

Evaluation du stock de carbone des peuplements ligneux dans les Systèmes Agroforestiers Traditionnels à cacaoyers (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

[Assessment of carbon storage of the woody stands in Cocoa Traditional Agroforestry Systems (Central-West, Côte d'Ivoire)]

Koulibaly Annick¹, Boko Brou Bernard², Zro Bi Gohi Ferdinand¹, Diomande Valouthy Paul-Alex¹, and Kouame Khassy Vasseu Georges³

¹UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³ONG YVEO Yacoli Village Ecole Ouverte, 06 BP 874 Abidjan 06, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: In the climate change context, the reduction of forest area under the influence of cocoa culture is a growing problem. In Côte d'Ivoire, mitigating the effects of climate change in cocoa culture requires the introduction and preservation of woody species in plantations, in association with cocoa trees. However, the current intensification of land use is leading to a reduction of the number of trees associated with cocoa trees and the contribution of this woody flora to the mitigation of the effects of climate change is unclear. Our study aimed to assess the carbon storage of the associated woody species and to characterize the determinants of carbon storage. The circumference at 1.30 m above soil and total height of all individuals taller than 2 m in height were measured in 15 squares of 2 400 m² for the associated woody stand and in 15 sub-squares of 800 m² for the cocoa stand. The results showed that the carbon storage of the associated woody stand is 5 times higher than that of the cocoa stand and recorded for large trees (diameter > 20 cm; height > 8 m) such as *Antiaris toxicaria*, *Ricinodendron heudelotii* and *Persea americana*. Also, this high carbon storage is mainly due to the diameter and total height of the tree and not to the number of individuals. The association of large-scale species with cocoa trees could guarantee the resilience of cocoa agroforestry systems with trees.

KEYWORDS: Agroforestry, Biodiversity, Climate change, Conservation, Resilience.

RESUME: Dans le contexte actuel du changement climatique, la réduction de la surface forestière sous l'influence de la cacaoculture constitue une problématique grandissante. En Côte d'Ivoire, l'atténuation des effets du changement climatique en cacaoculture passe par l'introduction et la préservation des espèces végétales dans les plantations, en association avec les cacaoyers. Cependant, l'intensification actuelle de l'utilisation des terres conduit à la réduction du nombre d'arbres associés aux cacaoyers et la contribution de cette flore ligneuse à l'atténuation des effets du changement climatique est mal connue. Notre étude avait pour objectif d'évaluer le stock de carbone de la flore ligneuse associée et de caractériser les déterminants du stockage de carbone. La circonférence à 1,30 m du sol et la hauteur totale de tous les individus supérieurs à 2 m de hauteur, ont été mesurées dans 15 parcelles de 2 400 m² pour le peuplement ligneux associé et dans 15 sous-parcelles de 800 m² pour le peuplement cacaoyer. Les résultats ont révélé que le stock de carbone du peuplement ligneux associé est 5 fois plus élevé que celui du peuplement cacaoyer et enregistré pour les arbres de grandes dimensions (diamètre > 20 cm; hauteur > 8 m) telles que *Antiaris toxicaria*, *Ricinodendron heudelotii* et *Persea americana*. Aussi, ce stock de carbone élevé est essentiellement dû au diamètre et à la hauteur totale de l'arbre et non au nombre d'individus. L'association des espèces de grandes dimensions aux pieds de cacaoyers pourrait garantir le caractère résilient des systèmes agroforestiers à cacaoyers.

MOTS-CLEFS: Agroforesterie, Biodiversité, Changement climatique, Conservation, Résilience.

1 INTRODUCTION

La culture du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) occupe une place importante dans l'économie de la Côte d'Ivoire. En effet, la Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de fèves de cacao depuis 1978 [1], [2], avec plus de 2 100 000 tonnes de cacao marchand en 2020 [3], soit près de 47 p.c. de l'offre mondiale [4]. Ce secteur contribue, à hauteur de 15 p.c., au Produit Intérieur Brut et représente plus de 50 p.c. des recettes d'exportation [5]. Cependant, l'expansion des plantations de cacaoyers s'est traduite par une réduction importante des surfaces forestières [6], [7], [8], [9]. Le paysage actuel de la Côte d'Ivoire indique que plus de 30 p.c. de la surface territoriale est occupée par des plantations de cacaoyers [10], [11], [12]. A partir de la carte de diminution de la superficie des massifs forestiers au profit des cultures, la référence [12] a démontré qu'il existe des liens de cause à effet claires entre l'augmentation de l'activité agricole due aux cultures de rente et la diminution de la pluviométrie au cours des dernières décennies.

Dans le contexte actuel du changement climatique, les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers qui renferment une flore ligneuse associée pourraient participer au mécanisme de réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts [14], [15]. Ces systèmes agroforestiers fourniraient, également, des services écologiques par la régulation du climat grâce à la séquestration de carbone [16], [17].

Pourtant, de nos jours, dans les plantations de cacaoyers, les espèces ligneuses sont de moins en moins associées. Par ailleurs, il n'existe à notre connaissance, aucune recommandation agricole sur les caractéristiques de la flore ligneuse pouvant contribuer à l'atténuation des effets du changement climatique en cacao-culture. C'est pourquoi notre étude avait pour objectif d'évaluer le stock de carbone de la flore ligneuse et de caractériser les déterminants du stockage au niveau des espèces. Il s'agira de: (1) évaluer la contribution des peuplements cacaoyer et peuplement associé au stock de carbone et (2) déterminer la relation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux au niveau des espèces.

Notre étude s'est déroulée dans la région de Daloa, deuxième région productrice de cacao, et plus précisément dans la zone de Bantikro.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été conduite dans la zone de Bantikro, localisée dans la région de Daloa, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, dans la région administrative du Haut-Sassandra. Le climat de la région est tropical humide avec une pluviométrie annuelle de 931 mm [18], [19]. La région est marquée par un climat à deux saisons: une petite saison sèche et une grande saison pluvieuse. La température moyenne annuelle est de 26,47 °C. La végétation appartient au secteur mésophile avec des forêts denses humides semi-décidues, des forêts mésophiles et des savanes humides [20]. Les forêts denses humides semi-décidues ont fait place à des zones de cultures pérennes dont le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.), de cultures vivrières et de jachères [21]. Les relevés ont été effectués dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers de la zone de Bantikro (Figure 1).

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Les relevés ont été effectués dans cinq (05) systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers de la zone de Bantikro. Dans chaque système agroforestier à cacaoyer, la mise en place des parcelles de relevé a été faite en adaptant la méthode décrite par la référence [22] avec l'installation de types de parcelles (Figure 2a; 2b):

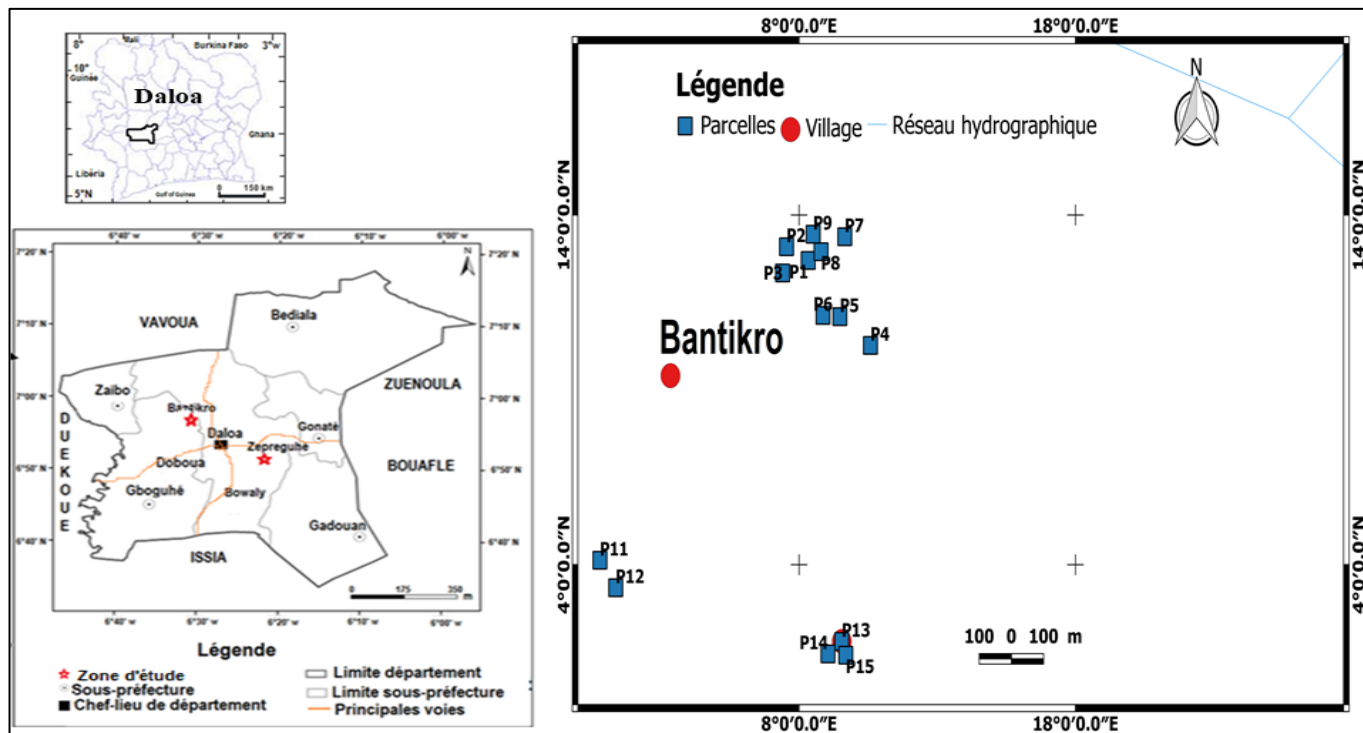


Fig. 1. Localisation de la zone de Bantikro à Daloa et des parcelles de relevé

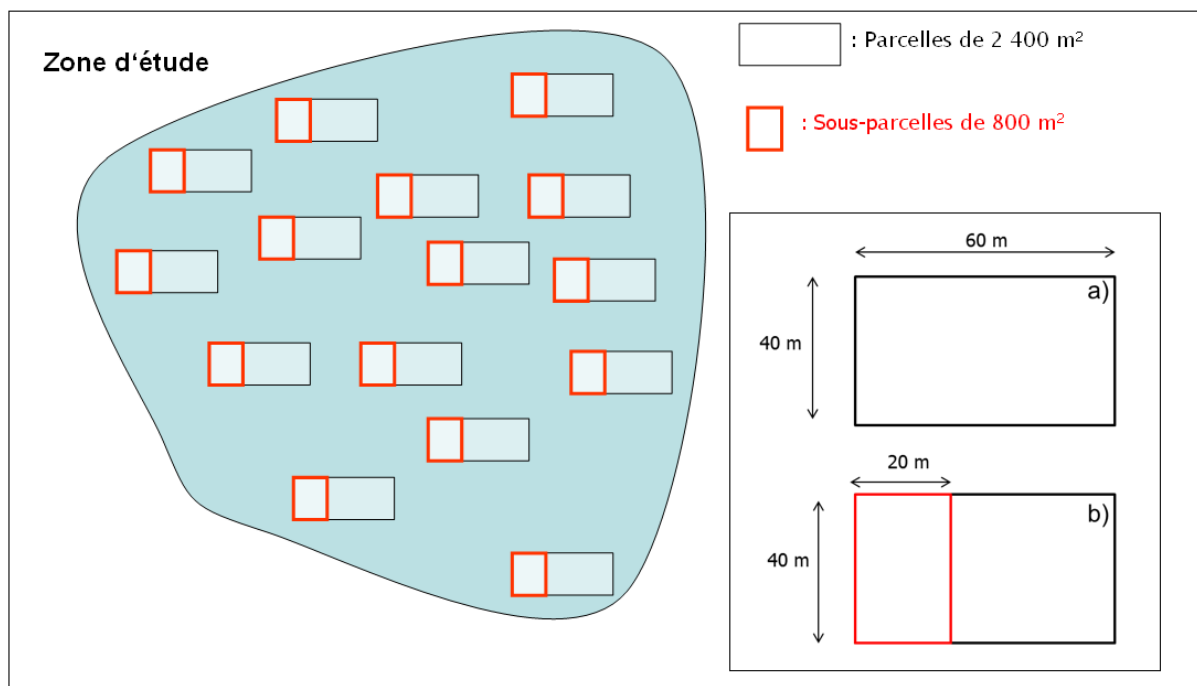


Fig. 2. Dispositif de relevés de surface

- Des parcelles principales de forme rectangulaire de 2 400 m² (40m × 60m), pour des mesures sur les ligneux associés ayant une hauteur supérieure ou égale à 2 m;
- Des sous-parcelles de 800 m² (20m × 40m) pour des mesures sur les pieds de cacaoyers ayant une hauteur supérieure ou égale à 2 m.

Les parcelles principales et les sous-parcelles ont été installées de façon aléatoire au sein des plantations de cacaoyers dans les endroits les plus homogènes [23].

Au total, 15 parcelles principales et sous-parcelles ont été installées dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Dans chaque type de surface, la circonférence à 1,30 m du sol et la hauteur totale de tous les individus ligneux de plus de 2 m de hauteur, ont été mesurées dans les peuplements cacaoyer et associé [24].

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

L'estimation de la biomasse aérienne des arbres associés et des cacaoyers s'est faite en utilisant l'équation allométrique de la référence [25].

$$AGB = 0,0673 \times (\rho D^2 H)^{0,976}$$

Où: AGB est la biomasse aérienne de l'arbre au-dessus du sol (en kg); D est le diamètre de l'arbre à 1,30 m au-dessus du sol (en cm); H la hauteur totale de l'arbre (en m); ρ la densité spécifique de l'arbre en (g/cm^3). Les densités spécifiques des espèces données par la référence [26] ont été utilisées.

L'estimation de la biomasse racinaire ou souterraine des ligneux sur pied s'est conformée aux lignes directives établies par la référence [27]. Selon ces dernières, l'équivalence en biomasse racinaire des ligneux sur pied est trouvée en multipliant la valeur de la biomasse aérienne (AGB) par un coefficient R dont la valeur est estimée à 0,24.

$$BGB = AGB \times R$$

Avec BGB désignant la biomasse souterraine déterminée en Kg, AGB, la biomasse aérienne en Kg et R, le ratio racine/tige

Évaluation des stocks de carbone: Le stock de carbone a été obtenu en multipliant la somme des biomasses (aérienne et souterraine) par le facteur de conversion général qui est de 0,5 [27].

$$\text{Stock de Carbone (T C/ha)} = (AGB + BGB) \times 0,5$$

Avec BGB désignant la biomasse souterraine, AGB, la biomasse aérienne.

2.4 ANALYSES STATISTIQUES

La comparaison de la distribution de la biomasse totale et du stock de carbone enregistrés dans les classes de hauteur et de diamètre a été effectuée à l'aide d'une Analyse de la Variance à 1 facteur (ANOVA). Lorsque les différences étaient significatives entre les différentes classes de hauteur et de diamètre, les moyennes étaient séparées par le test de Tukey au seuil de 5 p.c.

Pour déterminer le ou les paramètres influençant le stockage de carbone des espèces dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, une analyse de corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux tels que la hauteur, le diamètre et le nombre d'individus a été réalisée. Ces analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R.4.0.3.

3 RÉSULTATS

3.1 TAUX DE CARBONE DES PEUPEMENTS CACAOYER ET ASSOCIÉ

Le taux de carbone total stocké par le peuplement cacaoyer est de 61,53 tC/ha (Tableau 1). Le taux de carbone total stocké par le peuplement associé est de 285,75 tC/ha. La plus grande quantité de carbone du peuplement cacaoyer se situe dans des arbres de plus

de 20 cm de diamètre et de hauteur qui varie de 2 à 8 m. Par contre, dans le peuplement associé, le stock de carbone le plus élevé est enregistré dans les arbres de grandes dimensions, c'est-à-dire de plus de 40 cm et de 8 m de hauteur.

Le stock de carbone varie significativement d'une classe de diamètre à l'autre au niveau du peuplement cacaoyer ($P = 0,001$; $F = 1116$) et du peuplement associé ($P = 0,001$; $F = 15,04$). Egalement, le stock de carbone varie significativement d'une classe de hauteur à l'autre au niveau du peuplement cacaoyer ($P = 0,001$; $F = 255,5$) et du peuplement associé ($P = 0,0001$; $F = 19,69$). Ces résultats montrent que le stock de carbone varie significativement en fonction des dimensions de l'arbre quel que soit le peuplement.

Tableau 1. Synthèse de biomasse totale et taux de carbone dans les classes de diamètre et de hauteur des cacaoyers et des ligneux associés de la zone de Bantikro

| Classes de diamètre et de hauteur | Cacaoyer | | | | | Associé | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| | Nombre d'individus | Biomasse totale | Carbone tC/ha | Carbone moyen | P value | Nombre d'individus | Biomasse totale | Carbone tC/ha | Carbone moyen | P value |
| DC1: < 10 cm | 2252 | 58,78 | 29,39 | 0,013±0,006 ^a | $P = 0,001$ $F = 1116$ | 135 | 1,08 | 0,54 | 0,11±0,08 ^a | $P = 0,001$ $F = 15,04$ |
| DC2: [10 - 20 cm [| 865 | 63,61 | 31,80 | 0,037±0,015 ^b | | 29 | 7,05 | 3,53 | 0,71±0,55 ^a | |
| DC3: [20 - 30 cm [| 2 | 0,68 | 0,34 | 0,17±0,034 ^c | | 36 | 24,65 | 12,32 | 2,46±1,68 ^b | |
| DC4: [30 - 40 cm [| 0 | 0,00 | 0,00 | 0±0,00 ^a | | 35 | 56,56 | 28,28 | 5,66±4,62 ^a | |
| DC5: ≥ 40 cm | 0 | 0,00 | 0,00 | 0±0,00 ^a | | 38 | 482,16 | 241,08 | 48,22±26,20 ^b | |
| HC1: [2 - 4 m [| 549 | 8,58 | 4,29 | 7,81±5,17 ^a | $P = 0,001$ $F = 255,5$ | 102 | 0,35 | 0,18 | 0,04±0,04 ^a | $P = 0,0001$ $F = 19,69$ |
| HC2: [4 - 8 m [| 2570 | 114,49 | 57,24 | 22,27±14,83 ^b | | 54 | 9,42 | 4,71 | 0,94±0,37 ^a | |
| HC3: ≥ 8 m | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,007±0,00 ^{ab} | | 117 | 561,73 | 280,87 | 56,17±28,06 ^b | |

3.2 PARAMÈTRES STRUCTURAUX INFLUENÇANT LE STOCK DE CARBONE

La biomasse totale et la quantité de carbone séquestrées par chaque espèce ligneuse associée aux cacaoyers ayant obtenu un stock de carbone de plus de 2 tC/ha dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers de la zone de Bantikro sont consignées dans le tableau 2. Ce tableau révèle que 11 espèces ont stocké plus de 91 p.c. de carbone du site d'étude, de l'ensemble des espèces. Les espèces qui contribuaient notablement au stockage de carbone étaient *Ricinodendron heudelotii*, *Bombax costatum*, *Piliostigma thonningii*, *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra*, *Antiaris africana*, *Persea americana*, *Albizia zygia*, *Mangifera indica*, *Margaritaria discoidea* et *Ficus exasperata*. Parmi ces 11 espèces, les espèces forestières telles que *Ricinodendron heudelotii*, *Bombax costatum*, *Piliostigma thonningii*, *Antiaris toxicaria*, *Ceiba pentandra*, *Antiaris africana* et *Margaritaria discoidea* ont obtenu des taux de carbone élevés malgré le faible nombre d'individus au sein de chaque espèce comparativement aux espèces introduites ou cultivées telles que *Persea americana* et *Mangifera indica* qui ont un nombre d'individus élevé chacune. Les résultats montrent que la quantité de biomasse d'une espèce ne dépend pas essentiellement du nombre d'individus. La majorité des espèces ligneuses préservées stockent plus de carbone que des espèces introduites ou cultivées.

Les espèces retenues pour le test de corrélation sont celles qui ont obtenu chacune à la fois un taux de carbone ≥ 9 p.c. de l'ensemble des espèces du site et un nombre d'individus ≥ 5 . Le résultat du test de corrélation entre le taux de carbone et les paramètres structuraux tels que le nombre d'individus, le diamètre et la hauteur de ces espèces est illustré par la figure 3. Il s'agit de *Ricinodendron heudelotii* et de *Antiaris toxicaria*. Ces espèces ont obtenu de fortes corrélations positives avec la quantité de carbone au niveau des paramètres structuraux que sont le diamètre et la hauteur. Ces résultats indiquent qu'il y a un lien entre les paramètres structuraux (diamètre et hauteur) de ces arbres et le stock de carbone. Ce qui justifie que les espèces ont la capacité de stocker plus de carbone lorsqu'elles sont de gros diamètres et de grandes tailles. Tandis que la corrélation entre le nombre d'individus de *Ricinodendron heudelotii* et le stock de carbone est faible et ne présente pas de différence significative ($r = 0,181$; $P = 0,418$). Par ailleurs, le nombre d'individus de *Antiaris toxicaria* et le stock de carbone sont corrélés négativement ($r = -0,512$; $P = 0,129$). Ce qui démontre que le nombre d'individus des espèces ligneuses participe moins au stockage de carbone. Ces résultats révèlent, également, que le stock de carbone élevé n'est pas lié au nombre d'individus mais est essentiellement dû aux dimensions de l'arbre.

Tableau 2. Biomasse totale et taux de carbone par espèce des systèmes agroforestiers à cacaoyers de la zone de Bantikro de plus de 2 tC/ha

| N° | Noms des espèces | Nombre d'individus | Biomasse totale (t) | Stock carbone (tC/ha) | p.c. du stock de carbone | CO ₂ (t) |
|----|---------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | <i>Ricinodendron heudelotii</i> | 7 | 97,32 | 48,66 | 17,03 | 178,42 |
| 2 | <i>Bombax costatum</i> | 3 | 81,14 | 40,57 | 14,20 | 148,76 |
| 3 | <i>Piliostigma thonningii</i> | 2 | 59,70 | 29,85 | 10,45 | 109,45 |
| 4 | <i>Antiaris toxicaria</i> | 9 | 54,75 | 27,37 | 9,58 | 100,37 |
| 5 | <i>Ceiba pentandra</i> | 2 | 52,14 | 26,07 | 9,12 | 95,58 |
| 6 | <i>Antiaris africana</i> | 2 | 49,10 | 24,55 | 8,59 | 90,02 |
| 7 | <i>Persea americana</i> | 31 | 44,10 | 22,05 | 7,72 | 80,85 |
| 8 | <i>Albizia zygia</i> | 7 | 29,03 | 14,51 | 5,08 | 53,22 |
| 9 | <i>Mangifera indica</i> | 22 | 24,82 | 12,41 | 4,34 | 45,50 |
| 10 | <i>Margaritaria discoidea</i> | 3 | 19,84 | 9,92 | 3,47 | 36,37 |
| 11 | <i>Ficus exasperata</i> | 76 | 10,91 | 5,46 | 1,91 | 20,00 |

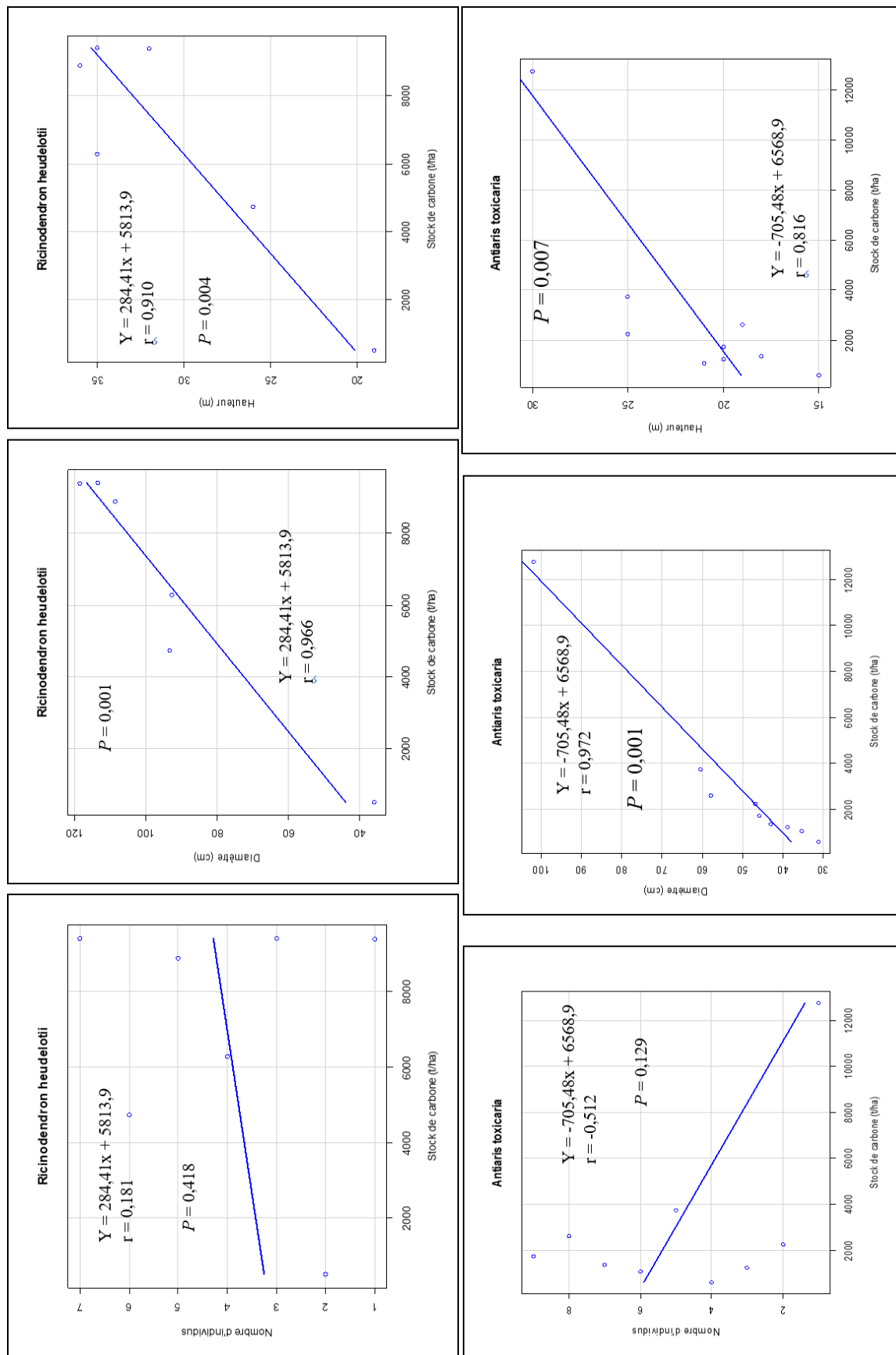


Fig. 3. Corrélation entre le stock de carbone et les paramètres structuraux des systèmes agroforestiers à cacaoyers de la zone de Bantikro

4 DISCUSSION

La contribution au stockage de carbone a été évaluée dans la région de Daloa, précisément dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers de la zone de Bantikro. Les résultats montrent que le nombre d'individus de cacaoyers dans les systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers est notablement plus élevé que celui des espèces associées. En effet, 8,05 p.c. de l'ensemble des individus inventoriés sont issus des espèces ligneuses associées alors que 91,95 p.c. de ces individus sont des cacaoyers. Par contre, la biomasse et le stock de carbone fournis par chacun des peuplements montrent une valeur plus élevée de stock de carbone dans le peuplement associé. En effet, la plus grande partie du carbone est stockée par les arbres associés (82,28 p.c.) et seulement une faible proportion de carbone est stockée par les cacaoyers (17,72 p.c.). Le peuplement associé ne contribue au stockage de carbone que pour les arbres de très grandes dimensions, c'est-à-dire de plus de 8 m de hauteur et 40 cm de diamètre. Concernant le peuplement cacaoyer, ce sont donc des variétés atteignant 20 cm de diamètre et variant de 2 à 8 m de hauteur qui contribuent au carbone. L'architecture de la variété de cacaoyer est donc importante [28]. Cette complémentarité est un atout pour des systèmes agroforestiers qui renferment une végétation ligneuse associée et surtout pour ceux dont la végétation associée est riche et dense. Ces résultats montrent que les cacaoyers et la végétation ligneuse associée ont des contributions différentes en fonction de la diversité et la structure de leur population. La majorité du carbone stocké se situe dans la biomasse des grands arbres associés, ce qui est similaire aux résultats de la référence [29] effectués dans la zone de Ngomedzap au Centre du Cameroun. La moyenne de stock de carbone de 173,64 tC/ha trouvée dans la présente étude est supérieure à celle trouvée par la référence [23]. Cette différence est probablement due à la diversité des milieux et à la densité des arbres. Egalement, la moyenne de stock de carbone de 173,64 tC/ha trouvée dans la présente étude est supérieure à celle trouvée par la référence [30]. Au niveau de la détection de paramètres structuraux performants, l'analyse de la corrélation entre la quantité de carbone stocké et des paramètres structuraux a révélé que quelque soit l'espèce à fort stock de carbone, sa hauteur et son diamètre influençaient sa capacité à stocker le carbone. Bien que la référence [31] informe que les facteurs qui influencent le stock de carbone seraient entre autres l'espèce, le diamètre, la hauteur, la densité de plantation et la diversité biologique, nos résultats démontrent que le diamètre à hauteur de poitrine (dbh) et la hauteur totale de l'arbre seraient des paramètres déterminants pour l'aménagement des systèmes agroforestiers à cacaoyers face au changement climatique. Plus les arbres préservés sont hauts avec de plus gros diamètres, plus le système agroforestier à cacaoyer stocke du carbone.

La répartition de la biomasse et du stock de carbone dans les classes de diamètre et de hauteur montre que les cacaoyers renferment plus de biomasse et de carbone que la végétation ligneuse associée dans les plus petites classes de diamètre (< 30 cm) et de hauteur (< 8 m). Par contre, les valeurs maximales de biomasse et de stock de carbone du peuplement associé s'obtiennent dans les autres classes plus de 8 m de hauteur et de 40 cm de diamètre. Les paramètres structuraux que sont le diamètre et la hauteur des arbres favoriseraient un meilleur stockage de carbone dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Ce qui est visible à travers la forte corrélation positive obtenue entre ces paramètres structuraux des arbres et le stock de carbone. Il ressort de mentionner que les espèces sont capables de stocker plus de carbone lorsqu'elles sont hautes et de gros diamètres par rapport au nombre d'individus dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers. Ce résultat est témoigné par la faible corrélation obtenue entre le nombre d'individus des espèces et le stock de carbone dans nos travaux. Dans les systèmes agroforestiers à cacaoyers, le stock de carbone emmagasiné par les espèces ligneuses ne dépend pas nécessairement du nombre d'individus de ces dernières. Les résultats de nos travaux ont permis de montrer que dans le contexte actuel du changement climatique, la perte des forêts pourrait être compensée par une agriculture intelligente qui permettrait de garantir le stockage du carbone dans les systèmes agroforestiers par un aménagement des peuplements cacaoyers et peuplement associé. Cette approche qui consiste à laisser ou intégrer une végétation ligneuse conséquente participerait à une plus grande séquestration du carbone et un haut niveau de stock du carbone pour une cacaoculture durable.

5 CONCLUSION

Notre étude a permis d'évaluer la contribution des peuplements ligneux des systèmes agroforestiers traditionnels à cacaoyers au stockage de carbone. Les peuplements cacaoyer et peuplement associé contribuent différemment au stockage de carbone. Le nombre d'individus du peuplement cacaoyer était notablement supérieur à celui du peuplement associé. Par contre, la biomasse et le stock de carbone fournis par chacun des peuplements ont montré une dominance de la végétation ligneuse associée. Les cacaoyers ont renfermé plus de biomasse et de carbone que la végétation ligneuse associée dans les plus petites classes de diamètre (< 20 cm) et de hauteur (2 à 8 m). Alors que le peuplement associé a stocké plus de carbone pour des autres classes plus de 8 m de hauteur et de 40 cm de diamètre. La majorité du carbone stocké est située dans la biomasse des grands arbres associés aux cacaoyers. Le stock de carbone varie significativement avec les dimensions de l'arbre. Au niveau des espèces, celles qui renferment le plus fort taux de carbone sont celles qui présentent les plus fortes dimensions.

Les paramètres qui influencent notablement le taux de carbone sont le diamètre à hauteur de poitrine (dbh) et la hauteur totale de l'arbre. Concernant l'introduction des arbres dans les plantations, ceux qui présentent de grandes dimensions, c'est-à-dire plus de 40 cm

de diamètre et de 8 m de hauteur et qui sont des espèces fruitières telles que *Persea americana*, *Citrus sinensis* et *Mangifera indica* sont à privilégier. Il s'agit donc d'associer des espèces aux cacaoyers, mais également de maintenir celles qui atteignent des hauteurs élevées et de gros diamètres. Que ce soit au niveau du peuplement comme de l'espèce, la flore ligneuse à associée aux cacaoyers doit être composée d'espèces pouvant atteindre des dimensions très grandes comme les espèces signalées ici. Ces dernières peuvent être systématiquement recommandées comme espèces à introduire dans les plantations de cacaoyers de la région de Daloa. Ces résultats pourraient servir à orienter la ré-introduction des espèces dans les plantations de cacaoyers.

REFERENCES

- [1] Tano M.A. 2012. Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au Sud-ouest ivoirien. Thèse de Doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II (France), 263 p.
- [2] ICCO. 2017. Annual report 2016-2017, Rapport final, Londres, 42 p.
- [3] Ruf F., M. Salvan., J. Kouamé. and T. Duplan. 2020. Qui sont les planteurs de cacao de Côte d'Ivoire ? Avril 2020 N°130; 111 p.
- [4] ICCO. 2020. Rapport annuel 2019/2020. International Cocoa Organization (ICCO), Londres WC1A. Royaume Uni. 5 p.
- [5] BAD. 2020. Le rapport dénommé Diagnostic-pays sur le financement à long terme (LTF) pour la Côte d'Ivoire. 56 p.
- [6] Chatelain C., L. Gautier. and R. Spichiger. 1996a. A recent history of forest fragmentation in southwestern Ivory Coast. *Biodiversity and Conservation*. 5: 37-53.
- [7] Koulibaly A. 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. Thèse de Doctorat. Biosciences, Université d'Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire), 150 p.
- [8] Goetze D., A. Koulibaly., S. Porembski. and D. Traoré. 2010. Modes d'utilisation des terres et biodiversité: la dynamique récente de la végétation. Edition Konaté S & Kampmann D (eds). 2010: *Biodiversity Atlas of West Africa, Volume III: Côte d'Ivoire*. Abidjan & Frankfurt/Main. pp. 342-348.
- [9] Banque mondiale. 2019. Situation économique en Côte d'Ivoire. Banque mondiale, Abidjan, Côte d'Ivoire, 61p.
- [10] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2009. Harmonized world soil database (HWSD). FAO (Food and Agriculture Organization), Rome, Italy. 38 p.
- [11] Anonyme. 2018. Réunion du Conseil Présidentiel du jeudi 17 Mai 2018, au Palais de la Présidence de la République de Côte d'Ivoire sur la Politique forestière. Le Ministre des Eaux et Forêts, M. Alain Richard Donwanhi a souligné que la Côte d'Ivoire qui, en 1960, disposait de 16 millions d'hectares de forêt, n'en dispose plus que de 3,4 millions aujourd'hui. Mis en ligne par la rédaction Connexion ivoirienne.net le 17 Mai 2018. Consulté le 18 octobre 2018.
- [12] Stratégie Nationale REDD+. 2018. Rapport dénommé production durable de cacao en Côte d'Ivoire: besoins et solutions de financement pour les petits producteurs. 48 p.
- [13] Adou Yao C.Y. (2000). Inventaire et étude de la diversité floristique du sud du parc national de Tai (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 65 p. + annexe 35 p.
- [14] Koulibaly A. 2019. Développement agricole durable: la phytodiversité comme outil de gestion des plantations de cultures de rente en cote d'ivoire. *Agronomie Africaine*. (8): 138-149.
- [15] Boko B.B., A. Koulibaly., D.E. Amon-Anoh., K.B. Dramane., K.A.A. M'bo. and S. Porembski. 2020. Farmers influence on plant diversity conservation in traditional cocoa agroforestry systems of Côte d'Ivoire. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*. 6 (12): 1-11pp.
- [16] Njomgang R., M. Yemefack., L. Nounamo., A. Moukam. and S.J. Kotto. 2011. Dynamics of shifting agricultural systems and organic carbon sequestration in Southern Cameroon. *Tropicultura*. 29: 176-182.
- [17] Norgrove L. and S. Hauser. 2013. Les stocks de carbone dans les plantations de cacaoyers (*Theobroma cacao*) et les forêts secondaires adjacentes du même âge au Cameroun. *Tropical Ecology*. 54 (1): 15-22.
- [18] Declert C. 1990. Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale: cultures de Côte d'Ivoire. 333 p.
- [19] Anonyme. 2020. Source des données de SODEXAM (Société d'exploitation de développement aéroportuaire aéronautique météo). Station de Daloa.
- [20] Guillaumet and Adjanohoun. 1971. La végétation de la Côte d'Ivoire. In: *Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire*. Paris, *ORSTOM*, Mémoire n° 50: 157-263 pp.
- [21] Koffié-bikpo C.Y. and K.S. Kra. 2013. La région du haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, n° 2, 2013: 95-103 pp.
- [22] Hairiah K., S. Dewi., F. Agus., S. Velarde., A. Ekadinata., S. Rahayu. and M. van Noordwijk. 2011. Measuring carbon stocks across land use systems: A Manual. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office.
- [23] Temgoua L.F., W. Dongmo., V. Nguimdo. and C. Nguena. 2018. Diversité Ligneuse et Stock de Carbone des Systèmes Agroforestiers à base de Cacaoyers à l'Est Cameroun: Cas de la Forêt d'Enseignement et de Recherche de l'Université de Dschang. *Journal of Applied Biosciences*. 122: 12269-12281.

- [24] Evans D., A. Winston., A. Emmanuel. and B. Paul. 2016. Shade tree diversity and aboveground carbon stocks in *Theobroma cacao* agroforestry systems: implications for REDD+ implementation in a West African cacao landscape. 28 p.
- [25] Chave J., M. Réjou-Méchain., A. Búrquez., E. Chidumayo., M.S. Colgan., W.B.C. Delitti., A. Duque, T. Eid., P.M. Fearnside., R.C. Goodman., M. Henry., A. Martínez-Yrizar. and W. Mugasha. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*. 20: 3177–3190.
- [26] Zanne A.E., G. Lopez-Gonzalez., D.A. Coomes., J. Ilic., S. Jansen., S.L. Lewis., R.B. Miller., N.G. Swenson., M.C. Wiemann. and J. Chave. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.
- [27] GIEC. 2006. Introduction aux Lignes Directrices 2006. 13 p.
- [28] Jagoret P. 2011. Analyse et évaluation de systèmes agroforestiers complexes sur le long terme: Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au Centre Cameroun. Thèse de doctorat, agronomie. Fonctionnement des Ecosystèmes Naturels et Cultivés, Montpellier SUPAGRO, 236 p.
- [29] Saj S., P. Jagoret. and T.H. Ngogue. 2013. Carbon storage and density dynamics of associated trees in three contrasting *Theobroma cacao* agroforests of Central Cameroon. *Agroforestry Systems*. 87: 1309-1320.
- [30] Gockowski J. and D. Sonwa, 2010. Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO₂ emissions, biodiversity conservation and rural livelihoods in the Guinea Rain Forest of West Africa. *Environmental Management*. 48: 307-32.
- [31] Kouamé A.P.S. 2013. Diversité végétale et estimation de la biomasse dans l'arboretum du centre national de floristique (Abidjan, Côte d'Ivoire). Mémoire présenté à l'UFR Biosciences pour obtenir le diplôme d'études approfondies d'écologie tropicale Option: Écologie végétale. 78 p.