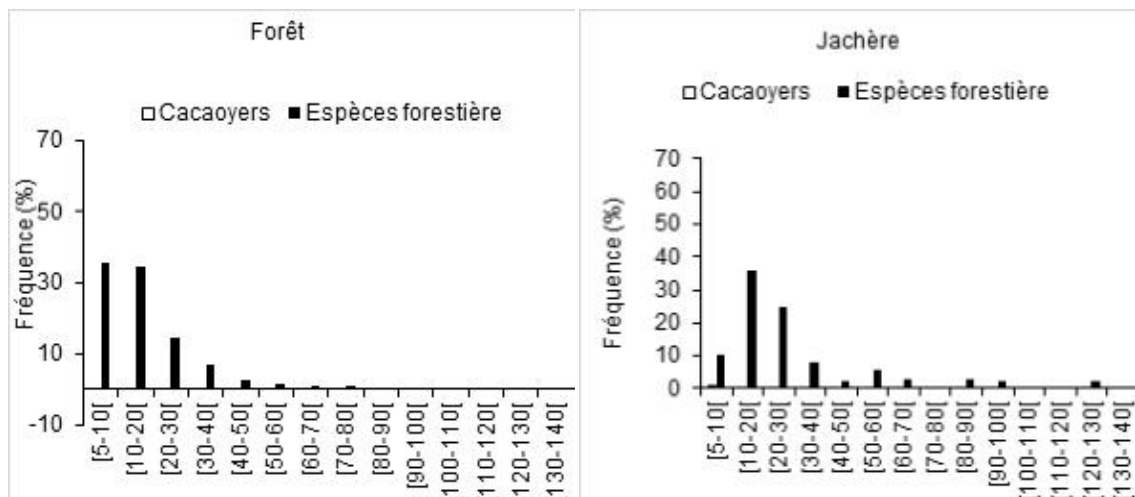


Figure 4 : Aire basale des espèces inventoriées dans les différents biotopes de la forêt classée du Haut-Sassandra.

La distribution par classe de diamètre indique que la végétation de la FCHS est actuellement dominée par les individus de diamètres compris entre 5 et 10 cm (34,67 %) et sont suivis de ceux compris entre 10 et 20 cm (51,04 %). Dans les forêts, les individus ayant un diamètre compris entre 5 et 10 cm (35,16 %) sont prépondérants. Ils sont suivis des individus ayant un diamètre compris entre 10 et 20 cm (34,56

%). Par ailleurs, on observe une prépondérance des individus d'arbres compris entre 5 et 10 cm, suivis de ceux compris entre 10 et 20 cm dans les cacaoyères. La proportion des individus arborescents ayant un diamètre supérieur à 20 cm est faible dans les cacaoyères de moins de 5 ans (8,40 %), très faible dans les cacaoyères comprises entre 5 et 10 ans (1,59 %) et celles d'âge supérieur à 10 ans (0,57 %) (Figure 5).



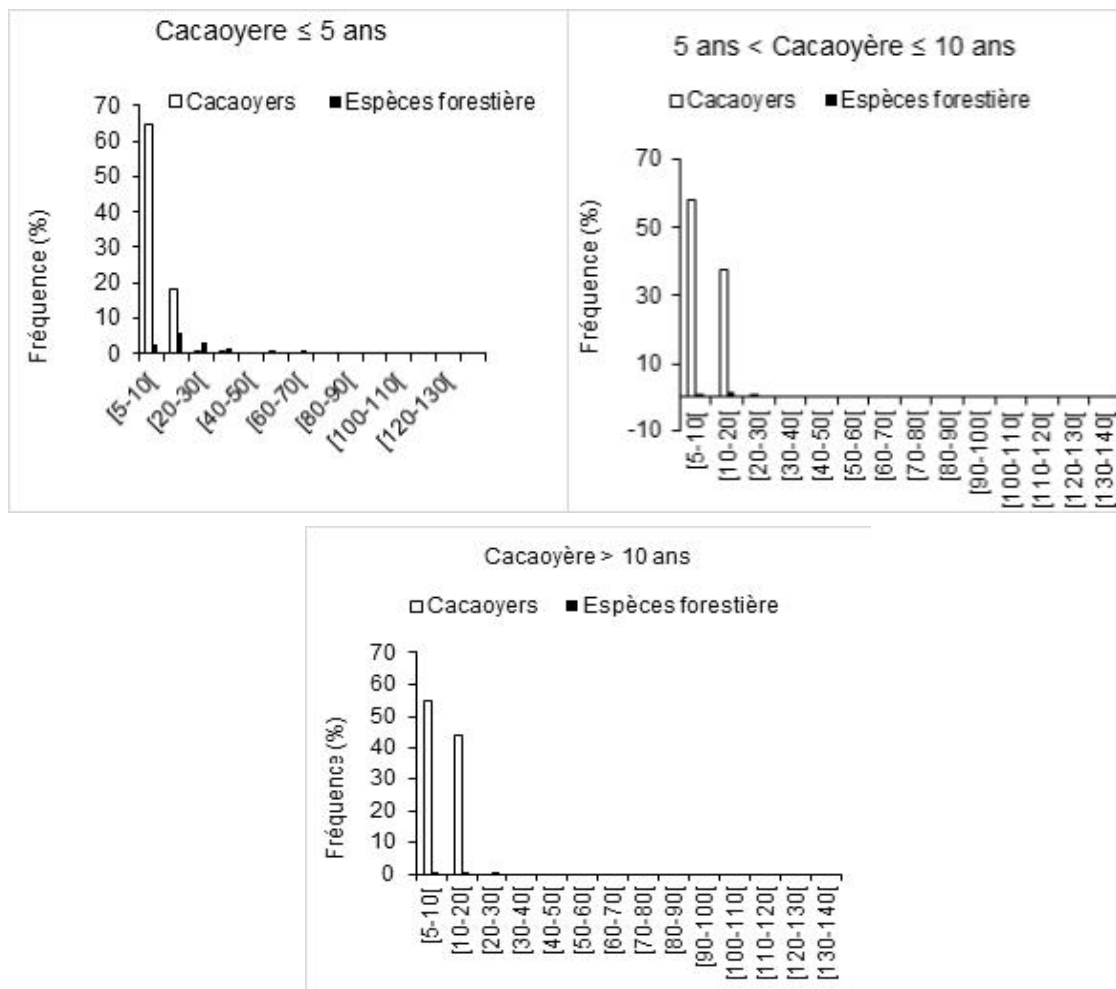


Figure 5 : Distribution des individus par classes de diamètre dans les différents types de milieux inventoriés dans la forêt classée du Haut-Sassandra.

TAUX DE CARBONE SEQUESTRE DANS LES DIFFERENTS TYPES D'UTILISATION DU SOL DE LA FORET CLASSEE DU HAUT-SASSANDRA

Le taux moyen de carbone séquestré dans la FCHS est de 138,18 tC/ha. Ce taux varie d'un type d'utilisation du sol à un autre (Figure 6).

Ainsi, le taux le plus élevé est noté dans les poches de forêt (240,37 tC/ha) et le taux le plus faible est noté dans les cacaoyères de plus de 10 ans (11,77 tC/ha). Par ailleurs, en considérant uniquement les cacaoyères, l'on note une décroissance du taux de carbone séquestré au fur et à mesure que les cultures augmentent en âge.

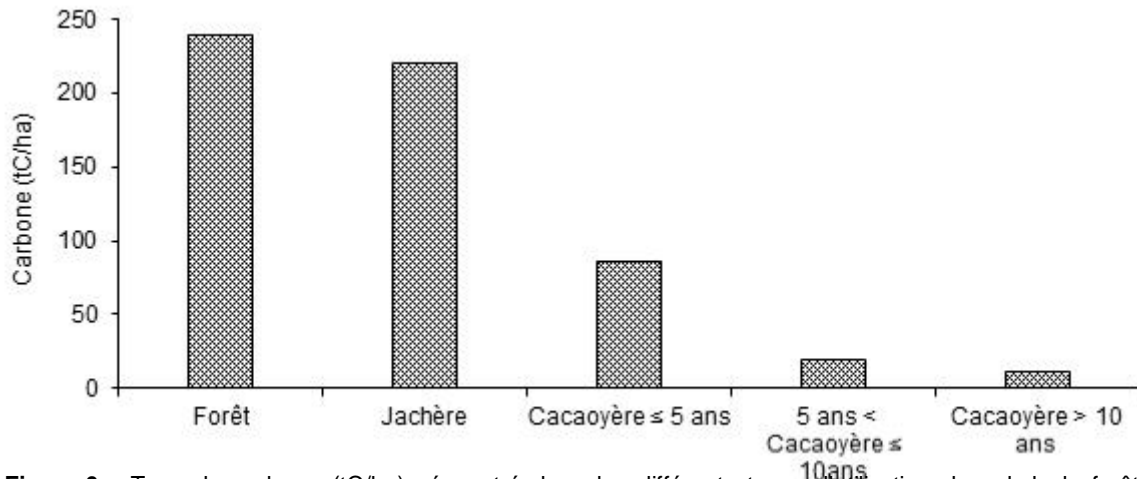


Figure 6 : Taux de carbone (tC/ha) séquestré dans les différents types d'utilisation du sol de la forêt classée du Haut-Sassandra.

La figure 7 indique le bilan des pertes du carbone séquestré dans les milieux fortement perturbés (jachères et cacaoyères) par rapport aux reliques forestières laissées. La perte du taux de carbone séquestré dans les jachères et cacaoyères par rapport à la forêt varie entre 14 % et 95 %. Ainsi,

les jachères séquestrent moins de 14 % du carbone par rapport aux reliques de forêt suivies des cacaoyères de moins de 5 ans (-64 %), cacaoyères comprises entre 6 et 10 ans (-91,95 %) et cacaoyères de plus de 10 ans (-95,10 %).

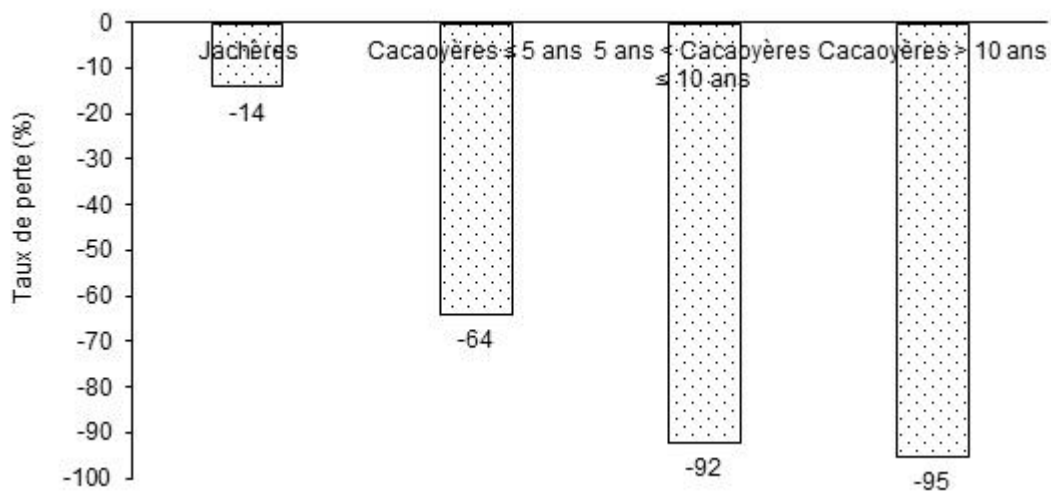


Figure 7 : Bilan des pertes du carbone des jachères et cacaoyères par rapport aux reliques forestières.

DISCUSSION

Les inventaires floristiques réalisés dans les différents types d'utilisation du sol de la FCHS ont permis de recenser au total 446 espèces floristiques. Le nombre d'espèces recensées est en deçà du nombre d'espèces présentes dans la FCHS quand elle était relativement bien conservée. En effet, en 1998, Kouamé *et al.* avaient recensé 1047 espèces. Cette réduction du nombre d'espèces est due à une anthro-

pisation croissante dans la FCHS depuis le début des années 2000 et sa transformation en cacaoculture (Assalé *et al.*, 2020). En effet, dans les systèmes agricoles, l'homme simplifie l'écosystème naturel par substitution de multiples espèces par un nombre réduit cherchant la plus forte reproductivité.

Parmi les différents types d'utilisation du sol de la FCHS, les forêts enregistrent le plus grand nombre d'espèces et sont suivies de cacaoyères d'âge inférieur à 5 ans. Les cacaoyères de plus

de 10 ans enregistrent le plus faible nombre d'espèces. La présence d'espèces forestières dans les jeunes cacaoyères peut être imputable à la nécessité de leur utilisation dans la protection des jeunes plants de cacaoyers contre les rayonnements solaires (Adou Yao, 2005). Le nombre élevé d'espèces forestières dans les jeunes cacaoyères est également dû au fait que les paysans adoptent une stratégie de camouflage de leurs exploitations agricoles lors de la mise en place des cacaoyères pendant les premières années de développement dans la FCHS. En effet, dans le souci d'échapper à la surveillance de la SODEFOR, les paysans défrichent le sous-bois en prélude à la mise en culture du cacaoyer. Les grands arbres y sont laissés faisant croire à un bon état de la forêt vu de haut (Kouakou *et al.*, 2015). Les fèves de cacao sont alors semées dans le sous-bois pendant les premières années de culture. Après quelques années, les grands arbres brûlés à la base du tronc meurent pour laisser place aux cacaoyères, ce qui traduit le faible nombre d'espèces dans les cacaoyères plus âgées. La réduction du nombre d'espèces dans les cacaoyères âgées est également due au fait que certains arbres et arbustes laissés sur les plantations meurent de façon naturelle car ne disposant plus des conditions idéales pour leur développement (Adou Yao et N'Guessan, 2006).

Les analyses ont également montré que l'aire basale des espèces associées aux cacaoyers est plus élevée dans les cacaoyères de moins de 5 ans et plus faible dans les cacaoyères de plus de 10 ans. Ce résultat s'explique par l'absence des arbres à grands diamètres dans les vieilles plantations comparativement aux jeunes plantations dans lesquelles subsistent encore quelques arbres à grand diamètre. L'absence d'arbres à grands diamètres dans les plantations âgées a également été montré par Kpangui *et al.* (2015).

L'indice de Shannon calculé a montré que les cacaoyères de plus de 10 ans sont les moins diversifiées. Ce résultat confirme les travaux de Jiagho *et al.* (2016) et Mekideche *et al.* (2018) qui ont montré que l'indice de Shannon est positivement corrélé avec l'intensité des activités anthropiques.

La présence des espèces à statut particulier, le nombre et leur variété confirment le rôle de conservation de la biodiversité que jouent les espaces domaniaux en général et la FCHS en particulier (Goné Bi *et al.*, 2013 ; Kouakou *et*

al., 2015 ; Boushaba, 2017). Dans la FCHS, 48 espèces forestières à statut particulier ont été recensées. Ainsi, malgré son état de dégradation, la FCHS regorge encore des espèces à statut particulier, qui méritent une attention particulière. En effet, selon Tchouto (2004), les espèces à statut particulier sont les plus sensibles aux perturbations causées par l'homme. Les activités anthropiques dont la résultante est la destruction de la forêt, ne favorisent pas la survie de ces espèces qui recherchent un microclimat particulier (Sangne *et al.*, 2008).

Une faible densité d'espèces a été enregistrée dans les cacaoyères, surtout celles qui sont plus âgées. Cette faible densité s'explique par le fait que les paysans détruisent un nombre important d'espèces forestières dans le milieu lors de la mise en place de leur exploitation cacaoyère. Aussi, ils entretiennent régulièrement leur plantation en éliminant plusieurs espèces qui leur semble nuisible (Sanial, 2018).

Le taux élevé de carbone séquestré par les forêts et les jachères se justifie par la présence d'arbres à grands diamètres et aussi à la présence d'espèces ayant une grande densité spécifique (Bakayoko *et al.*, 2012). En effet, selon les travaux de Anobla et N'Dja (2016) et Saj *et al.* (2013), ce sont les arbres qui séquestrent plus le carbone, surtout ceux à gros diamètre. Ainsi, les forêts classées, quand elles sont bien conservées, participent significativement à la régulation du climat à travers la séquestration du carbone forestier. En d'autres termes, bien que les forêts classées soient dédiées entre autres à l'exploitation de bois d'œuvre, elles participent à lutter contre le changement climatique puisque leur exploitation obéit à un plan d'aménagement. La participation des espaces domaniaux à la lutte contre le changement climatique a également été mis en évidence par McNeely et Mainka (2009). En effet, ces auteurs, les aires protégées stockent 15 % du carbone mondial terrestre, soit 312 Gigatonnes.

Le stock moyen de carbone dans les cultures est de 39,05 tC/ha. Ainsi, les espaces anthropisés participent également à la régulation du climat à travers la séquestration du carbone forestier. Cependant, cette capacité de séquestration du carbone des espaces anthropisés est moins importante que celle des forêts bien conservées. Le faible taux de carbone séquestré dans les cultures par rapport à ce qui

est stocké dans les fragments forestiers se justifierait par le fait que les cacaoyers, bien qu'étant des arbustes ont un faible potentiel de séquestration de carbone par rapport aux essences forestières (Kpangui, 2015). Le faible taux de carbone séquestré dans les vieilles cacaoyères, s'explique également par la quasi absence d'arbres dans la majorité des champs en production.

CONCLUSION

Les inventaires floristiques réalisés dans les différents types d'utilisation du sol de la FCHS en 2019 ont révélé que le passage de la forêt aux plantations de cacao a entraîné la disparition de plusieurs espèces forestières dans la FCHS du fait de la méconnaissance des pratiques agroforestières par les paysans. Cette anthropisation a également entraîné une réduction de la valeur de conservation de la FCHS. Par ailleurs, la réduction des espèces forestières a entraîné une baisse du taux de carbone séquestré dans la FCHS. En effet, les cacaoyères de moins de 5 ans séquestrent moins de 64 % du carbone séquestré par les fragments de forêt et sont suivies des cacaoyères comprises entre 6 et 10 ans (-91,95 %) et enfin par les cacaoyères de plus de 10 ans (-95,10 %). Ainsi, il conviendrait de sensibiliser les agriculteurs à l'adoption des pratiques agricoles basées sur l'agroforesterie afin d'atténuer les effets du changement climatique dus à la déforestation.

REMERCIEMENTS

La présente étude a bénéficié du soutien financier du Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique en Côte d'Ivoire (PASRES). Les différents travaux ont été possibles grâce à la collaboration de la Société de Développement des forêts (SODEFOR) qui a autorisé l'accès à la forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS). Cette étude a également bénéficié de l'appui technique du Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Ecologie du Paysage et en Environnement (GRIEPE).

REFERENCES

- Adou Yao C. Y. 2005. Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Département Hommes Naturelles Sociétés, (Paris), 238 p.
- Adou Yao C. Y., et E. K. N'Guessan. 2006. Diversité floristique spontanée des plantations de café et de cacao dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 157 (2) : 31 - 36.
- Aké-Assi L. 1998. Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la biodiversité biologique en Côte d'Ivoire. *Le flamboyant*, 46 : 20 - 21.
- Aké-Assi L. 2001. Flore de la Côte d'Ivoire 1, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et Jardin Botanique, Boissieria 57, Genève, Suisse, 396 p.
- Aké-Assi L. 2002. Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue, systématique, biogéographie et écologie. Genève, Suisse : Conservatoire et Jardin Botanique, Boissieria 58, Genève, Suisse, 441 p.
- Anobla A. O. M. M. et J. K. N'Dja. 2016. Dynamique de la végétation de Bamo et stocks de carbone dans la mosaïque de végétation. *European Scientific Journal* 12 (18).
- Assalé A. A. Y., Y. S. S. Barima, K. A. Kouakou, A. T. M. Kouakou et J. Bogaert. 2016. Agents de dégradation d'une aire protégée après une décennie de conflits en Côte d'Ivoire : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 22 (1) : 123 - 133.
- Assalé A. A. Y., Y. S. S. Barima, Y. C. Sangne, D. K. C. R. Bleu et K. B. Kpangui. 2020. Evaluation des services d'approvisionnement fournis par les espaces domaniaux anthropisés : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Canadian Journal of Forest Research*, 50 : 1002 - 1011
- Bakayoko O., A. M. Assa, B. Coulibaly et K. E. N'Guessan. 2012. Stockage de Carbone dans des Peuplements de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* en Côte d'Ivoire. *European journal of Scientific Research*, 75 (4): 490 - 501.
- Barima Y.S.S., A. T. M. Kouakou, I. Bamba, Y. C. Sangne, M. Godron, J. Andrieu and J. Bogaert. 2016. Cocoa crops are destroying the forest reserves of the Classified Forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecology and Conservation*, 8 : 85 - 98.
- Boushaba K. 2017. Relations sociétés-nature et stratégies intégrées de conservation et du développement : Cas de la Réserve de Biosphère Intercontinentale de la Méditer-

- ranée. Thèse de doctorat, Faculté de l'aménagement, Université de Montréal (Canada), 318 p.
- Chave J., S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Folster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J. P. Lescuyer, B. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Reira and T. Yamakura. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stock and balance in tropical forest. *Oecologia*, 145 : 87 - 99.
- Chave J., D. Coomes, S. Jansen, S. L. Lewis, N. G. S. Swensen and A. E. Zanne. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12 : 351 - 366.
- Cronquist A. 1988. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. New-York botanical garden, New -York (USA), 230 p.
- FAO (2017). Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire : Cartographie de la dynamique forestière de 1986 à 2015. Abidjan, Côte d'Ivoire, 33 p.
- Gehring C., S. Park and M. Denich. 2004. Liana allometric biomass equations for Amazonian primary and secondary forest. *Fems Microbiology Letters*, 16 p.
- GIEC 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies, Kamiyamaguchi Hayama, Kanagawa, Japan, 2108 -11, 240 - 0115.
- GIEC 2006. Guide pour l'inventaire national des gaz à effet de serre ; agriculture, foresterie et autre usage des terres. Institute for Global Environmental Strategies Japon, 4 : 46 - 52.
- Goné Bi Z., D. Kouame, I. Kone et Y. C. Adou Yao. 2013. Diversité végétale et valeur de conservation pour la Biodiversité du Parc National du Mont Péko, une aire protégée, menacée de disparition en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 71 : 5753 - 5762.
- Guillaumet J. L. et E. Adjanohoun. 1971. La végétation de la Côte d'Ivoire, In Avenard J.M., M. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J-L. Guillaumet, E. Adjanohoun and A. Perraud. *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*, Mémoires ORSTOM, France, 155 - 261.
- Higonnet E., M. Bellantonio et G. Hurowitz. 2019. La déforestation amère du chocolat : Comment les forêts classées deviennent du «cacao classé». Rapport d'étude, 24 p.
- Jiagho E. R., L. Zapfack, L. P. R. K. Banoho, M. Tsayem-Demaze et J. C. P. Tchawa. 2016. Diversité de la flore ligneuse à la périphérie du Parc national de Waza (Cameroun). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* 16 (1).
- Koua K. A. N., I. Bamba, Y. S. S. Barima, A. T. M. Kouakou, K.A. Kouakou et Y.C. Sangne 2017. Echelle spatiale et dynamique de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) en période de conflits. *Revue Environnement et Biodiversité-PASRES* 2 (1) : 54 - 68.
- Kouakou A. T. M., Y. S. S. Barima, K. A. Kouakou, N. F. Kouamé and K. J. Yatty 2015. Forest dynamics in armed conflicts period in classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *American Journal of Life Sciences* 3 (5) : 375 - 382.
- Kouakou A. T. M., A. A. Y. Assalé et Y. S. S. Barima. 2018. Impact des pressions anthropiques sur la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Tropicultura* 36 (2) : 155 - 170.
- Kouakou A. T. M. 2019. Dynamiques spatio-temporelles du couvert végétal et diversité floristique de quelques parcs nationaux et forêts classées de Côte d'Ivoire dans un contexte de crises politico-militaires. Thèse de Doctorat. *Ecologie végétale*, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire), 352 p.
- Kouakou K. A., K. Traore, Y. C. Sangne and Y. S. S. Barima 2019. Vulnerability of source species of non-timber forest products of plant origin exploited by riparian owners of protected areas : The case of the classified forest of Haut-Sassandra, in the Centre-West of Côte d'Ivoire. *International Journal of Applied Research* 5 (12) : 18 - 31
- Kouamé F. N., F. H. Tra bi, D. T. Ettien et D. Traoré. 1998. Végétation et Flore de la forêt classée du Haut-Sassandra, en Côte d'Ivoire. *Revue du CAMES*, 1 : 28 - 35.
- Kpangui K. B. 2015. Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire), 206 p.
- Kpangui K. B., B. T. A. Vroh, Z. B. Goné Bi et C. Y. Adou Yao. 2015. Diversité floristique et structurale des cacaoyères du << V Baoulé >> : cas de la sous-préfecture de Kokumbo (Centre, Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal* 11 (36).
- Lanly J. P. 1969. Régression de la forêt dense en Côte-d'Ivoire. *Bois & Forêts des Tropiques*, 127 (127) : 45 - 59.

- Lessard D. 2013. Effet de la transformation d'une forêt naturelle en forêt aménagée sur les bénéfices de la séquestration inclus à l'empreinte carbone des produits du bois. Mémoire de maîtrise, science de l'environnement, Université du Québec (Montréal), 62 p.
- Loubota Panzou G. J., J. L. Doucet, J. J. Loumeto, A. Biwole, S. Bauwens et A. Fayolle. 2016. Biomasse et stocks de carbone des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20 (4) : 508 - 522.
- McNeely J. A. et S. A. Mainka 2009. Conservation pour une ère nouvelle. Union internationale pour la conservation de la Nature. Gland, Suisse. 238 p.
- Mehdi L. 2010. Structure verte et biodiversité urbaine : l'espace vert : analyse d'un écosystème anthropisé. Thèse de doctorat, Université de Tours, France, 240 p.
- Mekideche S., L. Brakchi-Ouakour et L. Kadik. 2018. Impact des perturbations anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie. *Bois et Forêts des Tropiques*, 337 : 53 - 66.
- Molto Q. 2012. Estimation de la biomasse en forêt tropicale humide : propagation des incertitudes dans la modélisation de la distribution spatiale de la biomasse en Guyane Française. Doctoral dissertation, Antilles-Guyane.
- N'Goufo R., L. Zapfack, D. E. Tiomo, L. S. Tsafack Ngoufo, C. A. Matsaguim Guimdo, C. Chimi Djomo, A. Lekeufack, F. Neckdem Manfo, E. C. Kana, B. Bouba Nezene et S. Njal Njock. 2019. Évaluation et spatialisation du carbone stocké dans le massif forestier de Ngog-Mapubi (Cameroun). Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Mar 2019, Bénin.
- Poorter L., F. Bongers, F. N. Kouamé and W. D. Hawthorne. 2004. Biodiversity of West African Forests: An Ecological Atlas of Woody Plant Species. CABI Publishing, Nederland, Pays-Bas, 521 p.
- Saj A., Y. Cojan, R. Vocat, J. Luauté and P. Vuilleumier. 2013. Prism adaptation enhances activity of intact fronto-parietal areas in both hemispheres in neglect patients. *Cortex*, 49 (1) : 107 - 119.
- Sako N., G. Beltrando, K. L. Atta, H. D. N'Da et T. Brou. 2013. Dynamique forestière et pression urbaine dans le Parc national du Banco (Abidjan, Côte d'Ivoire). *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 13 (2).
- Sangne Y., Y. Adou-Yao et K. E. N'Guessen. 2008. Transformations de la flore d'une forêt dense sémi-décidue : impact des activités humaines (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 20 (1) : 1 - 11.
- Segura M., M. Kanninen and D. Suárez. 2005. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee plants in agroforestry systems in Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestry Systems*, 68 (2) : 143 - 150.
- SODEFOR 1994. Aménagement de la forêt classée du Haut Sassandra, 1994-2014. Rapport SODEFOR, 81 p.
- Soulama S., A. Kadeba, B. M. Nacoulma, S. Traoré, Y. Bachmann et A. Thiombiano. 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.
- Tchouto G. P. M. 2004. Plant diversity in Central African rain forest: implication for Biodiversity conservation in Cameroon. Thèse de Doctorat, Université de Wageningen (Pays-Bas), 208 p.
- Timité N., Y. C. Sangne, K. B. Kpangui et Y. S. S. Barima. 2019. Exploitations cacaoyères et pratiques culturelles au sein d'un espace domaniale : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS), Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Science*, 41 (3) : 7015 - 7028.
- Van der Werf G.R., D. C. Morton, R. S. DeFries, J. G. J. Olivier, P. S. Kasibhatla, R. B. Jackson, G. J. Collatz and J. T. Randerson. 2009. CO2 emissions from forest loss. *Nature Geoscience*, 2 (11) : 737 - 738.