

## Evaluation de la couverture forestière et du stock de carbone forestier de la réserve scientifique de Lamto (Côte d'Ivoire)

### [ The forest cover and the forest carbon stock assessment of Lamto Scientific Reserve (Côte d'Ivoire) ]

*Nina GUEULOU<sup>1</sup>, Kouakou Guy-Casimir DOUFFI<sup>1</sup>, SORO Yenilougo<sup>1</sup>, Moussa KONE<sup>1-3</sup>, and Adama BAKAYOKO<sup>1-2</sup>*

<sup>1</sup>UFR des Sciences de la Nature, Pôle de Recherche Environnement et Développement Durable, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Institut Botanique AKÉ ASSI d'Andokoi (IBAAN), Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The Emissions Reduction mechanism due to the Deforestation and the forests Degradation (REDD+) is a crucial challenge against the climate change. This study aims to evaluate the current forest cover of Lamto scientific reserve and its carbon potential sequestration in order to provide source data for the implementation of REDD+ project. The reserve forest cover was given through satellite imagery and cartographic sources. The carbon stock of the reserve was estimated by integrating the data of the forest inventory in an allometric equation. The forest cover analysis shows that this reserve knew a considerable increase of about 16.05 % during the 29 last years. All the forest small islands and galleries forests is today approximately 30% (853.85 ha) of the reserve area. The estimates of Carbon stocks are of 22.21 tC/ha. In addition, this study showed that the classes of the tree's diameter and the carbon storage capacity of a semi-deciduous forest depend on the species Importance Index Value (I.V.I.) present in this area.

**KEYWORDS:** Cartography, Forests, Lamto scientific reserve, Carbon, REDD+, climate change.

**RESUME:** Le mécanisme de Réduction des Émissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD+) est un enjeu de taille dans la lutte contre le réchauffement climatique. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'état actuel de la couverture forestière de la réserve scientifique de Lamto et son potentiel de séquestration de carbone en vue de fournir des données de base pour la mise en œuvre des projet REDD+. La couverture forestière de la réserve a été déterminée à travers des images satellitaires et des sources cartographiques. Le stock de carbone de la réserve a été estimé en intégrant les données de l'inventaire forestier dans une équation allométrique. L'analyse des résultats montre que cette réserve a connu une augmentation considérable de sa couverture forestière de l'ordre de 16,05% durant les 29 dernières années. L'ensemble des îlots forestiers et forêts galeries couvrent aujourd'hui environ 30% (853,85 ha) de la superficie de la réserve. Les estimations de stocks de carbone sont de 22,21 tC/ha. Par ailleurs, cette étude a montré qu'en plus des classes de diamètre des arbres, la capacité à stocker le carbone d'une forêt semi décidue dépend également des Indices de Valeur d'Importance (I.V.I.) des essences présentes dans le milieu.

**MOTS-CLEFS:** Cartographie, Forêts, réserve scientifique de Lamto, Carbone, REDD+, réchauffement climatique.

## 1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, pays en développement, vit essentiellement de spéculations agricoles et pastorales. Ces activités se font aux dépens des forêts naturelles. La couverture forestière du pays qui, dans les années 1900, était de 16 millions d'hectares est passée à 1,385 millions d'hectares en 2000 [1]. Cette réduction des surfaces forestières montre l'ampleur de la déforestation en Côte d'Ivoire. Cette situation a pour conséquence directe l'émission de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Au cours des années 90, la déforestation aurait causé des émissions d'environ 5,8 Gt CO<sub>2</sub> par an contribuant ainsi au réchauffement climatique [2]. En réponse aux enjeux de la déforestation et du changement climatique, la République de Côte d'Ivoire s'est engagée depuis 2011 dans le mécanisme REDD+. C'est un mécanisme qui vise à Réduire les émissions des gaz à effet de serre (GES) dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts. Il inclut les rôles de conservation, de gestion durable des forêts et d'accroissement des stocks de carbone pouvant contribuer à la lutte globale contre le changement climatique. Ce mécanisme constitue une opportunité pour la Côte d'Ivoire de bénéficier des fonds multilatéraux pour la restauration et la gestion durable de son couvert forestier qui est fortement dégradé [3]. Toutefois, pour que ce mécanisme puisse être mis en œuvre, le pays doit surveiller et mesurer ses émissions et absorption anthropiques des GES et des stocks de carbone forestier de façon régulière [4]. L'un des défis du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MINEDD) est de convertir l'ensemble des efforts de conservation des forêts ivoiriennes (Parcs nationaux, Réserves, Forêts Classées, Reboisement du domaine rural, etc.) en projet REDD+ [3]. Cependant, pour estimer la quantité de carbone contenu dans un massif forestier, il faut mesurer la surface de ce massif puis mesurer la quantité de carbone par hectare qu'il contient [5]. La réserve scientifique de Lamto ne reste pas en marge de ce programme de valorisation des ressources biologiques. Bien que composée en majeure partie de savane, elle comporte aussi quelques formations forestières qui ont leur rôle à jouer dans la séquestration du carbone.

La présente étude se propose d'évaluer l'état actuel de la couverture forestière de la réserve de Lamto et son potentiel de séquestration de carbone en vue de fournir des données de base pour la mise en œuvre des projets REDD+. De façon spécifique, il s'agit d'évaluer le couvert forestier actuel de la réserve de Lamto et, d'estimer le stock de carbone séquestré par les forêts de ladite réserve.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été menée dans la réserve de Lamto, au centre de la Côte d'Ivoire. Elle est située entre les latitudes nord 6°10'53" et 6°15'20" et entre les longitudes ouest 4°58'42" et 5°2'53". Elle couvre une superficie de 2617 ha [6]. La température moyenne en 2015 est de 28,57°C et une précipitation annuelle est de 1477,7mm (Station Géophysique de Lamto). Les sols sont de type ferrallitique avec 60 à 90% de sable et pauvre en matière organique (1,2 à 2% en surface, 0,5 à 1,5% à 25 cm en profondeur). La réserve de Lamto est localisée dans le secteur préforestier du domaine guinéen. Cette zone est caractérisée par la présence d'une mosaïque de forêts et de savanes [7].

### 2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Dans la présente étude, la collecte des données cartographiques a été réalisée à l'aide des images satellitaires de nouvelles générations (Landsat 8) téléchargées sur le site internet "Earthexplorer" (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Cette image multibande est celle du capteur multispectral Operational Land Imager Plus (OLI+) de la scène 196 – 56 de Landsat 8. Il s'agit de l'image du 11 Janvier 2017. A l'exception des bandes aérosol, Cirrus, thermiques et panchromatique, les six (6) autres bandes ont servi à notre étude. Ces données images ont été complétées par des sources cartographiques dont les images Google Earth Pro 7.1 et la carte de la végétation de [8] pour la localisation des parcelles d'entraînements.

La collecte de données sur la flore a été réalisée sur la base de la carte d'occupation du sol réalisée lors de cette étude. Il s'agit de forêt dense et forêt galerie. Pour l'inventaire floristique, nous sommes basés sur la compilation des données issues des travaux déjà effectués sur les placettes forestières de la réserve ([9], [10]). Au cours de ces travaux, la méthode de relevé de surface a été utilisée. Elle a consisté à délimiter 32 placettes rectangulaires de 200 m<sup>2</sup> (20x10 m) de superficie uniquement que dans les îlots de forêt dense et forêt galerie. Dans chacune des placettes, toutes les espèces ayant un diamètre à hauteur de poitrine (dbh), d'au moins 5 cm, ont été recensées et identifiées.

## **2.3 ANALYSE DES DONNÉES**

L'évaluation de l'état actuel de la couverture forestière passe par la caractérisation de l'occupation ou utilisation du sol ([11], [12]). Cette caractérisation de l'occupation du sol s'est effectuée à l'aide du logiciel de télédétection ENVI 5.1. Elle a permis de réaliser la composition coloré 3R/ 4V/5B correspondant respectivement aux bandes du Vert (visible), du Rouge et du Proche Infrarouge (PIR) de l'image multispectrale. La caractérisation s'est également appuyée sur l'indice de végétation originelle, NDVI (Normal Difference Vegetation Index) [13]. Cet indice a été utilisé parmi tant d'autres pour sa forte dépendance à l'activité végétale. Elle nous a permis de déterminer les zones de savanes parcourues ou non par le feu, mais aussi de localiser les formations forestières. La classification supervisée utilisant l'algorithme du réseau de neurone par rétropropagation d'erreur a été utilisée pour sa faible dépendance aux parcelles d'entraînement ([11], [14], [15]).

Ils améliorent la précision, sous certaines conditions de convergence du modèle non-linéaire (minimisation des résidus), à travers son accommodation aux données auxiliaires, sa flexibilité et sa maniabilité ([14], [15]). La réalisation statistique basée sur le calcul des superficies et proportions ainsi que la cartographie a été réalisée dans le logiciel du Système d'Information Géographique (ArcGis 10.2). Le nombre de tâches (nombre de polygones) a été également estimé pour apprécier le degré de dégradation ou d'apparition des forêts. Au niveau de la structure de la végétation, la densité des arbres et l'aire basale totale ont été déterminées. Elles se définissent respectivement par le nombre d'individus par unité de surface pour la densité et la superficie occupée par le tronc, mesuré à 1,30 m du sol, pour l'aire basale. Les arbres ont été répartis par classe de diamètre et les histogrammes de distribution des tiges ont été dressés pour caractériser les structures diamétriques des végétations.

Les quantités de biomasse aérienne des différents individus ont été déterminées à l'aide du modèle standard de régression de [16] pour les forêts tropicales semi-décidues selon la formule suivante :

$$B = \rho \exp [-1,499 + 2,148 \ln (D^2) - 0,0281 \ln (D^3) ]$$

Avec B la biomasse aérienne (kg), D le diamètre mesuré sur le tronc à 130 cm du sol et  $\rho$  la densité spécifique de l'espèce (g/cm<sup>3</sup>) déterminée à l'aide de la base de donnée "Global wood density database" [17]. Pour l'estimation de la biomasse souterraine (BS), la biomasse aérienne (BA) est multipliée par un coefficient R (rapport tige/racine) dont la valeur est estimée à 0,24. La biomasse totale (TB) des ligneux sur pied est alors estimée en sommant les deux valeurs de biomasse aérienne et souterraine. Cette biomasse totale estimée a été convertie en stock de carbone séquestré et en équivalent CO<sub>2</sub> atmosphérique [18]. Les valeurs de stocks de carbone calculées dans l'aire d'échantillonnage ont été extrapolées à l'hectare à la zone d'étude. Le prix de vente du crédit forestier pour la réserve est alors calculé en fonction du marché de carbone de la REDD+. Ces analyses ont été réalisées grâce au logiciel Microsoft Excel et Access.

## **3 RÉSULTATS**

### **3.1 ESTIMATION DU COUVERT VÉGÉTAL**

La Fig.1 présente la carte de la répartition spatiale des occupations du sol de la réserve de Lamto obtenue par le réseau de neurone avec succès (précision globale 96,43 % et Kappa 0,95). Il s'agit des savanes parcourues par le feu (Sv\_Fx) et les savanes non parcourues par le feu (Sv\_np\_Fx). Ces formations ont respectivement pour proportions environ 37% (1053,45 ha) et 28% (799,23 ha). Les jachères ou de brousses à *Chromolaena odorata* (Jch/Bchr) et les habitations ou sols nus (Hbt/Sn) sont faiblement représentées avec moins de 1% de la superficie de la réserve. Les cours d'eaux (Eau) couvrent une proportion de 4% avec une superficie de 115,43 ha (Tableau 1). Les forêts denses et les galeries forestières (Fd/Fg) se localisent le long des zones humides du fleuve Bandama et affluents orientés du Nord vers le Sud. Ces forêts représentent une proportion près de 30% des occupations du sol de la réserve (853,85 ha) (Fig .1). Le nombre de tâche se rapportant à la transformation spatiale est de 190 îlots de forêts. Il est important en nombre après celui des savanes parcourues par le feu (Tableau 1).

Tableau 1. Superficies et proportions des occupations du sol de la réserve de Lamto en 2017

Classes	Nombre de Tâches	Minimum (ha)	Maximum (ha)	Déviation (ha)	Surface totale (ha)	Surface totale (%)
Eau	14	0,09	105,317519	27,962846	115,427664	4,05
Fd/Fg	190	0,009586	427,188808	34,225537	853,848092	29,96
Hbt/Sn	4	0,18	0,63	0,202657	1,394233	0,05
Jch/Bchr	81	0,000417	5,097876	0,793545	26,40607	0,93
Sv_Fx	43	0,000939	464,130255	84,719932	1053,45436	36,97
Sv_np_Fx	321	0,002569	271,53	17,909065	799,228289	28,05

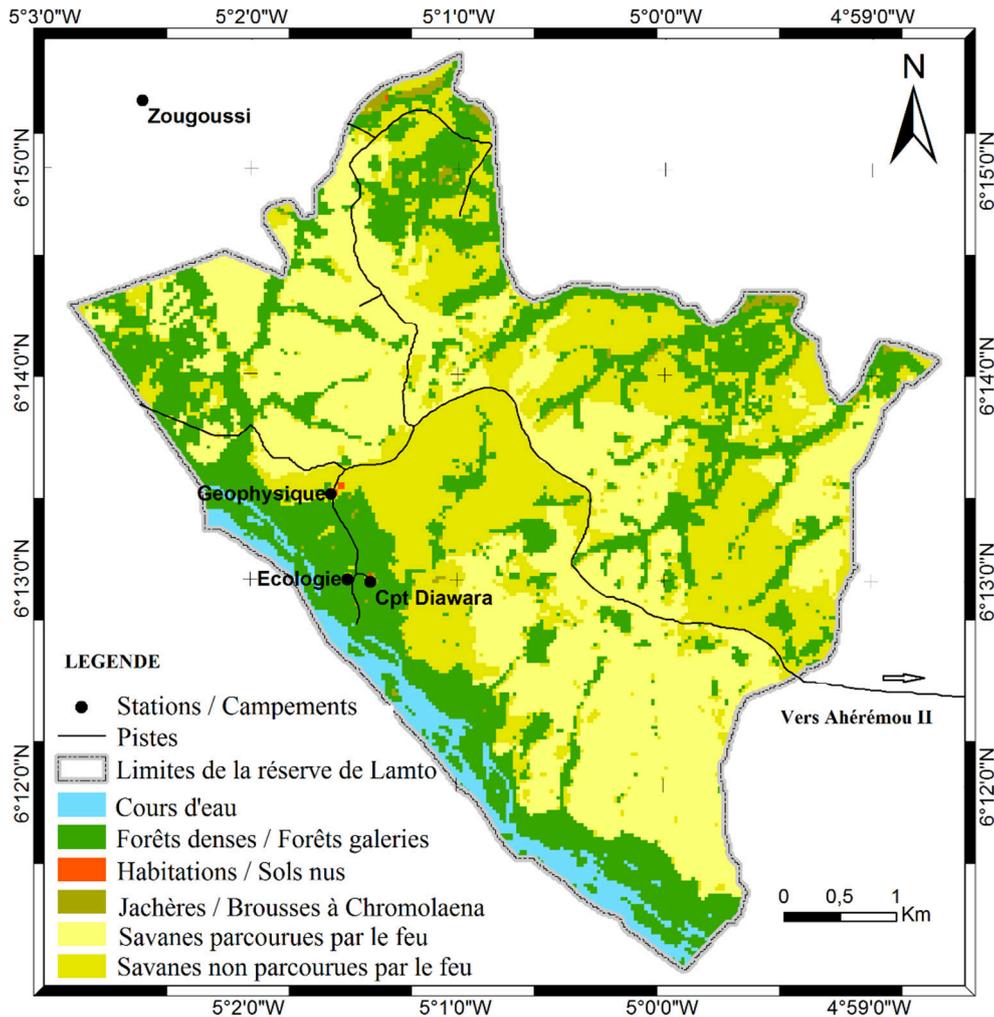


Fig. 1. Carte de la répartition spatiale des occupations du sol de la réserve scientifique de Lamto

### 3.2 COMPOSITION FLORISTIQUE ET STRUCTURALE

Le nombre total d'individus recensés est 1946 individus pour les 0,64 ha de forêts inventoriées, soit 3040 individus par hectare. Ils se répartissent en 39 familles, 76 genres et 92 espèces. La somme des aires basales est de 81,12 m<sup>2</sup> pour les 0,64 ha, soit 126,75 m<sup>2</sup>/ha. L'histogramme de l'ensemble du site d'étude présente une allure en « J inversé ». La majorité des individus se retrouve dans la classe de diamètre [5 ; 15 [. Pour les autres classes, les effectifs vont en décroissance au fur et à mesure que le diamètre augmente (Fig.2).

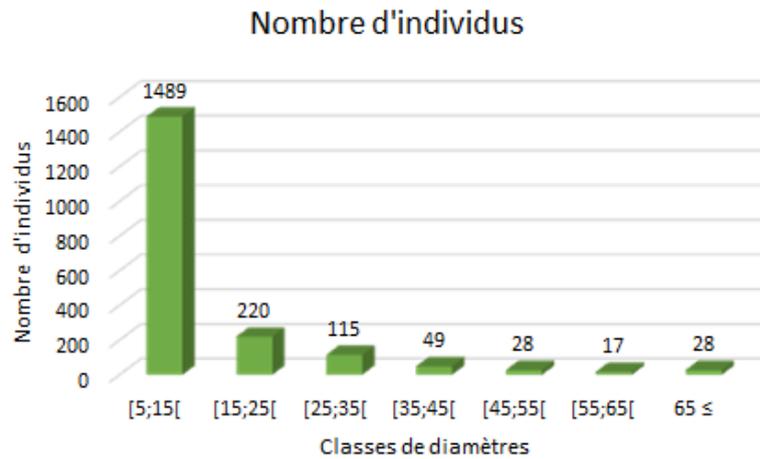


Fig. 2. Répartition du nombre d'individus recensés par classe de diamètre

### 3.3 ESTIMATION DE LA BIOMASSE ET DU CARBONE SÉQUESTRÉ DANS LES DIFFÉRENTES CLASSES DE DIAMÈTRES

La Fig.3 présente la variation de la quantité de la biomasse, de stock de carbone et d'équivalent CO<sub>2</sub> dans les différentes classes de diamètre. Ces valeurs varient dans le même sens. La masse de carbone séquestrée est en relation directe avec celle de biomasse totale. Les valeurs les plus élevées s'observent dans les classes de diamètre comprise entre 35 cm et 45 cm (respectivement 11,42 tonnes ; 5,37 tonnes et 19,71 tonnes pour la quantité de la biomasse, de stock de carbone et d'équivalent CO<sub>2</sub>) et celle dont les individus ont des diamètres supérieures ou égale à 65 cm (respectivement 12,48 tonnes ; 5,86 tonnes 21,52 tonnes pour la quantité de la biomasse, de stock de carbone séquestré et d'équivalent carbone).

### 3.4 STOCK DE CARBONE SÉQUESTRÉ ET VALEUR ÉCONOMIQUE

Pour les 0,64 ha de surface forestière d'échantillonnée, nous avons obtenus une biomasse totale (BT) de 30,24 tonnes soit 47,25 t/ha, avec 24,39 tonnes pour la biomasse aérienne (BA) et 5,85 tonnes pour la biomasse souterraine (BS). Le taux de carbone séquestré s'élève donc à 14,21 tonnes (22,21 tC/ha) avec un équivalent carbone de 52,17 tonnes (81,51 t/ha). Lorsqu'on extrapole les données de l'échantillonnage à toute la surface forestière, on obtient respectivement, une valeur de 40345 tonnes pour la biomasse totale, 18962,15 tonnes de carbone séquestré et 69591,09 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent. Le coût financier du taux de CO<sub>2</sub> séquestré pour les formations forestières de Lamto s'élève donc à 974275,26 Euros soit 6 345 410 372,6 F CFA pour les marchés de la REDD+ (Tableau 2).

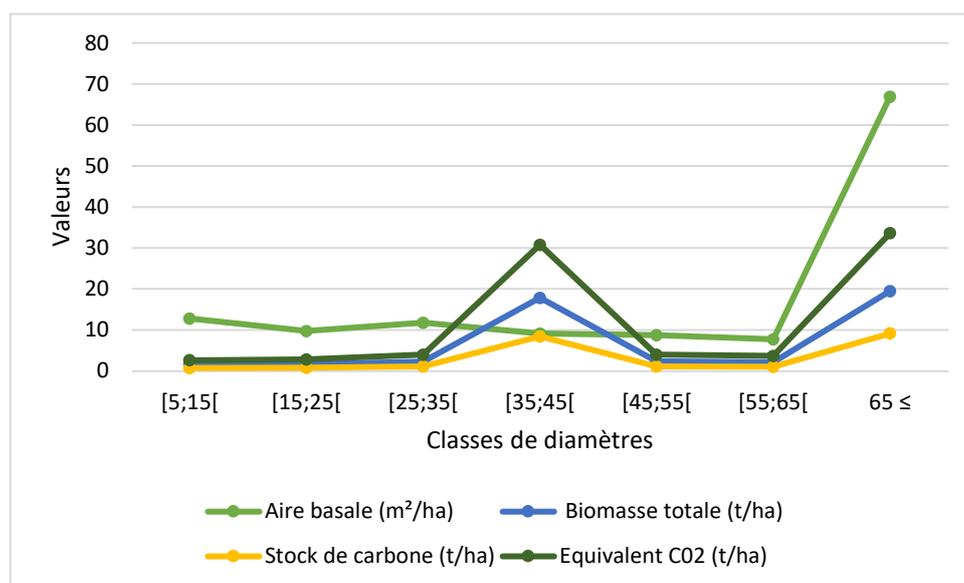


Fig. 3. Variation de la biomasse, du stock de carbone et de l'équivalent CO<sub>2</sub> en fonction des classes de diamètre

Tableau 2. Estimation de la biomasse, du taux de carbone et des coûts équivalents

Surface forestière	Superficie (ha)	Biomasse aérienne (t)	Biomasse souterraine (t)	Biomasse totale (t)	Stock de carbone séquestré (t)	CO <sub>2</sub> équivalent (t)	Prix du carbone REDD+ (14 euro/teq)	Prix du carbone REDD+ (en F CFA)
Surface forestière échantillonnée	0,64	24,39	5,85	30,24	14,21	52,17	730,38	475791,44
Surface forestière totale	853,85	32540,24	7804,75	40345	18962,15	69591,09	974275,26	6345410372,6

#### 4 DISCUSSION

Au vu des résultats obtenus lors de cette étude, la réserve de Lamto voit sa couverture forestière s'accroître considérablement. La superficie forestière qui occupait près de 17,5% en 1988 (452,5 ha) est passée après 29 ans, à environ 30% de la superficie totale de la réserve (853,8 ha). Cette différence de 401,35 ha de superficie observée traduit la prévision à l'évolution déjà signalé dans l'étude cartographique de cette réserve en par [19]. Le nombre important de tâches estimé à 190, montre que la forêt de Lamto est très hétérogène, et occupe le second rang après les savanes non parcourues par le feu. Cela pourrait traduire la transformation spatiale d'apparition, bien que la majorité des forêts soient du côté des cours d'eaux. Ce degré d'apparition peut aussi expliquer par la formation d'îlot en pleine savane et cela malgré le processus de savanisation entamé dans le Nord de la Côte d'Ivoire [20]. Une tendance à la savanisation au dépend du boisement a été signalé récemment à l'échelle des savanes soudanaises et de la mosaïque Forêt-Savane Guinéenne d'Afrique de l'ouest [21].

La présente étude a également permis d'identifier 92 espèces végétales sur une parcelle de 0,64 ha. Ceci témoigne de la richesse floristique du site. Dans cette étude d'une classe de diamètre à une autre les valeurs de biomasse et celles du taux de carbone varient considérablement. Cela traduit donc, l'influence du dbh (diamètre à hauteur de poitrine) sur la quantité de biomasse et donc sur le taux de carbone séquestré. En effet, plus le diamètre de l'arbre est grand plus le taux de carbone séquestré par celui-ci est élevé ([22], [23]). Cependant on remarque que la quantité de carbone séquestré par les classes de diamètre comprise entre 35 cm et 45cm ont les quantités de biomasses et un potentiel de stockage de carbone élevé (37,77% du stock de carbone séquestré) malgré la faible surface terrière (aire basale) de cette classe de diamètre. Pourtant, la surface terrière est liée à la dominance relative qui est fonction des diamètres les plus importants. Ce résultat s'explique par les travaux déjà réalisés dans la forêt galerie du Bandama au sein de la dite réserve [9]. Ces travaux stipulent que la majorité des espèces présente dans cette classe de diamètre sont les espèces qui ont une forte importance écologique c'est-à-dire que leurs Indices de valeur d'importance (I.V.I.) sont les plus élevées. Ce sont les espèces de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Malvaceae) et *Cynometra megalophylla* Harms (Fabaceae), *Dialium dinklagei* Harms (Fabaceae) et *Baphia nitida* Hook.f. (Fabaceae) qui sont des espèces à croissance lentes contrairement aux espèces à croissance rapides qui ont été révélés comme les espèces à forte potentialités de stockage de carbone ([24], [25]). Il ressort donc de ces analyses que le paramètre déterminant la quantité de biomasse est le diamètre de l'arbre. Mais en plus des diamètres, on doit également tenir compte des Indices de valeur d'importance (I.V.I.) des espèces présentes dans le milieu. Si les espèces à IVI élevées séquestrent d'importantes quantités de carbone, cela pourrait s'expliquer par le fait qu'en plus de la dominance relative des espèces, cet indice tient compte également de la fréquence relative et la densité relative des espèces dans le milieu. Dans cette étude, les îlots de forêts inventoriés sont des forêts âgées de plus de 57 ans.

Les mesures de biomasse ne pouvant pas être destructives car nous sommes dans une aire protégée, le modèle pantropical des forêts tropicales semi-décidue appelé « Moist forest » a été adopté pour estimer la biomasse des placettes forestières inventoriées [16]. Ce modèle a également été utilisé dans les forêts semi décidues dans la localité de Lakota au centre ouest de la Côte d'Ivoire de [26]. Au cours de ces travaux, l'auteur a estimé la biomasse des formations de forêts anciennes à 203,7 t/ha et celles des forêts secondaires 132,6 t/ha. Ce qui est largement supérieures à celle estimée dans la présente étude qui a évalué la biomasse des forêts de la réserve de Lamto à 47,25 t/ha. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait qu'à la différence de cette étude cet auteur a échantillonné dans une surface plus grande (1,12 ha par forêt) et a utilisé les dimensions de placettes variables pour l'échantillonnage dans un même biotope. Cependant, la quantité de biomasse estimée dans cette étude est supérieure à celles de certaines forêts semi-décidues semblables, notamment celle du Parc national de Kibale au Uganda (41,9t/ha) [27]. Lorsqu'on se base sur les données de l'échantillonnage qui stipule que les forêts de Lamto séquestrent 22,21tC/ha, on peut dire qu'on est passé d'environ 10050 tonnes de carbone séquestré en 1988 à 18962,15 tonnes de carbone

en 2017. Ce qui signifie que les forêts de Lamto ont séquestrés environ 8912 tonnes de carbone pendant 29 ans (soit 654,21 tC/ans). Ces forêts couvrent près de 30% de la superficie de la réserve, mais elle ne séquestre que 22,21tC/ha. Ce qui est très inférieure à celles de la réserve d'Abokouamékro qui ne couvre que 12% et séquestre 164,84 tC/ha alors que ces deux réserves se trouve dans une zone de transition forêt-savane [3]. Ce résultat se traduit par la grande couverture forestière de la réserve d'Abokouamékro qui à elle seule est sensiblement égale à la superficie de toute la réserve de Lamto.

## 5 CONCLUSION

Cette étude a permis de déterminer avec une plus grande précision la couverture forestière de la réserve de Lamto estimée à 853,85 ha. Ces forêts ont une biomasse (aérienne et souterraine) de 47,25 t/ha et séquestrent 22,21tC/ha. Cette étude a également montré que la quantité de biomasse contenue dans un arbre dépend également de l'importance écologique de l'essence dans le milieu. Pour une mise en œuvre réussit des projets REDD+, il serait important d'étendre cette étude à l'ensemble des formations végétales de la réserve.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Professeur YEO Kolo, Directeur de la station d'écologie de Lamto qui nous a permis de réaliser ces travaux au sein de ladite institution. Nous tenons également à remercier la United State Geological Survey (USGS), pour la mise à disposition des images satellitaires utilisées dans cette étude. Nous remercions enfin toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

## RÉFÉRENCES

- [1] M. Kone, Y. L. Kouadio, D.F.R. Neuba, D. F. Malan & L. Coulibaly, "Évolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21e siècle" *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 2, no. 7, pp. 782-794, 2014.
- [2] A.O.M.M. Anobla & J. K. N'Dja, " Dynamique de la végétation de Bamo et stocks de carbone dans la mosaïque de végétation" *European Scientific Journal*, vol.12, no.18, pp. 1857- 7431, 2016.
- [3] Z. I. Ouattara, " Suivi par télédétection de l'évolution des formations végétales et du stock de carbone de la réserve de faune d'Abokouamékro en vue de son intégration dans le mécanisme de réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la déforestation et à la dégradation des forêts (redd+) ," Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA), Option Eaux et Forêts, *Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny* de Yamoussoukro, 52p, 2012.
- [4] FAO, "Niveau d'Emissions de Référence pour les Forêts de la Côte d'Ivoire. Présentation à la Convention Cadre des Nations Unies pour le Changement Climatique," Rapport technique version 2, Côte d'Ivoire, 2017.
- [5] M. Lecrom G.I. Solahavet & N. A. Rodrigues, " Méthodes de mesure du carbone forestier à grande échelle, incertitudes et coûts associés. Parties aérienne et souterraine des arbres," Formation des ingénieurs forestiers *Agroparistech* 7p, 2008.
- [6] Y.F.B. Yassi, "Mise en place d'un Système d'Information Géographique (SIG) pour la gestion de la biodiversité : cas de la réserve scientifique de Lamto". Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA), Option Eaux et Forêts, *Institut Polytechnique Felix Houphouët Boigny* de Yamoussoukro. 52p, 2014.
- [7] J. L. Guillaumet & E. Adjanohoun, *La végétation naturelle de la Côte d'Ivoire*, In : J. M. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sir Coulin, P. Touchebeuf, & A. Perraud, (Eds.), *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire.*, vol. 50, Mémoire ORSTOM, pp. 161-261, 1971.
- [8] L. Gautier, Carte du recouvrement ligneux de la réserve de Lamto. Conservatoire et Jardins botaniques, Genève ,1990a.
- [9] N. Gueulou, N.D. Ouattara, D.Konan, E. Gnahoré, K. Missa, & A. Bakayoko, " Diversité floristique et structurale de la forêt galerie du Bandama dans la Réserve Scientifique de Lamto en Côte d'Ivoire", *Afrique SCIENCE*, Vol.4 N°14, pp. 452-439,2018.
- [10] Y. Soro, A.B. N'Dri, A. Bakayoko & J. Gignoux "Analyse de la végétation dans un écotone forêt-savane d'Afrique de l'ouest dans un contexte de boisement des savanes," *REB- PASRES*, Vol.1, n°3, pp. 54-72, 2018.
- [11] K. G.-C., Douffi, M. Koné, , Kouassi, K. I., N'Guéssan, Y. J. & A. Bakayoko. Farmer Establishmrent Impact on the Forest Dynamic of Monogaga Protected Forest, in the Southwest of Côte d'Ivoire: Remote Sensing and Geographical Information Systems (GIS) Approach. *European Journal of Engineering Research and Science*, 4(5), 12-20, 2019.
- [12] M. Koné, A. Aman, C. Y. Adou Yao, L. Coulibaly & K. E. N'guéssan "Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire". *Télédétection*, 7(1-2-3-4), 432-452,2007.
- [13] J.W. Rouse, R.H. Haas, D.W. Deering, J.A. Schell & J.C., Harlan Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS, In: S. C. Freden, E. E Mercanti & M. A. Becker (réd.), *Third Earth Resources Technology Satellite Symposium*

- Proceedings, Washington, D.C., 10-14 december 1973: NASA Science and Technology Information Office, Washington D.C., Publication NASA SP -351, vol. 1, 1973.
- [14] C. M. Bishop. Neural Networks for pattern recognition. Oxford University press, 482 p, 1995.
- [15] V.-C. J. Sokeng, F.K. Kouamé, H. Dibi N'da, B. Tankoano, L. Akpa You & B. Ngounou Ngatcha, "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, Vol.23, n°2 443-454, 2016.
- [16] J.Chave, C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Folster, F.Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J. P. Lescure, B. W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riera, & T. Yamakura, 2005. "Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests," *Oecologia*, Vol.145, 87-99, 2005
- [17] A.E. Zanne, G. Lopez-Gonzalez, D.A. Coomes, J. Ilic, , S. Jansen, , S.L. Lewis, R.B Miller, N.G. Swenson, M.C. Wiemann, & J. Chave, Global wood density database. Dryad. Digital Repository, 2009.
- [18] GIEC, "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, 2006.
- [19] L. Gautier Contact forêt-savane en Côte d'Ivoire centrale : évolution du recouvrement ligneux des savanes de la Réserve de Lamto (sud du V Baoulé), *Candollea* 45, pp. 627-641, 1990b.
- [20] L. Coulibaly, K.H. Kouassi, G.E. Soro & I. Savané, "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 Vol. 17, n°1 136-143, 2016.
- [21] Z. Liu, M.C. Wimberly & F.K., Dwomoh Vegetation Dynamics in the Upper Guinean Forest Region of West Africa from 2001 to 2015, *Remote Sensing* 9, doi:10.3390/rs9010005, 2017.
- [22] Y.I. Moumouni, O. Arouna, N. T. Issaka, I.T. Imorou, S. Zakari & M. Djaouga, "Estimation de la variabilité de la biomasse aérienne ligneuse en forêt tropicale sèche: cas de la forêt classée de Wari-Marou au Centre-Bénin " *Revue de géographie du Laboratoire Leïdi «DTD»* n°17, 0851-2515, 2017.
- [23] A. P. S. Kouamé, Diversité végétale et estimation de la biomasse dans l'arboretum du Centre National de Floristique (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Mémoire D'études Approfondies d'Ecologie Tropicale (Option: Écologie végétale)*, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire. 85 p, 2013.
- [24] S. Traoré, A. N. Djomo, A. K. N'guessan, B. Coulibaly, A. Ahoba, G. M. Gnahoua, K. N'guessan, C. Y. Adou Yao, J. K. N'Dja, & N. Z. Guédé, "Stand Structure, Allometric Equations, Biomass and Carbon Sequestration Capacity of *Acacia mangium* Wild. (Mimosaceae) in Côte d'Ivoire". *Open Journal of Forestry*, n° 8, pp. 42-60, 2018.
- [25] O. Bakayoko, A. M. Assa, B. Coulibaly & K. A. N'Guessan, "Stockage de Carbone Dans des Peuplements de *Cedrela Odorata* et de *Gmelina Arborea* en Côte D'Ivoire", *European Journal of Scientific Research*, Vol.75, n°.4, pp. 490-501, 2012.
- [26] T. A. Vroh bi, A. Cissé, C.Y. Adou Yao, D. Kouamé, K. J. Koffi, K. B. Kpangui & B. J. C. Koffi "relations entre la diversité et la biomasse aérienne des espèces arborescentes dans les agroforêts traditionnelles à base de cacaoyers: cas de la localité de Lakota (Côte d'Ivoire) ", *African Crop Science Journal*, Vol. 23, n°4 pp. 311 – 326, 2015.
- [27] C.E. Wheeler, P.A. Omeja, C. A. Chapman, M. Glipin, C.Tumwesigye & S.L. Lewis, "Carbon sequestration and biodiversity following 18 years of active tropical forest restoration" *Forest ecology and management* n°374 pp.44-55,2016.