



Projet AICCRA-Sénégal
**Diversité, biomasse et stock
de carbone dans les systèmes
d'utilisation des terres en
haute Casamance, Sénégal**

Docteur Mamadou Ousseynou LY

Décembre 2022



AICCRA
Accelerating Impacts of CGIAR
Climate Research for Africa



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
AVANT PROPOS.....	4
INTRODUCTION	5
OBJECTIFS	6
MATERIEL ET METHODES.....	7
Site d'étude	7
Collecte des données	7
Inventaire floristique	7
Mesure des paramètres dendrométriques.....	7
Traitement des données	8
RESULTATS.....	9
Cortège floristique	9
Structure horizontale et vertical	9
Densité, taux de couverture et surface terrière.....	9
Indices de diversité	9
Biomasse aérienne et souterraine.....	9
Stock de carbone aérien et souterrain.....	9
CONCLUSION	10
PERSPECTIVES	11
ANNEXES	12
Equipe de recherches.....	12
Photo de l'activité.....	12
REFERENCES	13

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche du CRZ de Kolda adresse ses vifs remerciements à l'ISRA/CERAAS pour le financement de cette activité possible grâce au projet AICCRA. Nos remerciements vont à l'endroit du Directeur du CERAAS et coordonnateur du Projet AICCRA pour l'accompagnement aussi bien dans la rédaction du protocole et la facilitation dans l'obtention des fonds.

Ces fonds ont permis d'exécuter l'activité et de prendre en charge une allocation de trois (03) mois d'une stagiaire qui a soutenu son mémoire de master à l'Université Assane Seck de Ziguinchor.

AVANT PROPOS

Ce rapport synthétise les différents résultats obtenus dans le cadre de l'exécution de l'activité portant sur la caractérisation de la diversité, de la production de biomasse et du stock de carbone des espèces ligneuses dans les exploitations agricoles dans la commune de Coumbacara, haute Casamance.

L'ensemble des tableaux et figures faisant ressortir les résultats sont contenus dans le mémoire de de master de Mme Hassanatou DIALLO en annexe.

INTRODUCTION

Au Sénégal, particulièrement en haute Casamance, les espèces ligneuses des écosystèmes forestiers et agroforestiers font la richesse des populations locales. Elles offrent aussi bien des avantages écologiques que socio-économiques pour les populations qui les exploitent. Elles contribuent à l'approvisionnement en différents produits (agricoles et forestiers), à la protection et à la conservation des sols contre les érosions, etc. (Depommier et al., 1992; Boffa 2000; Dan Guimbo, 2007; Dan Guimbo et al., 2010; Sarr et al., 2013; Camara et al., 2017). En plus de ces biens et services rendus, il est généralement admis que ces écosystèmes forestiers et agroforestières sont d'important puits de dioxyde de carbone (CO₂) grâce à la photosynthèse et stockent le carbone sous forme de biomasse aérienne et racinaire (Benites et al., 1999; David et Crane, 2002). La gestion du carbone au-dessus et en dessous du sol est une option importante pour réduire la concentration de CO₂ dans l'atmosphère (Post et Kwon, 2000).

Dans les systèmes agroforestiers, Woomer et coll. (2001) ont estimé que 66 Mg ha⁻¹ du carbone pourraient être séquestrés dans les petites exploitations agricoles d'Afrique de l'Est sur une période de 20 ans, 3,9 t C ha⁻¹.an⁻¹ dans une plantation mixte en Inde (Maikhuri et al., 2000) et 9 t C ha⁻¹.an⁻¹ dans les écosystèmes agroforestiers des zones arides Young (1999).

Grâce à ce potentiel de séquestration de carbone, les écosystèmes agroforestiers attirent de plus en plus l'attention des scientifiques (GIEC, 2000; Takimoto et al., 2008; Makundiet Sathaye, 2004; Gutierrez-Velez et al., 2009). Cependant, Woomer et coll. (2001) ont fait valoir que les flux de stock de carbone dans les petites exploitations agricoles africaines ne sont pas encore bien établis et la taille, la distribution et la possibilité d'augmenter les stocks de carbone de ces exploitations agricoles ne sont pas suffisamment documentées.

Ainsi, il s'avère plus que nécessaire d'évaluer dans les petites exploitations agricoles des communautés locales, la structure et la diversité des espèces ligneuses délibérément sauvegardées dans ces exploitations agricoles et leur potentiel de stock de carbone. En effet, la prise en compte des connaissances et pratiques endogènes des communautés locales dans la gestion des ressources ligneuses de leurs exploitations agricoles et le rôle de ces ressources ligneuses dans le stock de carbone est une approche participative indispensable pour la génération d'informations sur le stock de carbone et son évolution dans le temps et dans l'espace en fonction des conditions pédoclimatiques. D'ailleurs, le besoin d'engagement et de participation des communautés locales est clairement exprimé dans les décisions politiques de la CCNUCC sur REDD.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui vise à évaluer la diversité des espèces ligneuses et à estimer le potentiel de stock de carbones dans les systèmes agroforestiers de la haute Casamance à travers des modèles allométriques prenant en compte les conditions climatiques, socio-culturelles et les paramètres dendrométriques. En effet, la connaissance de la biodiversité ligneuse dans les exploitations agricoles et les nombreux services qu'ils fournissent aux communautés locales permettra sans doute de connaître de façon participative les modèles d'association d'espèces ligneuses à usage multiples qui contribuent le plus à la génération de services écosystémiques à la communauté locale et plus spécifiquement à la production biomasse et par conséquent qui stockent plus de carbone. Ces modèles d'association d'espèces ligneuses qui offrent plus de bénéfices à la communauté (PFNL, Biomasse, stock de carbone, etc.) seront documentés et regroupés sous forme de paquet de technologies agro-forestières et mis à la disposition des services de vulgarisation et des communautés. Le succès de ces efforts pour la sauvegarde des ressources ligneuses agro-forestières élites (en terme de services rendus) pourrait contribuer à résoudre le problème du changement climatique par la réduction des émissions de CO₂ et offrir des avantages économiques importants (amélioration de la fertilité des sols, des produits forestiers non ligneux, fourrage, etc.). Cela s'inscrit dans l'option de fournir des avantages pour les moyens de subsistance des ménages agricoles ainsi que l'adaptation au changement climatique et l'atténuation.

OBJECTIFS

L'objectif général de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la biodiversité des espèces ligneuses dans les exploitations agricoles et leur potentiel de stock de carbone.

Il s'agira spécifiquement

- (i) d'évaluer les caractéristiques de la végétation ligneuse (Structure, diversité, composition, densité, régénération, etc.) dans ces exploitations agricoles ;
- (ii) d'estimer leurs potentiel de production de biomasse aérienne et de stock de carbone.

Cette étude permettra de mettre au point et de façon participative un modèle d'association d'espèces ligneuses ayant un fort potentiel de stock de carbone tout en offrant aux ménages agricoles un optimum de biens et services écosystémiques. Ces espèces ligneuses seront documentées avec des fiches techniques et pourront servir dans les programmes de reboisement et de domestication. Ainsi, ces modèles d'associations agroforestières qui prennent en compte les connaissances et pratiques endogènes des communautés locales tout en jouant un rôle essentiel sur l'adaptation et l'atténuation seront des outils d'aide à la décision des décideurs et des organisations à la base qui œuvrent pour une agriculture intelligente face au climat.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

L'étude a été menée dans la commune de Coumbacara, située dans l'arrondissement de Mampatim à 63 Km de la commune de Kolda. Celle-ci a polarisé 59 villages et couvre une superficie de 342 km² (PLD, 2011). La population est de 13 014 habitants pour une densité moyenne de 38 habitants au km². La commune est limitée au nord par les communautés rurales (CR) de Bagadadji, Dialembéré (ex CR de Dabo) et Mampatim, à l'Est par le fleuve Thiayanga qui la sépare de la communauté rurale Ouassadou, au Sud par la République de Guinée Bissau et à l'Ouest par la communauté rurale de Guiré Yoro Bocar (ex CR de Salikégné). Cette commune a été répartie en 6 zones en tenant compte des aspects socio-culturels, économiques et agroécologiques (PLD, 2011). Ces zones sont : Coumbacara, Diambourcombo, Bambadinka, Dialacoumbi, Saré Niyel et Thidelly (Ndiaye, 2020).

Collecte des données

Pour la collecte des données, un inventaire de la végétation ligneuse et une mesure des paramètres dendrométriques des individus recensés ont été effectués.

Inventaire floristique

Un inventaire floristique a été effectué dans six villages (Thidelly, Coumbacara, Saré niyel, Bambadinka, Diambourkomo et Dialacoumbi) de la commune de coumbacara choisis suivant les six zones définies par le PLD (2011). Pour ce faire, un échantillonnage aléatoire et simple a été effectué suivant un transect qui concerne les trois unités d'utilisation de terres que sont les champs de case « *Bambé* », les champs de brousses « *Ngessa* » et les forêts adjacentes « *Ladé* ». Dans chaque village, 12 placettes ont été installées suivant les quatre points cardinaux (Est, Ouest, Nord et Sud) dont 8 placettes dans les systèmes agroforestiers (champs de case et champs de brousse) avec une dimension de 50 m * 50 m et 4 placettes dans les forêts adjacentes avec une dimension de 30 m * 30 m (Ilboudo, 2018). Chaque point cardinal a trois (3) placettes dont une placette dans les champs de case, une placette dans les champs de brousse et une placette dans les forêts adjacentes qui sert de témoin. Au total 72 placettes devraient être installées, mais 62 ont pu être installées sachant que les 10 placettes manquantes correspondent soit à des vallées ou à des lieux de culte (cimetières, etc.). Pour la délimitation des placettes, la méthode 3-4-5 du théorème de Pythagore a été utilisée avec un ruban mètre et des jalons.

Dans chaque placette, l'ensemble des espèces ligneuses ont été inventoriées sauf les individus des espèces ligneuses dont le diamètre à hauteur de poitrine (dbh) est inférieur à 10 cm qui sont considérés comme régénération dans cette étude, (Kebenzikato et al., 2014). Cet inventaire a permis d'apprécier la diversité floristique pour chaque faciès ou système d'utilisation des terres. Pour les espèces qui n'ont été identifiées sur place, des photographies de différentes parties (feuilles, fruits, tronc, etc.) ont été réalisées et des échantillons collectés pour une identification au laboratoire à l'aide de documents de la nomenclature (Berhaut, 1967 ; Giffard, 1974 ; Tourneux et Yaya, 1998 ; Arbonnier, 2009) et d'autre fonds documentaires de la flore (Ndiaye, 2020).

Mesure des paramètres dendrométriques

Sur chacun des individus recensés dans les placettes, des mesures dendrométriques ont été effectuées. Ces mesures ont porté sur la hauteur totale de l'arbre, le diamètre à hauteur de poitrine (DBH) et les diamètres croisés Est-Ouest et Nord-Sud du houppier.

La hauteur totale des arbres sur pied a été mesurée à l'aide du dendromètre Blum-Leiss alors le diamètre à hauteur de poitrine (1,3 m au-dessus du niveau du sol) a été mesuré à l'aide d'un compas forestier. Cependant quand il est supérieur ou égale à 100 cm, c'est la circonférence du tronc qui est mesurée à l'aide d'un ruban métrique. Il existe des cas particuliers qui nécessitent un réajustement de la hauteur de mesure du diamètre ou de la circonférence.

- Lorsque la forme du tronc de l'arbre n'est pas cylindrique, le diamètre maximum et le diamètre minimum sont déterminés pour une déduction de la valeur du diamètre moyen qui est retenu comme le diamètre du tronc de l'arbre dans la base de données.

- Pour les arbres portant des contreforts qui dépassent 1,3 m, le diamètre ou la circonférence est mesuré à 30 cm au-dessus des contreforts ;
- Pour les arbres avec des défauts à la hauteur de 1,3 m (nœuds, branches, blessure, etc.), le diamètre est pris juste au-dessus de la déformation ;
- Si l'arbre est fourchu en dessous de 1,3 m, chaque tige de diamètre suffisant (≥ 10 cm) est considérée et la moyenne calculée correspond au diamètre de l'arbre ;
- Pour les arbres qui sont situés sur une pente, la hauteur de poitrine (1,30 m) en amont du pied d'arbre est considérée.

Le diamètre du houppier est mesuré à l'aide d'un ruban métrique. Pour ce faire, deux mesures croisées ont été effectuées au niveau de chaque arbre (Est-Ouest et Nord-Sud) puis le diamètre moyen du houppier a été calculé. L'équation allométrique choisie pour l'évaluation de la biomasse produite par les espèces ligneuses ne prenant en compte que les individus de diamètre à hauteur de poitrine (DBH) supérieur à 10 cm, les données utilisées n'ont porté que sur les paramètres dendrométriques de ces individus.

Traitement des données

L'ensemble des données des paramètres structuraux de la végétation (hauteur, diamètre, densité, surface terrière, taux de couverture végétale) et des paramètres de diversité (richesse spécifique, indice de shannon-Weaver, d'équitabilité de PIELOU) ont été calculées en utilisant des équations spécifiques.

Les biomasses aériennes (AGB) et souterraine (BGB) ont été estimées respectivement à partir des équations allométriques de Chave et *al.* (2014) et de Cairns et *al.* (1997) applicables pour les espèces végétales des forêts tropicales. En outre, la densité du bois est prise dans la base de données de l'ICRAF *wood density* et de celle de Zanne et *al.* (2009).

L'estimation du stock de carbone a été effectuée en multipliant la biomasse aérienne et/ou souterraine par le coefficient 0,47 selon le GIEC (2006).

L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide du logiciel R studio. Le test de normalité des données a été effectué. Lorsque les données ne suivent pas la loi normale, elles sont normalisées par la fonction $\ln(X+1)$ avant d'être soumises à une analyse de variance (ANOVA). A la suite de cette ANOVA, si les différences sont significatives, le test de comparaison des moyennes de Tukey au seuil de signification de 5% est effectué. Afin d'établir la typologie des espèces d'une part et la production de biomasse et stockage de carbone suivant les systèmes d'utilisation des terres, une Analyse en Composantes Principales (ACP) suivie d'une Classification Hiérarchique des composantes Principales (HCPC) ont été effectuées.

RESULTATS

Cortège floristique

Au total, 48 espèces ont été inventoriées dans la commune de Coumbacara. Ces espèces sont réparties en 44 genres et 24 familles. Les familles les plus représentées sont les Caesalpiniaceae avec 8 espèces (16,66%), les Mimosaceae avec 6 espèces (12,5%), les Combretaceae et les Anacardiaceae avec 4 espèces chacune (8,33%) et les Malvaceae avec 3 espèces (2,08%).

Dans les champs de case dominant les fruitiers arboricoles (*Mangifera indica* L. 50%) et forestiers (*Adansonia digitata* L., 31,8%). Dans les forêts adjacentes aux champs de cultures, les espèces les plus fréquentes sont *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. *Lanea acida* A. Rich., *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. avec une fréquence de présence de 52,4% et *Holarrhena floribunda* DC. (47,6%). Dans les champs de brousse, les espèces les plus fréquentes sont : *Terminalia macroptera* Guil. & Perr. (66,7%), *Combretum glutinosum* Perr. (57,9%) et *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr. (33,3%).

Structure horizontale et vertical

Les champs de case sont caractérisés par une distribution irrégulière du peuplement avec une prédominance des individus de classes de diamètre compris entre [70-80 cm]. Quant aux champs de brousse et les forêts, leur peuplement ligneux présente une structure de type exponentiel décroissant synonyme d'un peuplement jeune et équilibré et traduisant une bonne régénération de la végétation ligneuses.

Pour la hauteur, quel que soit le Système d'utilisation des terres, ce sont les classes de hauteur intermédiaire qui sont les plus représentées, traduisant ainsi un bon niveau de recrutement des individus de faible hauteur vers les classes intermédiaires. En effet, dans les forêts et dans les champs de brousse, c'est la classe de hauteur comprise entre [5-10 m] qui prédomine avec respectivement 33,17 et 40% du peuplement. Dans les champs de case, c'est la classe de hauteur comprise entre [10-15 m] qui prédomine avec 29,73% du peuplement.

Densité, taux de couverture et surface terrière

Les données respectives de ces paramètres dans les champs de brousse ($3,01 \pm 0,5$ ind. ha^{-1} ; $2,45 \pm 0,88\%$ et $0,035 \pm 0,034$ $m^2 ha^{-1}$) sont ainsi plus faibles que celles des forêts mais plus élevées que celles enregistrées dans les champs de case ($1,89 \pm 0,65$ ind. ha^{-1} ; $1,91 \pm 1,12\%$ et $0,046 \pm 0,054$ $m^2 ha^{-1}$).

Indices de diversité

La richesse spécifique, l'indice de Shannon et l'équitabilité de Piéluou sont significativement plus élevés au niveau des forêts avec des valeurs respectives de $7,85 \pm 3,48$ espèces ; $1,8 \pm 0,49$ bits et $0,90 \pm 0,08$; suivies des champs de brousse ($3,31 \pm 1,82$ espèces ; $0,86 \pm 0,6$ bits et $0,65 \pm 0,40$) et enfin des champs de case ($1,63 \pm 1,09$ espèces ; $0,33 \pm 0,49$ bits et $0,35 \pm 0,47$).

Biomasse aérienne et souterraine

Les valeurs normalisées de la biomasse aérienne ligneuse (AGB) et la biomasse souterraine (BGB) des forêts avec des valeurs respectives de $3,92 \pm 0,88$ et $2,19 \pm 0,66$ $t. ha^{-1}$ sont statistiquement plus importante que celles des champs de case ($2,04 \pm 1,35$ et $0,85 \pm 0,70$ $t. ha^{-1}$) et des champs de brousses ($2,05 \pm 1,04$ et $2,88 \pm 1,59$ $t. ha^{-1}$). Par contre la biomasse aérienne et souterraine produite par les ligneux n'est pas significativement différente entre les champs de case et les champs de brousse.

Stock de carbone aérien et souterrain

Les valeurs normalisées de la quantité de carbone stocké dans la biomasse aérienne et souterraine de la végétation ligneuse des forêts ($1,57 \pm 0,19$ et $1,58 \pm 0,57$ $t C. ha^{-1}$) sont statistiquement plus élevées que celles obtenues dans les champs de case ($0,99 \pm 0,51$ et $0,54 \pm 0,49$ $t C. ha^{-1}$) et dans les champs de brousse ($1,05 \pm 0,38$ et $0,51 \pm 0,37$ $t C. ha^{-1}$). Aucune différence significative n'a été observée entre le carbone stocké dans la végétation ligneuse des champs de case et celui de la végétation ligneuse des champs de brousse.

CONCLUSION

Il est ressorti de cette étude que les forêts adjacentes aux champs sont caractérisées par une forte densité, une diversité élevée et une faible hauteur et diamètre des arbres. La quantité de biomasse produite et la quantité de carbone stockée y sont plus importantes. Quant aux champs de case et aux champs de brousse, ils sont caractérisés par une diversité et une densité faible et par une hauteur et un diamètre du tronc des arbres relativement élevés. La biomasse produite et le stock de carbone y sont relativement élevés.

Ces résultats permettent d'affirmer que la biomasse et le stock de carbone des ligneux évoluent suivant un gradient décroissant d'anthropisation des formations naturelles plus stables (forêt) vers celles perturbées (champs de case et champs de brousse). Toutefois, ces dernières destinées à l'agriculture ont un potentiel de stockage de carbone relativement élevé qui mérite d'être préservée.

PERSPECTIVES

Au regard des résultats obtenus sur la diversité, la production de biomasse et le stock de Carbone dans les exploitations agricoles, il est plus que nécessaire de compléter l'étude par des enquêtes ethnobotaniques pour appréhender les usages de ces différentes espèces délibérément préservées dans ces exploitations agricoles.

La combinaison de ces différentes informations permettra d'accompagner les communes rurales dans leur politique de restauration de ces milieux anthropisés afin d'accroître leur potentiel de stock de carbone en vue d'une meilleure contribution à l'atténuation des effets du changement climatique.

ANNEXES

Equipe de recherches

Nom & Prénoms	Institution	Spécialité
Dr Mamadou Ousseynou LY	ISRA/CRZ Kolda	Agroforestier
Dr Aliou FAYE	ISRA/CERAAS	Forestier/Science du sol
Dr Mayécor DIOUF	ISRA/CRZ Dahra	Ecophysiologiste
Pr. Ismaïla COLY	UASZ	Agroforestier
Mme. Hassanatou Diallo	UASZ/CRZ Kolda	Agroforestier
Théry Bouna KOITA	UGB/CRZ Kolda	Agroforestier

Photo de l'activité



REFERENCES

Mémoire soutenu

Hassanatou DIALLO, 2022. *Caractéristiques et stock de carbone de la végétation ligneuse des systèmes d'utilisation des terres de la commune de Coumbacara (Kolda, Sénégal)* ; Mémoire de master, Université Assane Seck de Ziguinchor, 55 p



AICCRA
Accelerating Impacts of CGIAR
Climate Research for Africa



About AICCRA

Accelerating Impacts of CGIAR Climate Research for Africa (AICCRA) is a project that helps deliver a climate-smart African future driven by science and innovation in agriculture.

It is led by the Alliance of Bioversity International and CIAT and supported by a grant from the International Development Association (IDA) of the World Bank.

Discover more at aicra.cgiar.org

