

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR Sciences et Technologies

Département d'Agroforesterie

Mémoire de Master

**Spécialité : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et
Agroforestiers (AGDEFA)**

**Caractéristiques structurales, floristique et stock de carbone
de la végétation ligneuse des différents modes d'occupation du
sol de la commune de Coubalan (département de Bignona)**

Présenté par :

M. Francis Artur GOMEZ

Encadrant : **Pr Ismaila COLY**, Maître de conférences CAMES (UASZ)

Soutenu publiquement le 22 Décembre 2022 devant le jury composé de :

Président :	Mme. Siré DIEDHIOU	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ
Membres :	M. Aly DIALLO	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Djibril SARR	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Ismaïla COLY	Maître de Conférences	UFR-ST / UASZ

Année universitaire : 2020-2021

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier sincèrement :

- mon Directeur de mémoire Pr Ismaila COLY Enseignant-chercheur pour m'avoir encadré et suivi dans mes travaux sans ménager ses efforts et pour m'avoir grandement aidé à la réalisation de ce document ;
- tous les professeurs du département d'Agroforesterie à savoir Dr Djibril SARR (Chef du département d'Agroforesterie), Pr Ngor NDOUR, Pr Mohammed CHARAHABIL, Pr Siré DIEDHIOU, Dr Antoine SAMBOU, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar CAMARA, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE et Dr Oulimata DIATTA pour leurs aides, orientations ainsi que la formation qu'ils m'ont prodiguée ;
- l'ensemble de nos aînés docteurs et doctorants du département d'Agroforesterie particulièrement Dr Arfang Ousmane Kémo GOUDIABY, pour ses précieux conseils, remarques et aides lors des travaux de terrain ;
- les membres du jury qui ont accepté de prendre de leur temps pour participer à cette évaluation malgré leur emploi du temps très chargé ;
- mes camarades et amis de la 9^{ème} promotion d'Agroforesterie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ) pour leur soutien et leur amitié durant toutes ces années de formation. Je n'aurais pas été ce que je suis aujourd'hui sans vous, merci sincèrement ;
- mme Nadia Marie Clémentine FRADELIN Enseignante de français pour la correction du mémoire
- mon tuteur Arnaud BASSENE et sa famille pour avoir été présent tout au long de ma formation ;

Je voudrais aussi exprimer ma reconnaissance à Alice Goulang BASSENE et toute la famille BASSENE à Ziguinchor pour leur soutien permanent.

Je remercie tous les membres de ma famille pour leur soutien indéfectible.

Et pour terminer je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail particulièrement Mapathé DIENG, Mohamed NDAO, Bamba SECK et Khar NDIAYE.

TABLES DES MATIERS

REMERCIEMENTS	I
TABLES DES MATIERS.....	II
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	IV
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	V
RESUME.....	VI
ABSTRACT.....	VII
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1. Modes d'occupation du sol.....	3
1.1.1. Champs ou terres cultivées.....	3
1.1.2. Jachères	4
1.1.3. Forêts.....	4
1.2. Changement climatique	6
1.2.1. Définition	6
1.2.2. Causes.....	7
1.2.3. Conséquences	7
1.3. Séquestration de carbone	8
1.3.1. Définition	8
1.3.2. Importance.....	8
1.3.3. Mécanisme	9
CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES	10
2.1. Présentation de la zone d'étude	10
2.1.1. Situation géographique et administrative.....	10
2.1.2. Le climat.....	10
2.1.3. Les sols.....	11
2.1.4. La végétation	11
2.2. Méthodes utilisées	11
2.2.1. Mission de prospection.....	11
2.2.2. Inventaire floristique	11
2.2.3. Mesure des paramètres dendrométriques	12
2.2.4. Le traitement des données	13

CHAPITRE 3 : RESULTATS.....	17
3.1. Analyse de la flore.....	17
3.1.1. Composition floristique.....	17
3.1.2. Fréquence des espèces.....	19
3.1.3. Espèces les plus abondantes.....	21
3.2. Paramètres structuraux et dendrométriques du peuplement ligneux.....	21
3.2.1. Paramètres structuraux.....	21
3.2.2. Paramètres dendrométriques.....	22
3.3. Diversité spécifique du peuplement ligneux.....	22
3.3.1. Taux de régénération.....	23
3.3.2. Indice de Valeur d'Importance (IVI).....	23
3.4. Structure démographique du peuplement ligneux.....	24
3.4.1. Structure horizontale.....	24
3.4.2. Structure verticale.....	25
3.5. Biomasse et stock de carbone de la végétation ligneuse des différents MOS.....	26
3.5.1. Biomasse produite.....	26
3.5.2. Carbone stocké.....	26
3.5.3. Caractéristiques discriminantes des différents modes d'occupation des sols....	28
CHAPITRE 4 : DISCUSSION.....	30
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse des Composantes Principales
ANOVA : Analyse de Variances
CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CO₂ : Dioxyde de carbone
CSE : Centre de Suivi Ecologique
DTGC : Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
ICRAF : Centre International pour la Recherche en Agroforesterie
IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
IUFRO : Union internationale des instituts de recherches forestières
IVI : Indice de Valeur d'Importance
MOS : Modes d'Occupation du Sol
PNAS : Proceedings of the National Academy of Sciences
SUN : Scaling Up Nutrition
UE : Union Européenne

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Expansion annuelle de la forêt et de la déforestation, 1990-2020	5
Figure 2 : Contribution totale des différents forçages radiatifs du changement climatique (W.m-2)	7
Figure 3 : Mécanisme de séquestration de carbone	9
Figure 4 : Carte de localisation de la zone d'étude	10
Figure 5 : espèces les plus abondantes dans les différents MOS	21
Figure 6 : Taux de régénération de la végétation ligneuse suivant le MOS	23
Figure 7 : Distribution des individus du peuplement ligneux par classes de diamètre selon les différents modes d'occupation du sol	25
Figure 8 : Distribution des individus du peuplement ligneux par classes de hauteur selon les différents modes d'occupation du sol	26
Figure 9 : Contribution des différentes familles à la séquestration de carbone selon les MOS	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10 : Typologie des différents modes d'occupation des sols sur la base des caractéristiques de la végétation ligneuse	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des placettes selon les différents modes d'occupation du sol et des villages	12
Tableau 2 : Composition floristique de la végétation ligneuse selon les MOS	17
Tableau 3 : Fréquences centésimales (%) des espèces ligneuses selon les différents MOS ...	19
Tableau 4 : Variation des paramètres structuraux et dendrométriques du peuplement ligneux suivant le MOS.....	22
Tableau 5 : Variation des indices de diversité spécifique du peuplement suivant le MOS	23
Tableau 6 : Espèces ayant les Indices de Valeur d'importance (IVI) les plus élevés selon le MOS	24
Tableau 7 : Biomasse moyenne par hectare en fonction des MOS.....	26
Tableau 8 : Carbone moyen séquestré par hectare en fonction des MOS.....	27

RESUME

Les forêts jouent un rôle capital pour la sécurité alimentaire et constitue une solution face au réchauffement climatique à travers la séquestration de carbone. Cependant, une bonne partie des forêts est perdue au profit des terres agricoles. De ce fait, la protection et la conservation des forêts abritant la majeure partie de la biodiversité terrestre et participant à la réduction des effets du changement climatique sont impératives. C'est ainsi que cette étude s'est fixée comme objectif de contribuer à une meilleure connaissance de l'état actuel et du potentiel de stockage de carbone de la végétation ligneuse des différents modes d'occupations du sol en Basse Casamance. Pour ce faire, un échantillonnage stratifié aléatoire de la végétation ligneuse a été effectué au niveau des différents modes d'occupation du sol (champs, jachères et forêts) de la Commune de Coubalan. L'unité d'échantillonnage pour les champs et les jachères est une placette de 50 m X 50 m soit une superficie de 2500 m² et pour les forêts une placette de 30 m X 30 m soit une superficie de 900 m². Au total, 53 espèces, réparties en 48 genres appartenant à 22 familles ont été inventoriées dans la commune. Les valeurs de la surface terrière, du taux de recouvrement et de la densité sont plus élevées au niveau des forêts avec 13,09±0,1 m²/ha, 91,52±28,69% et 1321,3±635,8 individus/ha respectivement. Quant aux paramètres dendrométriques ils sont plus importants au niveau des champs avec 20,4 cm et 7,4 m respectivement pour le diamètre du tronc et la hauteur des arbres. Les forêts ont le potentiel de séquestration de carbone le plus important avec 40,46 tC/ha et 5,45 tC/ha respectivement pour le carbone aérien et le carbone souterrain soit un stock total de carbone de 45,91 tC/ha. Ces résultats confirment l'importance des forêts dans la séquestration de carbone d'où la nécessité de leurs conservations à travers une gestion rationnelle.

Mots clés : Végétation ligneuse, Basse Casamance, Flore, Forêt, Jachère Champ, séquestration de carbone,

ABSTRACT

Forests play a vital role in food security and a solution to global warming through carbon sequestration. However, much of the forest is being lost to agricultural land. Therefore, it is imperative to protect and conserve the forests that are home to most of the Earth's biodiversity and help reduce the effects of climate change. Thus, the objective of this study was to contribute to a better understanding of the current status and carbon storage potential of woody vegetation of different land uses in Lower Casamance. To do this, a stratified random sampling of woody vegetation was carried out at the level of the different land uses (fields, fallows and forests) of the Commune of Coubalan. The sampling unit for the fields and fallows is a plot of 50 m X 50 m, i.e. an area of 2500 m² and for the forests a plot of 30 m X 30 m, i.e. an area of 900 m². In total, 53 species, divided into 48 genera belonging to 22 families were inventoried in the commune. The values of basal area, cover rate and density are higher in the forests with $13.09 \pm 0.1 \text{ m}^2/\text{ha}$, $91.52 \pm 28.69\%$ and 1321.3 ± 635.8 individuals/ha respectively. As for the dendrometric parameters, they are more important at the field level with 20.4cm and 7.4m respectively for trunk diameter and tree height. Forests have the highest carbon sequestration potential with 40.46 tC/ha and 5.45 tC/ha for aboveground and belowground carbon respectively, for a total carbon stock of 45.91 tC/ha. These results confirm the importance of forests in carbon sequestration, hence the need for their conservation through rational management.

Key words: Woody vegetation, Lower Casamance, Flora, Forest, Fallow field, carbon sequestration,

INTRODUCTION

La superficie forestière connaît une baisse notamment dans les zones tropicales où prédomine la déforestation, avec une perte nette de superficie forestière de 7 millions d'hectares par an entre 2000 et 2010, et un gain net de superficie des terres agricoles de 6 millions d'hectares par an (FAO, 2016). Entre 2015 et 2020, cette superficie forestière mondiale représente 31% de la superficie totale des terres, soit 4,06 milliards d'hectares (FAO, 2021).

De ces forêts dépendent la sécurité alimentaire et les moyens d'existence de millions de personnes au monde. De même, les écosystèmes forestiers sont d'une importance capitale dans la participation à l'atténuation des effets du réchauffement climatique (FAO, 2020). En effet, ces écosystèmes représentent une solution face au réchauffement climatique à travers la séquestration de carbone en stockant du carbone dans le bois et dans le sol à hauteur de plus de 100 tC/ha (Bourgeon & *al.*, 2004).

Toutefois, une bonne partie des forêts est perdue à travers la reconversion de plus en plus présente de zones forestières en terres agricoles (Banoïn & *al.*, 1998 ; Nkamleu et *al.*, 2000 ; Maïga, 2000). Dans les zones tropicales et subtropicales, les causes de la déforestation sont l'agriculture commerciale à grande échelle (responsable de 40 % environ de la déforestation), l'agriculture de subsistance locale (33 %). En effet, selon la FAO (2016) nous assistons à une grande perte de terres forestières au profit d'autres modes d'occupation du sol (agricoles, industrielles, habitations, etc.). A cela s'ajoute les pertes de surfaces forestières dues aux feux, comme les récents incendies de la forêt amazonienne ou encore australienne (186.000 km²) (Noble, 2020). De plus les estimations indiquent une augmentation potentielle de la surface brûlée annuelle de 120 à 270 % au-dessus de la moyenne de 2000-2010 d'ici 2090 (FAO, 2021). En outre, selon les analyses publiées par le PNAS, le réchauffement climatique accélère la perte de biodiversité (Arneth, 2020).

De ce fait, la protection des forêts à travers la mise en œuvre de stratégies de gestion rationnelle est impérative pour conserver la biodiversité terrestre et contribuer à l'atténuation des effets du changement climatique.

Pour ce faire, une évaluation de l'état actuel des formations ligneuses devient une nécessité. C'est dans cette optique que s'inscrit cette étude qui a pour objectif global de contribuer à une meilleure connaissance de l'état actuel et du potentiel de stockage de carbone de la végétation ligneuse des différents modes d'occupations du sol (MOS) en Basse Casamance.

De manière plus spécifique il s'agit :

- D'établir les caractéristiques de la végétation ligneuse des différents modes d'occupation du sol de la commune de Coubalan ;
- D'évaluer la capacité de séquestration de carbone de la végétation ligneuse des différents modes d'occupation du sol de la commune de Coubalan.

Le document est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre porte sur la synthèse bibliographique, le deuxième sur le matériel et les méthodes utilisés, la troisième sur les résultats obtenus et enfin le quatrième sur la discussion des résultats.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Modes d'occupation du sol

Le mode d'occupation du sol est défini comme une description du couvert biophysique du sol (la végétation et l'eau). L'occupation du sol est définie comme une description du développement anthropique du territoire, par exemple l'agriculture et l'espace urbain (Chalifoux & al., 2006). De façon plus approfondie, le mode d'occupation du sol fait référence aux arrangements, activités et intrants que les gens entreprennent dans un certain type de couverture terrestre (Seck, 2018).

1.1.1. Champs ou terres cultivées

Selon la FAO (2020), au début du XXI^{ème} siècle, près de 1,5 milliards d'ha de terres sont utilisés pour les cultures annuelles et permanentes, soit environ 11 % de la superficie en terres de la planète. Le réchauffement climatique entraînerait probablement un accroissement, modeste, des superficies cultivables du monde, mais une diminution des superficies cultivables dans les pays en voie de développement (Roudart et al, 2010).

Dans un champ cultivé, toute plante qui n'est pas semée ou plantée volontairement est considérée comme indésirable et l'agriculteur ne cesse de détruire ces « mauvaises herbes » ce qui entraîne un appauvrissement floristique. Le travail du sol a toujours eu pour finalité d'éliminer les mauvaises herbes. Et s'il détruit parfaitement les espèces ligneuses (phanérophytes et chaméphytes) ou les espèces herbacées à souche (hémicryptophytes), il a une action beaucoup plus nuancée sur les types biologiques adaptés aux perturbations comme les vivaces à fort pouvoir de multiplication végétative (géophytes) ou surtout les plantes annuelles (thérophytes) (Jauzein, 2001).

Depuis la seconde guerre mondiale, le développement de nouvelles cultures associées au désherbage chimique, a parfois contribué à renforcer une spécialisation des flores par culture. Cependant, l'intensité du désherbage chimique et l'augmentation de la fertilisation azotée ont surtout banalisé la flore, sélectionnant les espèces généralistes les plus nitrophiles et compétitives au détriment des espèces spécialistes de milieux pauvres ou particuliers (sableux, humides ou calcaires). Globalement, les parcelles cultivées hébergent aujourd'hui moins d'espèces qu'il y a 30 ans et à une densité moyenne bien plus faible (Fried et al, 2008).

1.1.2. Jachères

Selon Sébillotte (1991), la jachère est l'état d'une parcelle dont la culture, pour différentes raisons agroécologiques, socio-économiques et même politiques a été momentanément interrompue ; cette interruption, suivant les raisons, peut aller de quelques mois à plusieurs années (Floret, 1993). Pendant la période de jachère, l'état de la parcelle évolue, soit naturellement, soit du fait de pratiques agricoles, sa durée est variable : longue de plusieurs années ou dizaines d'années dans des systèmes tropicaux sous climat humide ou courte dans les systèmes céréaliers sous climat semi-aride (Moreau, 1993).

Le sens donné à la notion de jachère dans la littérature agronomique de langue française a beaucoup évolué au cours du temps. En Europe, avant le XIXe siècle, la jachère désignait l'ensemble des labours exécutés en vue de la préparation des céréales d'automne (Sigaut, 1993) ; ce premier sens a été abandonné depuis et la définition la plus communément admise pour la jachère est celle proposée par Sebillotte (1991) qui consiste à la considérer comme l'état d'une parcelle dont la culture a été momentanément interrompue, cette interruption pouvant aller de quelques mois à plusieurs années (Floret, 2001).

En zone de savane d'Afrique sub-saharienne, la jachère fait partie des pratiques agricoles traditionnelles, mais sa place dans les systèmes agraires est aujourd'hui fortement remise en question. L'augmentation de la pression sur les ressources fait qu'elle est souvent surexploitée et sa durée se raccourcit, si bien que son efficacité dans la restauration de la fertilité des sols s'en trouve réduite (Harmand, 1998).

La jachère, notamment lorsqu'elle a été conduite en fonction d'objectifs environnementaux ou culturels précis, a prouvé son efficacité pour la qualité des eaux, la biodiversité, la lutte contre l'érosion et la restauration des sols, la protection intégrée des cultures et le paysage. La présence de la jachère dans la quasi-totalité des exploitations au sein des espaces cultivés constitue un atout pour l'environnement qu'il faut préserver. Une surface minimale de superficies à finalité environnementale au cœur de chaque exploitation apparaît comme la réponse la plus directe à certains objectifs environnementaux, en association avec une conduite durable des cultures (Defrance, 2007).

1.1.3. Forêts

La forêt est définie selon l'IUFRO (2002) comme une terre avec une couverture d'arbres minimale de 10% ou ayant précédemment eu cette couverture d'arbres et qui est naturellement ou artificiellement régénérée ou qui est reboisée.

❖ Situation actuelle

Le monde compte une superficie totale de forêt de 4,06 milliards d'hectares (ha), ce qui correspond à 31% de la superficie totale des terres émergées. Cela équivaut à 0,52 hectares par personne, bien que les forêts ne soient pas également réparties entre les populations du monde ou géographiquement. Le domaine tropical compte la plus grande proportion de forêts du monde (45 %), suivi des domaines boréaux, tempéré et subtropical. Plus de la moitié (54 %) des forêts du monde se trouve dans cinq pays uniquement : la Fédération de Russie, le Brésil, le Canada, les États-Unis d'Amérique et la Chine (FAO, 2021).

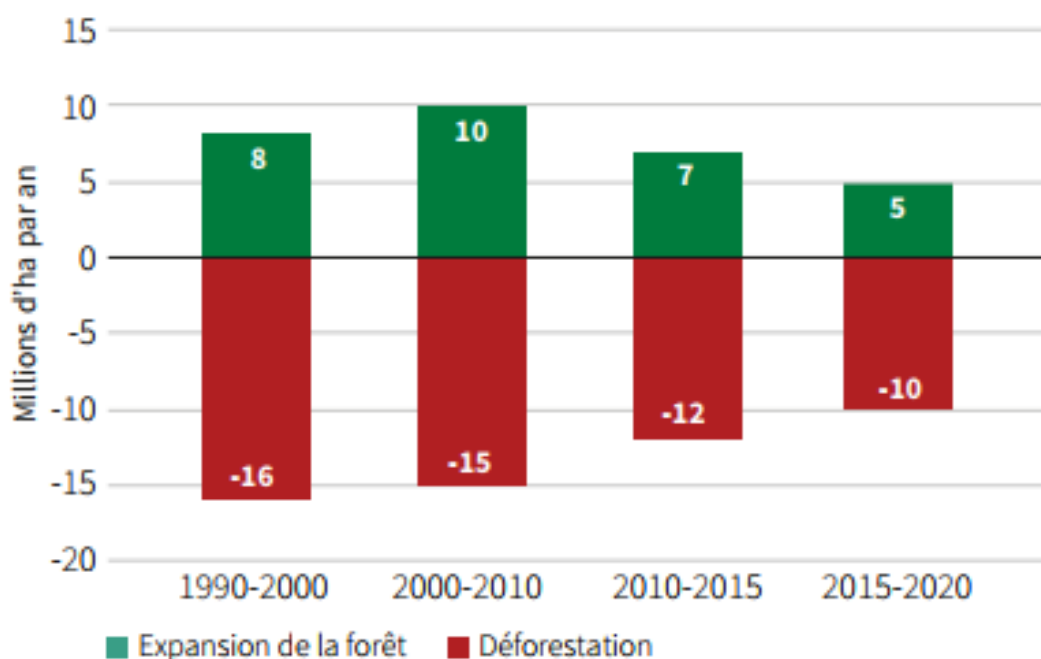


Figure 1 : Expansion annuelle de la forêt et de la déforestation, 1990-2020
(Source : FAO, 2020)

❖ Importance

Le bois est un matériau précieux, aux étonnantes qualités et aux multiples usages. L'utilisation la plus noble est en général désignée sous le nom de « bois d'œuvre ». On y tire parti de l'ensemble des qualités du bois : mécaniques, physiques, éventuellement esthétiques.

Dans l'habitat, le bois se trouve en concurrence avec d'autres matériaux : acier et autres métaux, béton, matières plastiques... Le bois se compare très favorablement avec ces autres matériaux. Les performances mécaniques du bois sont intéressantes. Dans les mêmes conditions, le bois coûte moins cher que l'acier et beaucoup moins cher que l'aluminium (Mercier, 1986).

La forêt tropicale s'étend de part et d'autre de l'équateur. Elle est caractérisée par sa diversité, sa puissance, son mystère aussi car elle n'est pas complètement connue. Sa masse énorme joue sans doute un rôle important dans l'environnement global de la terre, en particulier dans la régulation de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique. Elle serait « le poumon de la terre » (Decourt, 1999).

❖ **Menaces**

Selon les estimations, entre 10 et 20 millions d'hectares de forêts tropicales disparaissent chaque année. Notre planète perdrait, par le seul fait de la déforestation, quelques 40 000 hectares de forêts par jour et 1 000 hectares par heure (Mercier, 1986).

Elle est menacée par les intérêts de puissants groupes industriels, mais aussi par la surpopulation et la pauvreté des pays où elle se trouve. Sa détérioration et sa régression sont régulières et n'ont pu être arrêtées. Elle perd environ 0,8% par an de sa surface (Decourt, 1999).

La régression de la forêt a été spectaculaire. Devant l'ampleur du phénomène, la question d'un changement climatique récent qui aurait pu l'expliquer a longtemps fait l'objet d'une controverse scientifique. Toutefois, il semble bien que la disparition des forêts a été le prix à payer (Decourt, 1999).

❖ **Préventions**

Une action urgente est nécessaire pour renforcer la tendance à la baisse de la déforestation et pour promouvoir le reboisement, la régénération et la conservation des forêts, notamment dans les pays tropicaux en voie de développement. Une telle action est nécessaire si l'on veut respecter les engagements pris pour enrayer la déforestation, augmenter la superficie forestière, et restaurer 350 millions d'hectares de terres déboisées et dégradées dans le monde (FAO, 2021).

1.2. Changement climatique

1.2.1. Définition

On entend par changement climatiques des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables (CCNUCC, 1992).

1.2.2. Causes

Dès 1992, la Convention-Cadre des Nations-Unies sur le Changement Climatique, ratifiée à ce jour par 195 états, affirmait que « l'activité humaine a augmenté sensiblement les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Et cette augmentation renforce l'effet de serre naturel et qu'il en résultera en moyenne un réchauffement supplémentaire de la surface terrestre et de l'atmosphère dont risquent de souffrir les écosystèmes naturels et l'humanité » (Saha, 2019). Les travaux du GIEC se sont donc attachés, depuis le premier rapport en 1990, à quantifier le rôle des gaz à effet de serre dans le changement climatique, conjointement avec celui d'autres causes potentielles et en particulier des causes naturelles telles que l'activité solaire, les effets de l'activité volcanique, des aérosols et des modifications de la surface terrestre (figure 4) (Kergomard, 2014).

Les causes naturelles du changement climatique, les fluctuations de l'irradiation solaire, les effets des aérosols volcaniques sont également quantifiés en termes de forçage climatique, et leur contribution peut être ainsi comparée à celle des gaz à effet de serre (Meehl et al., 2004)

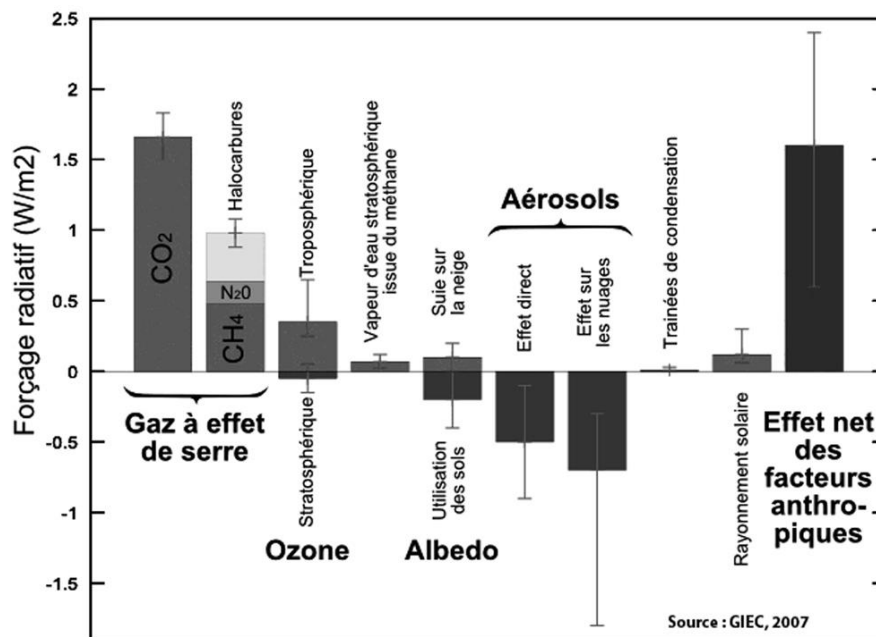


Figure 2 : Contribution totale des différents forçages radiatifs du changement climatique (W.m-2)

Source : IPCC, 2007

1.2.3. Conséquences

Le changement climatique a un impact sur toutes les régions du globe. Le niveau de la mer augmente à mesure que les barrières de glace polaire fondent. Les événements météorologiques

et les précipitations extrêmes sont de plus en plus fréquents, et ces effets tendront à s'aggraver dans les décennies à venir (Garrett, 2022). On distingue les conséquences directes telles que la hausse des températures maximales, la hausse des températures minimales, la hausse du niveau de la mer, la hausse de la température des océans, l'intensification des précipitations, l'augmentation des cyclones tropicaux violents, l'augmentation des périodes d'aridité et de sécheresse et le recul et la fonte des glaciers. En plus des conséquences directes et distingue des conséquences indirectes du changement climatique telles que l'augmentation des crises alimentaires et du manque l'eau, notamment dans les pays en voie de développement, la menace d'existence des populations en raison d'inondations et d'incendies de forêts, les risques sanitaires en raison de la hausse de la fréquence et de l'intensité de vagues de canicule, les conséquences économiques , la prolifération des nuisibles et des maladies et la perte de la biodiversité en raison de la capacité et de la vitesse d'adaptation limitées de la faune et de la flore et l'acidification des océans due aux concentrations de H_2CO_3 élevées dans l'eau en raison de la hausse des concentrations de CO_2 . Des points de bascule dans le système climatique aux conséquences imprévisibles et irréversibles pourraient bientôt être atteints selon les derniers rapports de l'IPCC (2021).

1.3. Séquestration de carbone

1.3.1. Définition

La séquestration de carbone consiste à capturer le CO_2 de l'atmosphère et à le stocker dans des réservoirs pour une longue durée (CCNUCC, 2007). Ainsi les forêts du monde constituent des puits naturels de carbone importants et renferment plus de 650 milliards de tonnes de carbone. Dans l'atmosphère, la concentration élevée de dioxyde de carbone (CO_2) contribue fortement au réchauffement de la planète (FAO, 2010).

1.3.2. Importance

Il est essentiel de réduire les émissions de gaz à effet de serre de tous les secteurs notamment, industriels, économiques et humains, pour maintenir le réchauffement mondial bien en dessous de $2^\circ C$ si ce n'est à $1,5^\circ C$ (IPCC, 2019). La forêt, dont la gestion comme un réservoir carbone est devenue une pratique environnementale contribue fortement à cette réduction. Sa gestion a pour objectif de protéger des ressources biologiques, du sol, de l'eau et de l'air (Odiwe et *al.*, 2012).

1.3.3. Mécanisme

Les plantes utilisent via la photosynthèse, le CO₂ et le transforme en divers composés organiques constituant le matériel végétal (figure 3), contribuant ainsi à la réduction du CO₂ dans l'atmosphère (Mbow, 2009). C'est donc grâce à la photosynthèse que l'arbre peut exercer sa fonction de puits de carbone (Owusu et *al.*, 2018)

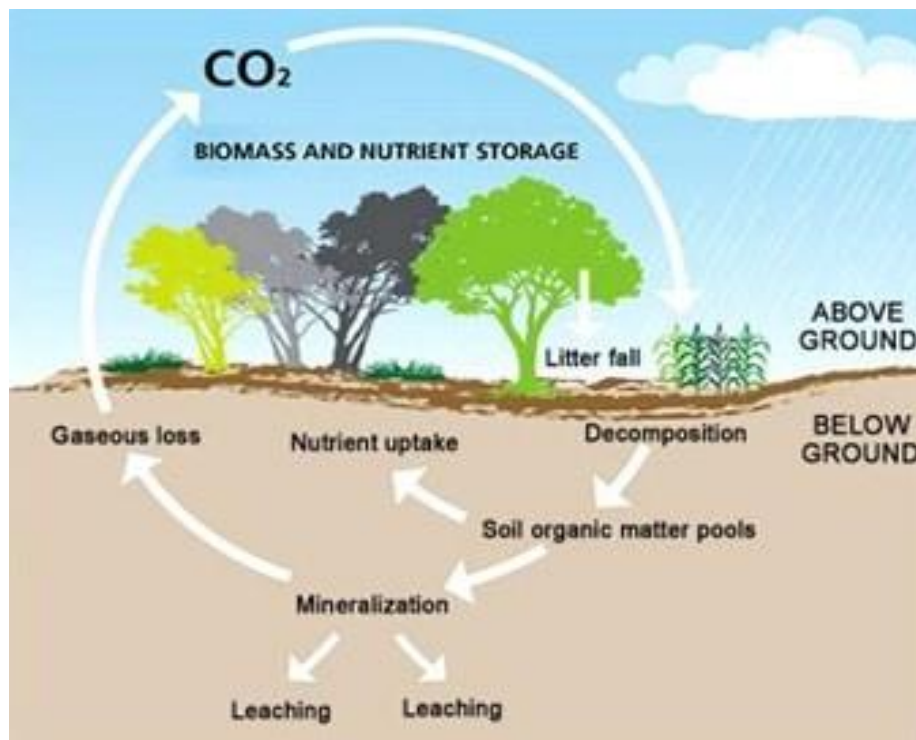


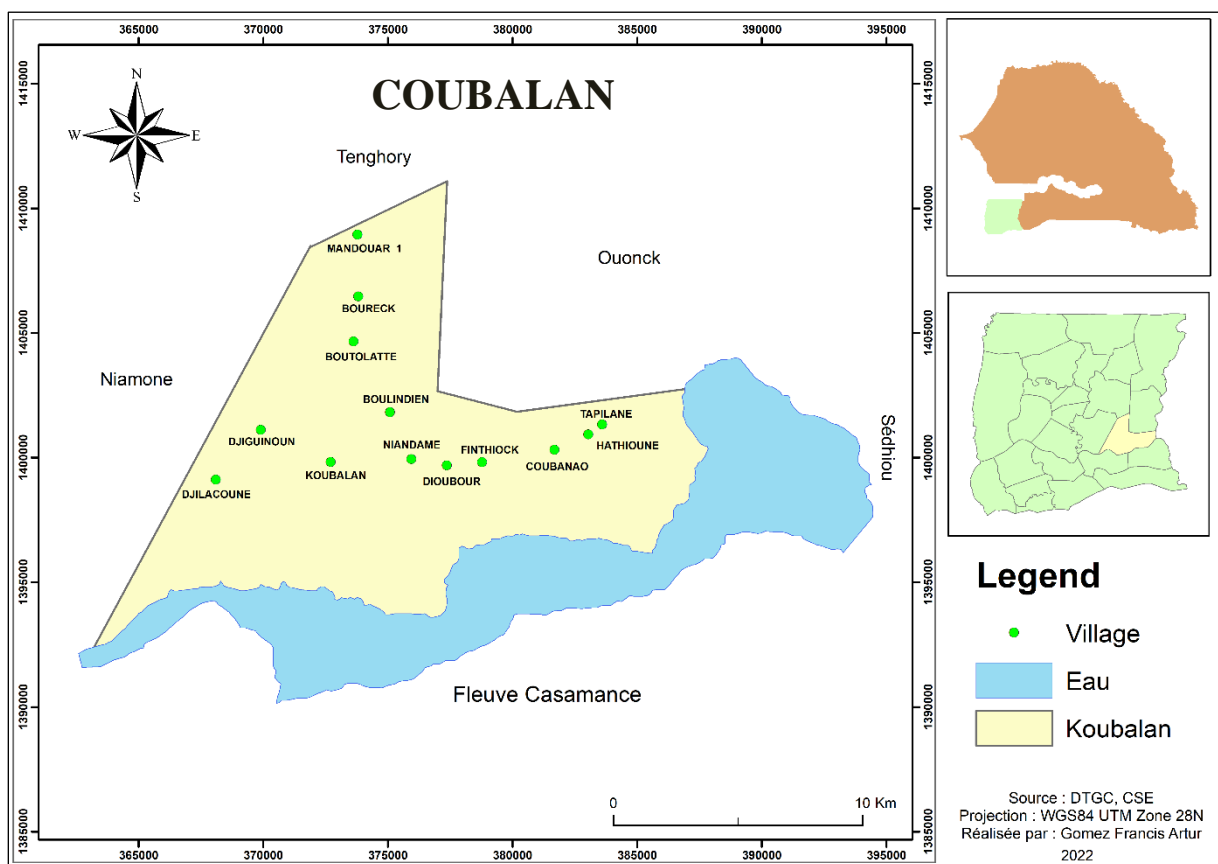
Figure 3 : Mécanisme de séquestration de carbone
Source : Solenvie, 2016

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Situation géographique et administrative

L'étude a été menée dans la commune de Coubalan située au sud de l'arrondissement de Tenghory, département de Bignona et région de Ziguinchor. Cette commune est limitée à l'Est par une partie de la commune de Ouonck et une autre partie par la région de Sédhiou, à l'Ouest par la commune de Niamone et au Nord par la commune de Tenghory et au Sud par le fleuve Casamance (figure 4).



2.1.2. Le climat

L'arrondissement de Tenghory appartient à la basse Casamance sous l'influence d'un climat de type sud-soudanien côtier marqué par l'existence de deux saisons : une saison sèche et une saison pluvieuse. Les valeurs moyennes des températures minimales et maximales mensuelles sont respectivement de 21,5 °C et 35 °C durant la période 1990 à 2016 (Sagna,

2005). Elle fait partie des régions les plus pluvieuses du Sénégal avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1200 mm (Soumaré & *al.*, 2020).

2.1.3. Les sols

Deux grands ensembles sont représentés en Basse Casamance à savoir le plateau, et les terres inondables. Le plateau se caractérise par des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols à tendance ferralitiques moyennement désaturés. Les terres inondables caractérisées par des vallées rizicultivables juxtaposées aux forêts de mangroves. L'arrondissement de Tenghory est marqué par une prédominance de sols ferrugineux tropicaux et ferralitiques (Charreau & *al.*, (1967) cités par Badji, (2019) et Coly, (2021)).

2.1.4. La végétation

Les forêts les plus denses du Sénégal sont concentrées en Basse Casamance. Elles sont composées d'arbres qui peuvent atteindre 15 à 20 mètres de hauteur. Il y existe des aires de mangrove ainsi que des forêts denses sèches composées essentiellement d'espèces sempervirentes (Aubreville, 1957 ; Gueye, 2000 ; Goudiaby, 2013 cités par Badji, 2019). Les principales espèces qui dominent dans la forêt sèche sont : *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., *Azelia africana* Smithex Pers., *Erythrophleum guineense* G. Don, *Elaeis guineensis* Jacq., *Borassus aethiopicum* Mart., *Parkia biglobosa*, *Adansonia digitata*, *Detarium guineensis* Willd., *Dialium guineense* Willd., *Parinari excelsa* Sabine, *Vitex madiensis* Oliv., *Spondias mombin* L., ect (Aubreville, 1950 ; Berhaut, 1967 cités par Badji, 2019)

2.2. Méthodes utilisées

2.2.1. Mission de prospection

Une mission de prospection a permis de prendre contact avec les différents chefs de villages de la commune de Coubalan et les informer de l'objet de notre étude. Elle a aussi permis d'identifier les villages qui disposent des différents modes d'occupation des sols (champs, forêts et jachères) ciblés par l'étude.

2.2.2. Inventaire floristique

Un échantillonnage stratifié aléatoire a été effectué au mois de mars 2021 au niveau des différents modes d'occupation des sols dans l'ensemble des 13 villages de la Commune de Coubalan. L'unité d'échantillonnage pour les champs et les jachères est une placette carrée de 50 m x 50 m soit une superficie de relevé de 2500 m² comme préconisé par Thiombiano et *al*

(2016) pour l'étude de la végétation ligneuse des systèmes agroforestiers. Et pour ce qui en est des forêts des placettes de 30 m x 30 m ont été mis en place soit une superficie de 900 m² (Houéto & al., 2013 ; Salako & al., 2013 & GLÈLÈ & al., 2016). Les placettes ont donc été installées aléatoirement suivant les modes d'occupation des sols comme suit (Tableau 1) :

- ✓ 20 placettes de 2500 m² (50 m x 50 m) au niveau des champs des différents villages ;
- ✓ 8 placettes de 2500 m² (50 m x 50 m) au niveau des jachères des différents villages ;
- ✓ 12 placettes de 900 m² (30 m x 30 m) au niveau des forêts des différents villages.

Au total 40 placettes ont été installées et dans chaque placette, l'ensemble des espèces ont été inventoriées. Des échantillons des espèces non identifiées ont été prélevés pour une identification au laboratoire à l'aide de document comme Berhaut (1967) et Arbonier (2009).

La délimitation des placettes a été effectuée avec la méthode 3-4-5 du théorème de Pythagore à l'aide d'un ruban mètre et des jalons.

Tableau 1 : Répartition des placettes selon les différents modes d'occupation du sol et des villages

N°	Villages	Modes d'occupation des sols		
		Champs	Forêts	Jachères
1	ATHIOUNE	2	1	1
2	BOULINDIEN	1	1	1
3	BOURECK	2	1	0
4	BOUTTOLATE	1	1	1
5	TAPILANE	1	1	0
6	COUBANAO	2	1	2
7	COUBALAN	2	1	0
8	DIUBOUR	1	0	0
9	DJIGUINOUME	2	1	1
10	DJILACOUNE	2	1	1
11	FINTIOCK	2	1	1
12	MANDOUARD	1	1	0
13	NIANDANE	1	1	0
TOTAL		20	12	8

2.2.3. Mesure des paramètres dendrométriques

Pour chaque individu recensé, la hauteur totale a été mesurée à l'aide d'un dendromètre suntoo, le diamètre du tronc de l'arbre à hauteur de poitrine à l'aide d'un compas forestier, le diamètre croisé du houppier (direction Est-Ouest et Nord-Sud) à l'aide d'un ruban métrique.

Un comptage des jeunes individus a été effectué pour évaluer la régénération. Les ligneux dont le diamètre à 1,30 m de hauteur est inférieur à 5 cm sont considérés comme régénération

(Ouédraogo & al. 2006). Les individus de la famille des *Arecaceae* comme *Elaeis guineensis* et *Borassus akeassii* avec des stipes d'une hauteur inférieure à 1,30 m sont considérés comme faisant partie de la régénération (Poupon, 1980 cités par Sagna & al., 2019).

2.2.4. Le traitement des données

La saisie des données obtenues et l'élaboration des tableaux et des graphiques ont été effectués à l'aide du tableur Excel. Le logiciel XLSTAT Version 2014 a été utilisé pour effectuer les analyses de variances (ANOVA), ensuite le test de comparaison de moyenne de Newman-Keuls a été effectué pour déterminer les différents groupes, enfin une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été faite pour déterminer les caractéristiques discriminantes des différents modes d'occupation du sol. Différentes formules ont été utilisées pour le calcul des paramètres de la végétation, de la biomasse et du carbone séquestré parmi lesquelles :

2.2.4.1. La fréquence spécifique

La fréquence de présence renseigne sur la distribution d'une espèce dans un peuplement. Elle peut être exprimée en valeur absolue ou en pourcentage. En pourcentage, elle est calculée par la formule suivante :

$$F = \frac{Nri}{Nr} \times 100$$

F = fréquence de présence exprimée en pourcentage (%) ; **Nri** = nombre de relevés où l'espèce *i* est présente et **Nr** = nombre total de relevés

2.2.4.2. La richesse spécifique

Elle a été évaluée à partir de la richesse spécifique totale qui est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 2003).

2.2.4.3. La densité

C'est le nombre d'individus par unité de surface. Elle s'exprime en nombre d'individus/ha. La densité observée ou densité réelle est obtenue par le rapport de l'effectif total des individus dans l'échantillon (**N**) par la surface échantillonnée (**S**).

$$D = \frac{N}{S}$$

D = densité (ind/ha) ; **N** = Effectif total du peuplement ; **S** = surface de l'échantillon (ha).

2.2.4.4. La surface terrière

C'est la surface occupée par l'arbre à la base de son tronc. Elle est exprimée en mètre carré par hectare, et se calcule comme suit :

$$St = \frac{\sum \pi (d_{1,30}/2)^2}{S}$$

St = surface terrière ; **d_{1,30}** = diamètre en m du tronc à 1,30 m du sol ; **S** = surface de l'échantillon (ha).

2.2.4.5. Le couvert ligneux

C'est la surface de la couronne de l'arbre projetée verticalement au sol. Il est exprimé en mètre carré par hectare. Le couvert ligneux est calculé avec la formule suivante :

$$C = \frac{\sum \pi (dmh/2)^2}{S}$$

C = couvert ligneux ; **dmh** = diamètre moyen du houppier en m ; **S** = surface de l'échantillon (ha).

2.2.4.6. L'indice de Shannon Weaver (H')

Il considère à la fois l'abondance et la richesse spécifique, et est utilisé pour apprécier la distribution des individus suivant les espèces. Il est compris entre 0 et 4,5. L'indice est minimum quand tous les individus appartiennent à la même espèce. Il est maximal quand chaque individu représente une espèce distincte (Frontier & al., 1995). Il peut être exprimé en bits et sa formule est :

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$$

P_i = abondance relative de chaque espèce.

2.2.4.7. L'indice de régularité (E)

Il renseigne sur la distribution des abondances des espèces dans le peuplement. Selon Devineau et al, (1984), l'indice de régularité apparaît comme un terme de comparaison plus rigoureux. Il est compris entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand l'ensemble des individus correspond à une seule espèce. Il tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus (Ramade, (2003) cité par Ngom & al., (2018)). Cet indice est donné par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{H_{max}}$$

H': Indice de Shannon Weaver; **H_{max}** = log₂(S)

2.2.4.8. L'indice de Valeur d'Importance (IVI)

Il est une expression synthétique et quantifiée de l'importance d'une espèce dans un peuplement. Pour évaluer la prépondérance spécifique en forêt tropicale, cet indice est souvent utilisé (Mori & *al.*, 1983 cités par Ngom, 2013). Pour une meilleure interprétation, l'IVI a été exprimé en pourcentage (%) et se définit comme la moyenne arithmétique, pour l'espèce *i*, de la densité relative (*Dr*), la fréquence relative (*Fr*) et la dominance relative (*Domr*).

$$IVI = \frac{Dr + Fr + Domr}{3}$$

Dr = $Ni/N \times 100$ (**Dr**= densité relative (%); **Ni**=l'effectif de l'espèce *i* dans l'échantillon; **N**= effectif total de l'échantillon)

Fr = $Fi/F \times 100$ (**Fr**= Fréquence relative (%); **Fi** = Fréquence de présence de l'espèce *i* (%); **F** somme des fréquences de toutes les espèces de l'échantillon)

Domr = $Sti/St \times 100$ (**Domr** = dominance relative (%); **Sti** = surface terrière occupée par l'espèce *i*; **St** = surface terrière totale des espèces de l'échantillon).

2.2.4.9. Le Taux de Régénération du Peuplement

IL est donné par le rapport en pourcentage entre l'effectif total des jeunes plants et l'effectif total du peuplement.

$$TRP = \frac{\text{Effectif total des jeunes plants}}{\text{Effectif total du peuplement}} \times 100$$

2.2.4.10. Biomasse

✓ Biomasse aérienne (B_A)

La biomasse aérienne (B_A) a été obtenue grâce à l'application des équations allométriques de Chave et *al.* (2014) obtenues par une révision des études de Chave et *al.* (2005) et Feldpausch et *al.* (2012).

Ces équations allométriques sont applicables pour les espèces végétales des forêts tropicales pour une meilleure précision des résultats (Abani, 2012 ; Djaouga, 2021).

La densité du bois de chaque espèce a été obtenue à partir de la base de données de l'ICRAF wood density et de celle de Zanne et *al.*, (2009). L'équation est la suivante :

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

ρ : Densité spécifique du bois (g/cm³) ; H : Hauteur (m) ; D : Diamètre à hauteur de poitrine d'homme (cm) ;

✓ **Biomasse souterraine (B_S)**

La biomasse racinaire ou souterraine (B_S) de toutes les espèces a été estimée à l'aide de l'équation de Cairns et al. (1997). Cette équation a été utilisée par Kaire et al. (2013), Diatta, (2015), N'guessan et al. (2015) et Ka (2019) et cette équation se présente comme suit :

$$B_S = e^{(-1,0587 + 0,8836 \times \ln(BA))}$$

B_A : Biomasse aérienne (Kg) ; \ln : logarithme népérien

✓ **Biomasse totale (B_T)**

La biomasse totale est obtenue à partir de la somme de biomasses aérienne et souterraine. Cette biomasse totale est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$B_T = B_A + B_S$$

B_A : Biomasse aérienne (Kg) ; B_S : Biomasse Souterraine (Kg)

2.2.4.11. Séquestration du stock de carbone

L'estimation de la quantité du carbone total a été établie à partir du facteur de conversion proposé par Guendehou & al. (2012). Ce facteur de conversion a pour valeur 0,487 (Goussanou & al., 2018 cités par Djaouga, 2021). Ainsi, la quantité de carbone total a été déduite de la manière suivante :

$$C_T = B_T \times 0,487$$

C_T : carbone total ; B_T : biomasse totale

CHAPITRE 3 : RESULTATS

3.1. Analyse de la flore

3.1.1. Composition floristique

La flore ligneuse recensée au niveau de la commune de Coubalan nous a permis d'identifier 53 espèces, réparties en 48 genres appartenant à 22 familles botaniques.

Au niveau des champs 37 espèces réparties en 34 genres et 17 familles ont été recensées ; au niveau des jachères 28 espèces réparties en 27 genres et 15 familles ont été recensées et au niveau des forêts la flore est riche de 43 espèces réparties en 41 genres et 19 familles botaniques.

Sur les 23 familles inventoriées dans la zone d'étude, les plus représentées sont les *Combretaceae* (37,42 %), suivies des *Icacinaceae* (29,86 %) et des *Fabaceae* (19,01 %). Le genre *Combretum* est le plus représenté est avec 4 espèces (Tableau 2).

Tableau 2 : Composition floristique de la végétation ligneuse selon les MOS

Familles	Genres	Espèces	C	J	F
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium</i>	<i>Anacardium occidentale</i> L.	+	+	+
	<i>Lannea</i>	<i>Lannea acida</i> A. Rich.	+	+	+
	<i>Mangifera</i>	<i>Mangifera indica</i> L.	+	-	-
	<i>Spondias</i>	<i>Spondias mombin</i> L.	-	-	+
<i>Annonaceae</i>	<i>Annona</i>	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	+	+	+
	<i>Uvaria</i>	<i>Uvaria chamae</i> P. Beauv.	+	+	+
<i>Apocynaceae</i>	<i>Holarrhena</i>	<i>Holarrhena floribunda</i> var. <i>tomentella</i> H. Huber	+	-	+
	<i>Landolphia</i>	<i>Landolphia heudelotii</i> A. DC.	-	-	+
	<i>Saba</i>	<i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon	-	-	+
	<i>Voacanga</i>	<i>Voacanga africana</i> Stapf.	-	-	+
<i>Arecaceae</i>	<i>Borassus</i>	<i>Borassus akeassii</i> Bayton, Ouédr. & Guinko	+	+	-
	<i>Elaeis</i>	<i>Elaeis guineensis</i> var. <i>microsperma</i> Welw.	+	+	+
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Newbouldia</i>	<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seem. ex Bureau	-	+	+
<i>Bombacaceae</i>	<i>Adansonia</i>	<i>Adansonia digitata</i> L.	+	-	-
	<i>Bombax</i>	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuill.	+	-	+
	<i>Ceiba</i>	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	-	+	-
<i>Caesalpiniaceae</i>	<i>Cassia</i>	<i>Cassia sieberiana</i> DC.	+	+	+
	<i>Daniellia</i>	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalziel	+	+	+
	<i>Detarium</i>	<i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr.	+	-	+
	<i>Dialium</i>	<i>Dialium guineense</i> Willd.	-	-	+

	<i>Peltophorum</i>	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) K. Heyne	-	-	+
	<i>Piliostigma</i>	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	+	-	+
		<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	+	+	+
<i>Chrysobalanaceae</i>	<i>Neocarya</i>	<i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance	+	+	-
<i>Combretaceae</i>	<i>Combretum</i>	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	+	-	-
		<i>Combretum micranthum</i> G. Don	+	+	+
		<i>Combretum nioroense</i> Aubrév. ex Keay	-	-	+
		<i>Combretum indicum</i> (L.) DeFilipps	-	+	-
	<i>Guiera</i>	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	+	+	+
	<i>Terminalia</i>	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.	+	+	+
<i>Fabaceae</i>	<i>Albizia</i>	<i>Albizia lebbeck</i> var. <i>australis</i> Burtt Davy	-	+	+
	<i>Erythrina</i>	<i>Erythrina senegalensis</i> DC.	+	-	+
	<i>Pterocarpus</i>	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	+	-	+
<i>Icacinaceae</i>	<i>Ikacina</i>	<i>Ikacina oliviformis</i> (Poir.) J. Raynal var. <i>oliviformis</i>	+	-	-
<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta</i>	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	+	+	+
	<i>Khaya</i>	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	+	+	+
<i>Mimosaceae</i>	<i>Acacia</i>	<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	+	+	+
	<i>Dichrostachys</i>	<i>Dichrostachys cinerea</i> var. <i>argillicola</i>	+	+	+
	<i>Faidherbia</i>	<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A. Chev.	+	+	+
	<i>Parkia</i>	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G. Don	+	+	+
	<i>Prosopis</i>	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	+	+	+
<i>Moraceae</i>	<i>Antiaris</i>	<i>Antiaris toxicaria</i> var. <i>africana</i> Scott-Elliot ex A. Chev.	+	-	+
	<i>Ficus</i>	<i>Ficus sycomorus</i> L.	+	+	-
		<i>Ficus sur</i> Forssk.	-	-	+
<i>Polygalaceae</i>	<i>Securidaca</i>	<i>Securidaca longipedunculata</i> var. <i>parvifolia</i> Oliv.	-	-	+
<i>Rubiaceae</i>	<i>Nauclea</i>	<i>Nauclea latifolia</i> Sm.	-	-	+
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus</i>	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	+	-	+
	<i>Zanthoxylum</i>	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	-	-	+
<i>Sapindaceae</i>	<i>Allophylus</i>	<i>Allophylus africanus</i> var. <i>griseotomentosus</i> (Gilg) Verdc.	-	+	+

<i>Simaroubaceae</i>	<i>Quassia</i>	<i>Quassia undulata</i> (Guill. & Perr.) D. Dietr.	+	+	+
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Cola</i>	<i>Cola lateritia</i> var. <i>maclaudi</i> (A. Chev.) Brenan & Keay	+	+	+
<i>Ulmaceae</i>	<i>Celtis</i>	<i>Celtis toka</i> (Forssk.) Hepper & J.R.I. Wood	+	-	-
		<i>Celtis integrifolia</i> Lam.	+	-	-
<i>Verbenaceae</i>	<i>Vitex</i>	<i>Vitex madiensis</i> Oliv. subsp. <i>madiensis</i>	-	-	+

Légende : + : Présence ; - : Absence ; C : Champ ; J : Jachère ; F : Forêt

3.1.2. Fréquence des espèces

La végétation ligneuse de la commune de Coubalan est riche de 53 espèces avec des fréquences de présence variables suivant le mode d'occupation du sol.

A l'échelle de la commune de Coubalan, les espèces les plus fréquentes sont *Guiera senegalensis* (80%), *Cassia sieberiana* (60 %), *Faidherbia albida* (55%) et *Parkia biglobosa* (Tableau 3).

Dans les champs, les espèces *Guiera senegalensis* et *Faidherbia albida* sont les plus fréquentes avec des fréquences relatives respectives de 75 % et 70 %. Au niveau des jachères, c'est l'espèce *Guiera senegalensis* qui est plus fréquente (87,5 %). Elle est suivie de *Faidherbia albida*, *Cassia sieberiana* et *Azadirachta indica* avec chacune une fréquence relative de 75 %. Et dans les forêts, *Guiera senegalensis* et *Cassia sieberiana* sont les plus fréquentes avec des fréquences relatives de 83,33 % chacune, suivis de *Combretum micranthum* (75 %) (Tableau 3).

Tableau 3 : Fréquences centésimales (%) des espèces ligneuses selon les différents MOS

Espèces	Modes d'occupation des sols			Commune de Coubalan
	Champs	Jachères	Forêts	
<i>Acacia ataxacantha</i>	25,00	25,00	66,67	37,50
<i>Adansonia digitata</i>	5,00	0,00	0,00	2,50
<i>Albizia lebbek</i>	0,00	12,50	16,67	7,50
<i>Allophylus africanus</i>	0,00	25,00	66,67	25,00
<i>Anacardium occidentale</i>	50,00	12,50	16,67	32,50
<i>Annona senegalensis</i>	5,00	50,00	41,67	25,00
<i>Antiaris toxicaria</i>	5,00	0,00	8,33	5,00
<i>Azadirachta indica</i>	30,00	75,00	41,67	42,50
<i>Bombax costatum</i>	5,00	0,00	16,67	7,50
<i>Borassus akeassii</i>	10,00	12,50	0,00	7,50
<i>Cassia sieberiana</i>	40,00	75,00	83,33	60,00
<i>Ceiba pentandra</i>	0,00	12,50	0,00	2,50
<i>Celtis integrifolia</i>	5,00	0,00	0,00	2,50
<i>Celtis toka</i>	5,00	0,00	0,00	2,50

<i>Citrus limon</i>	10,00	0,00	8,33	7,50
<i>Cola lateritia</i> var	5,00	12,50	8,33	7,50
<i>Combretum aculeatum</i>	5,00	0,00	0,00	2,50
<i>Combretum indicum</i>	0,00	12,50	0,00	2,50
<i>Combretum micranthum</i>	10,00	50,00	75,00	37,50
<i>Combretum nioroense</i>	0,00	0,00	33,33	10,00
<i>Daniellia oliveri</i>	10,00	12,50	33,33	17,50
<i>Detarium microcarpum</i>	10,00	0,00	16,67	10,00
<i>Dialium guineense</i>	0,00	0,00	16,67	5,00
<i>Dichrostachys cinerea</i>	10,00	37,50	41,67	25,00
<i>Elaeis guineensis</i> var	10,00	12,50	25,00	15,00
<i>Erythrina senegalensis</i>	15,00	0,00	8,33	10,00
<i>Faidherbia albida</i>	70,00	75,00	16,67	55,00
<i>Ficus sur</i> Forssk	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Ficus sycomorus</i>	5,00	12,50	0,00	5,00
<i>Guiera senegalensis</i>	75,00	87,50	83,33	80,00
<i>Holarrhena floribunda</i>	5,00	0,00	66,67	22,50
<i>Icacina oliviformis</i>	15,00	0,00	0,00	7,50
<i>Khaya senegalensis</i>	5,00	25,00	50,00	22,50
<i>Landolphia heudelotii</i>	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Lannea acida</i>	15,00	12,50	8,33	12,50
<i>Mangifera indica</i>	5,00	0,00	0,00	2,50
<i>Nauclea latifolia</i>	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Neocarya macrophylla</i>	5,00	12,50	0,00	5,00
<i>Newbouldia laevis</i>	0,00	25,00	16,67	10,00
<i>Parkia biglobosa</i>	45,00	25,00	58,33	45,00
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Piliostigma reticulatum</i>	10,00	0,00	8,33	7,50
<i>Piliostigma thonningii</i>	20,00	37,50	58,33	35,00
<i>Prosopis africana</i>	15,00	37,50	66,67	35,00
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	15,00	0,00	41,67	20,00
<i>Quassia undulata</i>	5,00	12,50	25,00	12,50
<i>Saba senegalensis</i>	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Securidaca longipedunculata</i>	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Spondias mombin</i>	0,00	0,00	16,67	5,00
<i>Terminalia macroptera</i>	20,00	50,00	66,67	40,00
<i>Uvaria chamae</i>	15,00	12,50	33,33	20,00
<i>Vitex madiensis</i>	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Voacanga africana</i>	0,00	0,00	8,33	2,50
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	0,00	0,00	16,67	5,00

3.1.3. Espèces les plus abondantes

Les espèces ayant les abondances relatives les plus élevées dans les champs de la commune de Coubalan sont *Icacina oliviformis* (53,77 %), suivie du *Guiera senegalensis* (5,43%), *Terminalia macroptera* (2,99%), *Acacia ataxacantha* (1,96%) et *Cassia sieberiana* (1,46%).

Dans les jachères, l'espèce la plus abondante est *Guiera senegalensis* avec une abondance relative de 79,58%. Elle est suivie par *Cassia sieberiana* (5,01%), *Azadirachta indica* (4,55%), *Combretum micranthum* (4,36%) et *Terminalia macroptera* (1,65%).

Au niveau des forêts, les espèces les plus abondantes sont le *Guiera senegalensis* (21,12%), suivie de *Combretum micranthum* (20,57%), *Terminalia macroptera* (18,18%), *Combretum niroense* (14,96%) et de *Cassia sieberiana* (3,88%) (Figure 5).

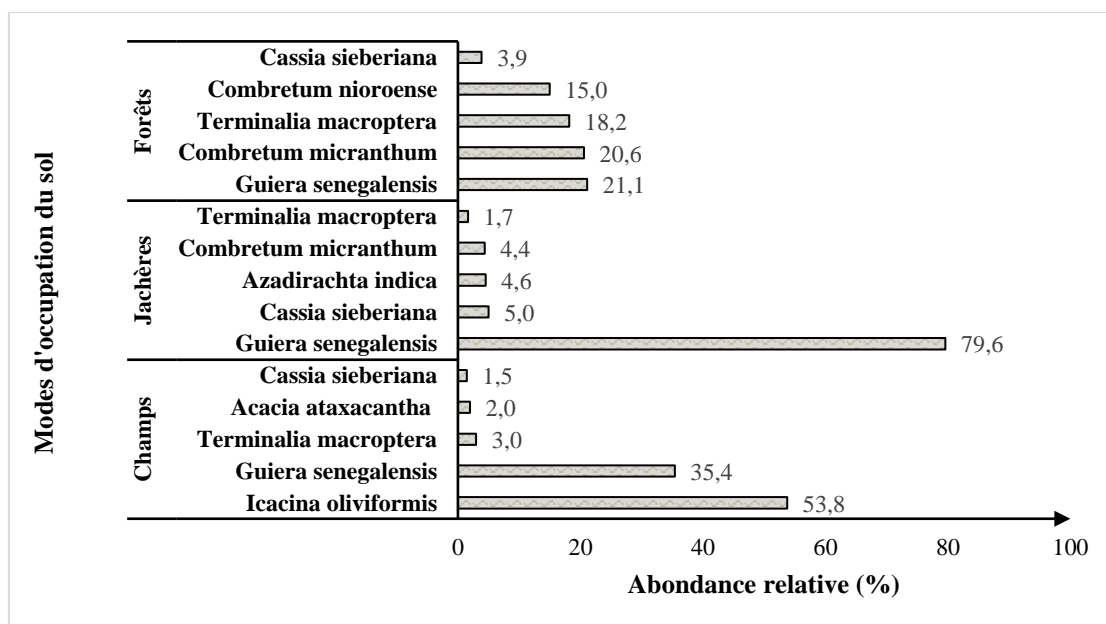


Figure 5 : Espèces les plus abondantes dans les différents MOS

3.2. Paramètres structuraux et dendrométriques du peuplement ligneux

3.2.1. Paramètres structuraux

L'analyse de variance a révélé une différence significative de la densité ($P < 0,0001$), du taux de couverture ($P < 0,0001$) et de la surface terrière ($P = 0,003$) entre les différents modes d'occupation du sol.

En effet, au niveau de la commune de Coubalan, les forêts présentent une densité statistiquement plus élevée ($1321,3 \pm 635,8$ ind/ha) que celle des jachères ($335,5 \pm 297,4$ ind/ha) et des champs ($38,6 \pm 26,7$ ind/ha) qui ne présentent aucune différence significative entre eux (Tableau 4).

Considérant le taux de couverture de la végétation ligneuse, il est statistiquement plus important au niveau des forêts (79,25±21,08%) comparées aux autres modes d'occupation du sol. Même si ce paramètre ne présente aucune différence significative entre les champs et les jachères, il est en valeur absolue plus faible dans les champs (11,373±5,918%).

Quant à la surface terrière, comme pour la densité et le taux de couverture, elle est significativement plus importante au niveau des forêts (13,09±0,1 m²/ha) comparées à la jachère (1,18±0,013 m²/ha) et aux champs (2,32±0,024 m²/ha) (Tableau 4).

3.2.2. Paramètres dendrométriques

L'analyse statistique a révélé une différence très hautement significative (P<0,0001) pour le diamètre et la hauteur des ligneux entre les différents modes d'occupation du sol (Tableau 4). En effet, le diamètre moyen des troncs et la hauteur moyenne des ligneux sont plus élevés au niveau des champs avec des valeurs respectives de 20,4 cm et 7,4 m, suivis des forêts avec un diamètre moyen des troncs de 5,4 cm et une hauteur moyenne de 4,2 m. Les plus faibles valeurs des paramètres dendrométriques sont enregistrées au niveau des jachères avec 3,4 cm et 3,05 m respectivement pour le diamètre moyen des troncs et la hauteur moyenne des ligneux (Tableau 4)

Tableau 4 : Variation des paramètres structuraux et dendrométriques du peuplement ligneux suivant le MOS

Modes d'occupation des sols	Densité (ind/ha)	Taux de couverture (%)	Surface terrière (m ² /ha)	Diamètre tronc (cm)	Hauteur (m)
Champs	38,6± 26,7 ^b	11,373±5,92 ^b	2,32±0,024 ^b	20,4±13,6 ^a	7,4±3,8 ^a
Jachères	335,5±297,4 ^b	14,731±4,52 ^b	1,18±0,013 ^b	3,4±2,1 ^c	3,05±0,9 ^c
Forêts	1321,3±635,8 ^a	79,25±21,08 ^a	13,09±0,1 ^a	5,4±3,8 ^b	4,2±1,7 ^b
P-Value	< 0,0001	< 0,0001	0,003	<0,0001	<0,0001

Légende : ind/ha : individu par hectare

Dans une même colonne, les valeurs accompagnées de mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.3. Diversité spécifique du peuplement ligneux

Il apparaît à travers l'analyse du tableau 5 que l'indice de Shannon Weaver (H') est plus élevé au niveau des forêts (3,34 bits) suivies des jachères (1,73 bits) et des champs (1,37). Quant à l'indice de régularité (E), il est plus élevé au niveau des forêts (0,62) et moins élevé au niveau des jachères (0,28).

Il apparait ainsi que la diversité spécifique est plus importante au niveau des forêts et plus faible au niveau des jachères.

Tableau 5 : Variation des indices de diversité spécifique du peuplement suivant le MOS

MOS	H' (bits)	E
Champs	1,37	0,33
Jachères	1,73	0,28
Forêts	3,34	0,62

Légende : H' : Indice de Shannon ; E : Indice de régularité

3.3.1. Taux de régénération

Le taux de régénération du peuplement ligneux de la commune de Coubalan est de 96,11 %. Ce taux varie d'un mode d'occupation du sol à l'autre. Les jachères ont le taux de régénération le plus élevé avec 98,49%, suivies des champs avec 98,32% et enfin les forêts avec 87,51% (Figure 6).

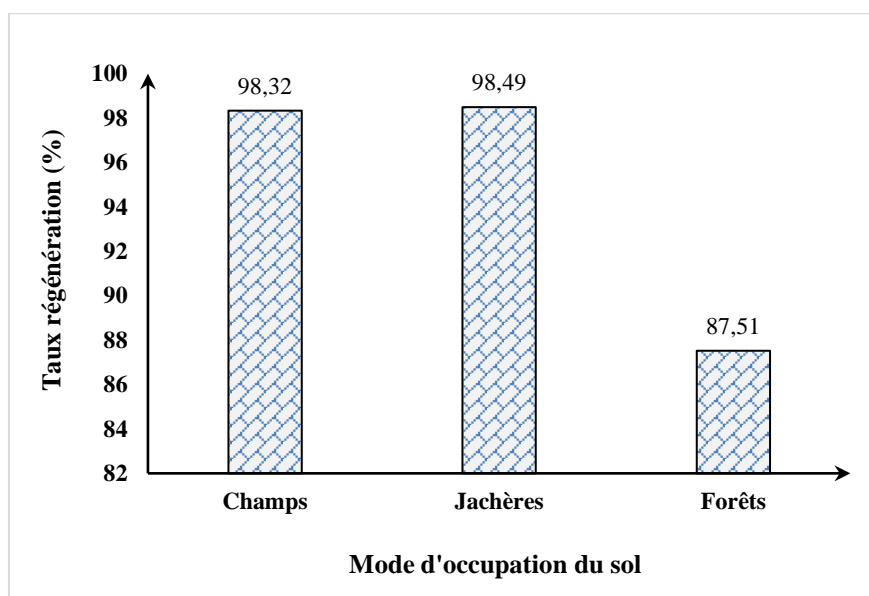


Figure 6 : Taux de régénération de la végétation ligneuse suivant le MOS

3.3.2. Indice de Valeur d'Importance (IVI)

Les espèces ayant les Indices de valeur d'Importance (IVI) les plus importants dans les différents modes d'occupation des sols sont présentées dans le tableau 6.

Au niveau des champs, les 5 espèces ayant les Indice de Valeur d'Importance les plus élevés sont *Icacina oliviformis* (18,74%), *Guiera senegalensis* (15,89%), *Faidherbia albida* (12,71%), *Anacardium occidentale* (7,02) et *Parkia biglobosa* (6,63%).

Dans les jachères les espèces 5 espèces les plus importantes du point de vue écologique sont *Guiera senegalensis* (31,83%), *Faidherbia albida* (16,39%), *Azadirachta indica* (9,90%), *Cassia sieberiana* (5,29%) et *Parkia biglobosa* (4,24%).

Concernant les forêts, les 5 espèces qui y sont les plus importantes écologiquement sont *Combretum micranthum* (13,15%), *Guiera senegalensis* (9,52%), *Terminalia macroptera* (9,24%), *Khaya senegalensis* (8,04%) et *Cola lateritia* (6,35%) (Tableau 6).

Tableau 6 : Espèces ayant les Indices de Valeur d'importance (IVI) les plus élevés selon le MOS

MOS	Espèces	Dr (%)	Fr (%)	Domr (%)	IVI (%)
Champs	<i>Acacia oliviformis</i>	53,77	2,44	0,00	18,74
	<i>Guiera senegalensis</i>	35,43	12,20	0,04	15,89
	<i>Faidherbia albida</i>	0,75	11,38	25,99	12,71
	<i>Anacardium occidentale</i>	0,92	8,13	12,02	7,02
	<i>Parkia biglobosa</i>	0,28	7,32	12,30	6,63
Jachères	<i>Guiera senegalensis</i>	10,14	79,58	5,78	31,83
	<i>Faidherbia albida</i>	8,70	0,51	39,96	16,39
	<i>Azadirachta indica</i>	8,70	4,55	16,44	9,90
	<i>Cassia sieberiana</i>	8,70	5,01	2,17	5,29
	<i>Parkia biglobosa</i>	2,90	0,05	9,78	4,24
Forêts	<i>Combretum micranthum</i>	5,66	20,57	13,22	13,15
	<i>Guiera senegalensis</i>	6,29	21,12	1,15	9,52
	<i>Terminalia macroptera</i>	5,03	18,18	4,52	9,24
	<i>Khaya senegalensis</i>	3,77	0,33	20,00	8,04
	<i>Cola lateritia</i>	0,63	0,11	18,31	6,35

Légende : **Dr** : Densité relative ; **Fr** : Fréquence relative ; **Domr** : Dominance relative

3.4. Structure démographique du peuplement ligneux

3.4.1. Structure horizontale

L'analyse de la figure 7 montre qu'au niveau des champs de la commune de Coubalan, le peuplement ligneux est caractérisé par une prédominance des individus la classe de diamètre [5-15[. Cette classe renferme à elle seule 40,12% du peuplement. Elle est suivie des classes [15-25[et [35-45[comportant respectivement 26,54% et 12,35% des individus du peuplement.

Au niveau des jachères, c'est toujours la classe de diamètre [5-15[qui est la mieux représentée avec 72,13% des individus du peuplement. Elle est suivie des classes [15-25[et [25-35[renfermant respectivement 14,75% et 6,56% des individus du peuplement ligneux.

Concernant les forêts, tout comme les deux modes d'occupation du sol précédents, son peuplement est dominé par des individus appartenant à la classe de diamètre [5-15[avec 80,9%

des individus du peuplement ligneux. Cette classe est suivie par les classes [15-25[et [25-35[et [35-45[avec respectivement 8,8% et 5,9% du peuplement.

La structure du peuplement ligneux au niveau des forêts et des jachères est en « L » et celle des champs est de type exponentiel décroissant. Ces structures sont toutes caractéristiques d'un peuplement jeune et équilibré traduisant une bonne régénération du peuplement avec un recrutement des jeunes individus vers les classes intermédiaires plus important au niveau des champs.

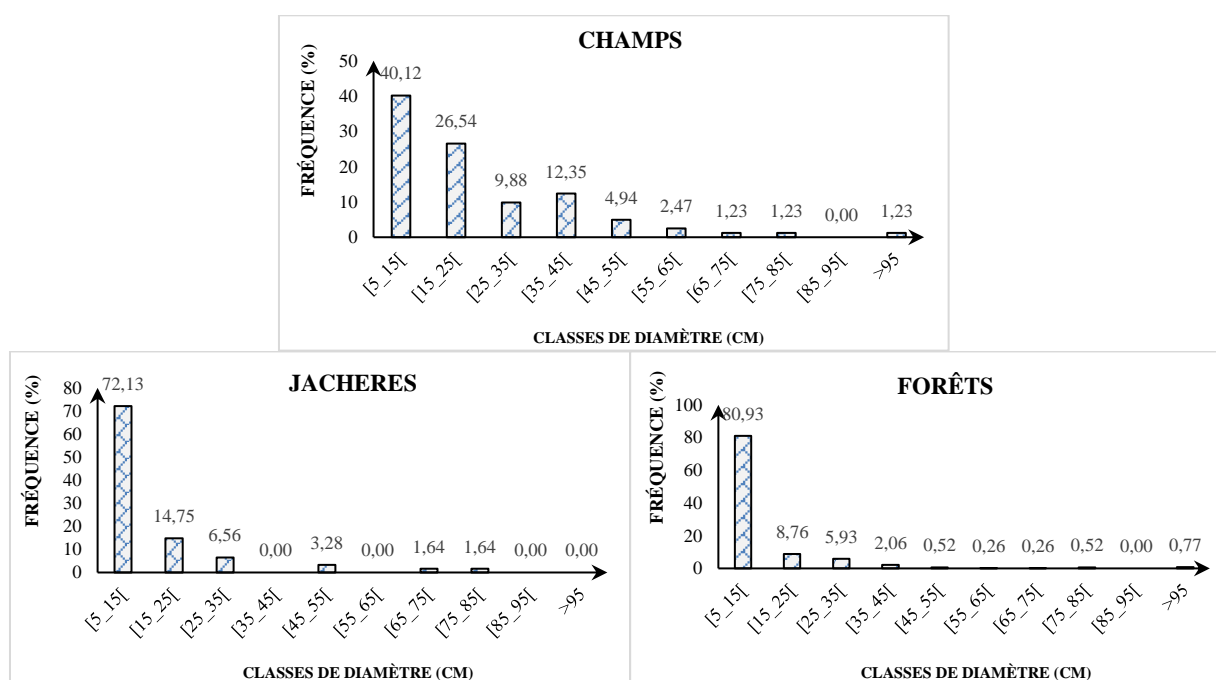


Figure 7 : Distribution des individus du peuplement ligneux par classes de diamètre selon les différents modes d'occupation du sol

3.4.2. Structure verticale

Au niveau du peuplement ligneux des différents modes d'occupation du sol de la commune de Coubalan, la classe de hauteur [2-4[est la plus représentée avec 27,0% ; 89,61% et 58,28% des individus respectivement dans les champs, les jachères et les forêts (Figure 8). Cette classe est suivie par celle de hauteur comprise entre 4 et 6m avec 17,71% ; 7,23% et 27,58% des individus respectivement pour les champs, les jachères et les forêts (figure 8).

Comme pour la structure horizontale, la structure verticale est caractéristique d'un peuplement jeune et équilibré.

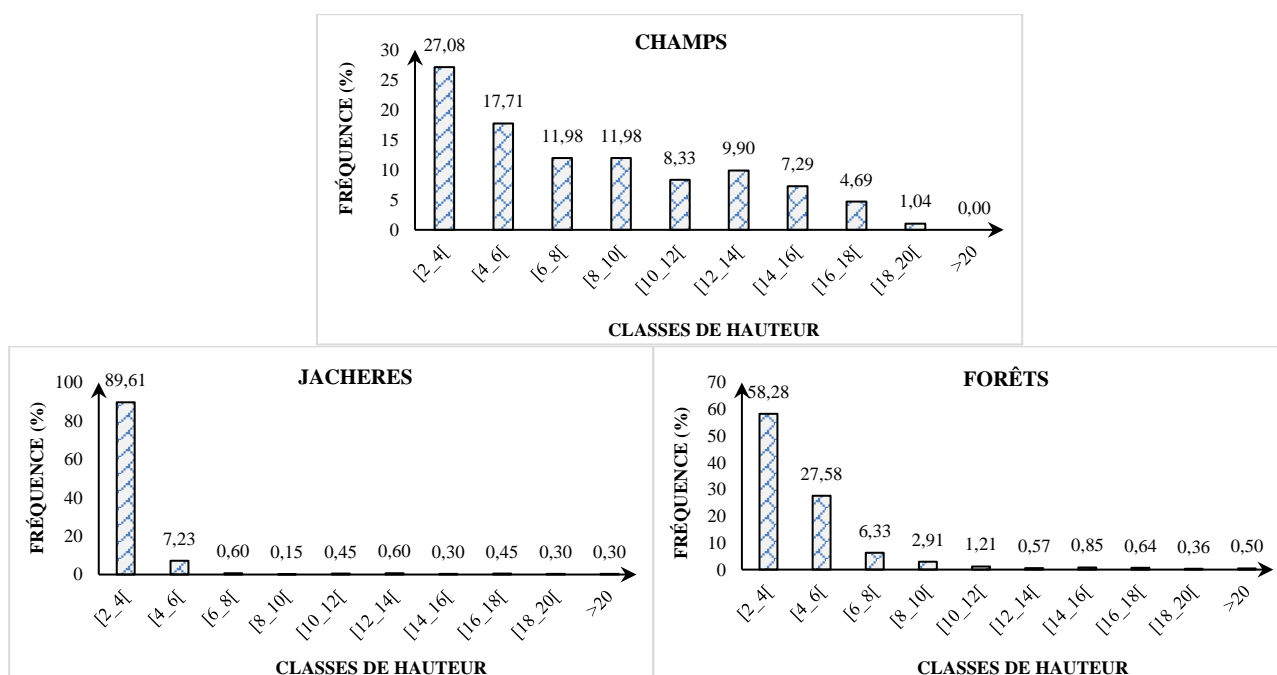


Figure 8 : Distribution des individus du peuplement ligneux par classes de hauteur selon les différents modes d'occupation du sol

3.5. Biomasse et stock de carbone de la végétation ligneuse des différents MOS

3.5.1. Biomasse produite

La biomasse produite est plus importante au niveau des forêts où il a été enregistré une biomasse aérienne (B_A) de 83,07 t/ha et une biomasse souterraine (B_S) de 11,2t/ha soit une biomasse totale 94,27t/ha (Tableau 7). Les plus faibles valeurs de la biomasse produite ont été obtenues au niveau des jachères avec 5,42 et 0,92t/ha respectivement pour la biomasse aérienne (B_A) et la biomasse souterraine (B_S) soit une biomasse totale de 6,34t/ha (Tableau 7).

Tableau 7 : Biomasse moyenne par hectare en fonction des MOS

MOS	B_A (t/ha)	B_S (t/ha)	B_T (t/ha)
Champs	10,62	1,67	12,30
Jachères	5,42	0,92	6,34
Forêts	83,07	11,20	94,27

Légende : B_A : Biomasse aérienne ; B_S : Biomasse Souterraine ; B_T : Biomasse Totale

3.5.2. Carbone stocké

❖ Carbone stocké par le peuplement ligneux suivant les MOS

L'analyse du tableau 8 montre que le stock de carbone le plus important a été obtenu au niveau des forêts avec 40,46 tC/ha et 5,45 tC/ha respectivement pour le carbone aérien (CA) et le

carbone souterrain (CS) soit un stock de carbone total de 45,91 tC/ha. Quant aux plus faibles stocks de carbone, ils ont été enregistrés au niveau des jachères avec 2,64 tC/ha et 0,45 tC/ha respectivement pour le carbone aérien (CA) et le carbone souterrain (CS) soit un stock total de 3,09 tC/ha. Dans les champs la quantité de carbone stockée est 5,17 tC/ha et 0,81 tC/ha respectivement pour le carbone aérien (CA) et le carbone souterrain (CS) soit un stock total de 5,99 tC/ha.

Tableau 8 : Carbone moyen séquestré par hectare en fonction des MOS

MOS	C _A (tC/ha)	C _S (tC/ha)	C _T (tC/ha)
Champs	5,17	0,81	5,99
Jachères	2,64	0,45	3,09
Forêts	40,46	5,45	45,91

Légende : C_A : Carbone aérien ; C_S : Carbone Souterrain ; C_T : Carbone Total

❖ **Contribution des différentes familles à la séquestration du carbone selon les MOS**

La figure 9 illustre la contribution des différentes familles botaniques à la séquestration du carbone selon les modes d'occupation du sol dans la commune de Coubalan.

Dans les champs, les familles qui contribuent plus à la séquestration du carbone sont : les *Mimosaceae* (41,73%), les *Arecaceae* (17,79%), les *Anacardiaceae* (11,42%) et les *Fabaceae* (7,42%). Au niveau des jachères les familles ayant la contribution à la séquestration la plus importante sont : les *Mimosaceae* (52,94%), les *Meliaceae* (20,46%), et les *Arecaceae* (15,1%). Concernant les forêts, les familles qui y participent plus à la séquestration de carbone sont : les *Meliaceae* (33,74%), les *Sterculiaceae* (21,5%), les *Mimosaceae* (12,03%) et les *Arecaceae* (9,75).

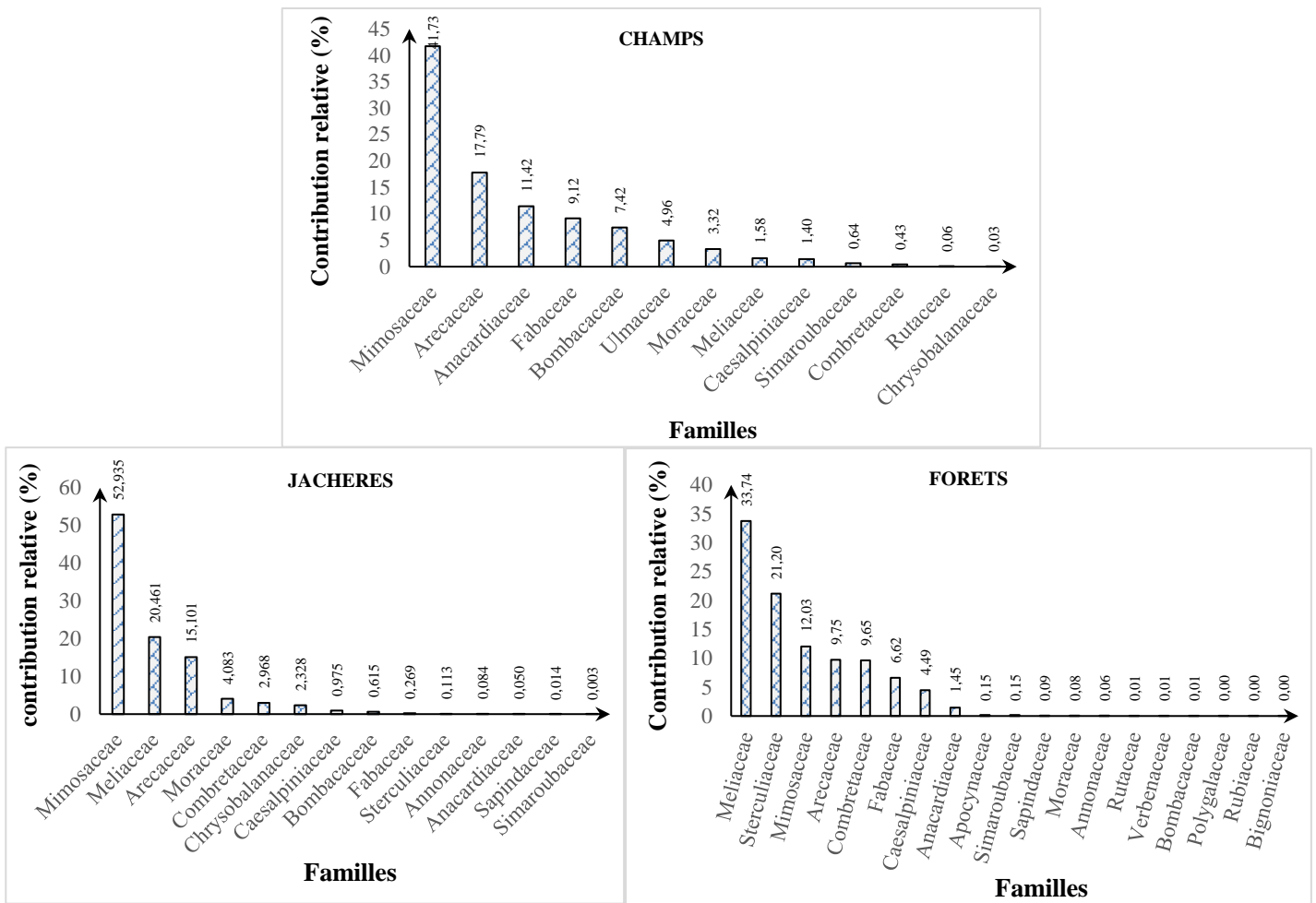


Figure 9 : Contribution des différentes familles à la séquestration de carbone selon les MOS

3.5.3. Caractéristiques discriminantes des différents modes d'occupation des sols

La figure 10 obtenu à partir de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur la base de la matrice trois (3) modes d'occupation des sols et neuf (9) paramètres de la végétation ligneuse a permis d'établir les caractéristiques discriminantes de chaque mode d'occupation des sols.

Ainsi, nous distinguons :

- les champs, caractérisés par une végétation constituée essentiellement de ligneux de grande taille (H) et de gros diamètre (D) ;
- les jachères, caractérisées par une végétation avec des espèces à densité du bois (D.b) élevée ;
- et les forêts, caractérisées par des paramètres structuraux de la végétation (surface terrière, taux de recouvrement et densité) élevés, une richesse spécifique élevée et un potentiel de séquestration carbone (C_A et C_S) élevé.

Il apparait aussi à travers cette figure que le stockage du carbone est fortement corrélé à la densité du peuplement, à la surface terrière et au taux de recouvrement de la végétation ligneuse.

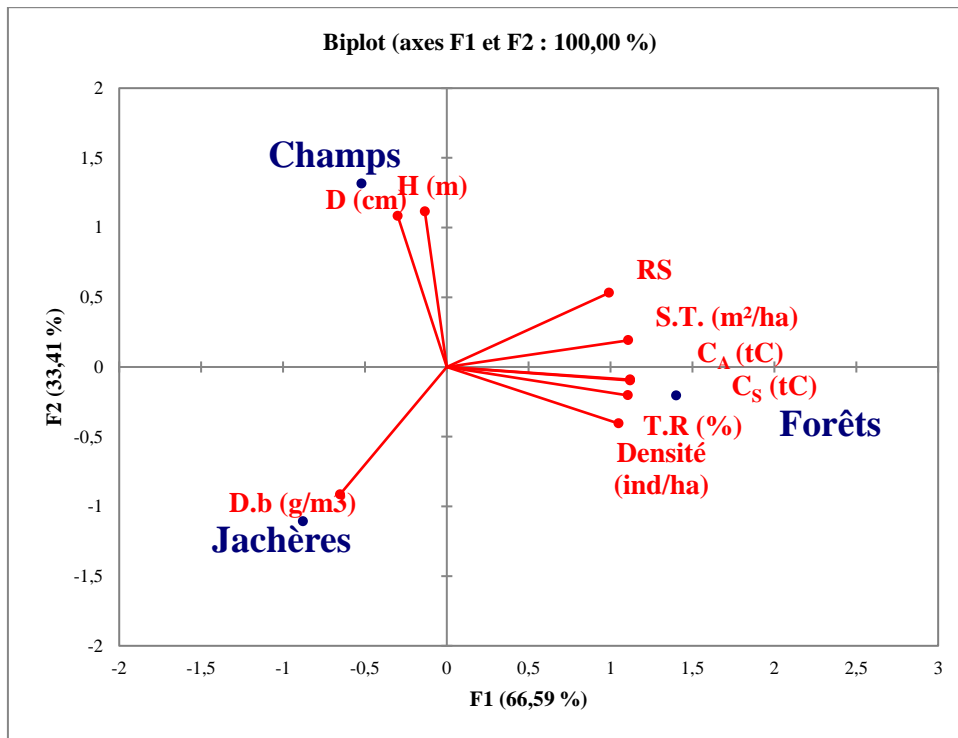


Figure 10 : Typologie des différents modes d'occupation des sols sur la base des caractéristiques de la végétation ligneuse

Légende : *D* : diamètre du tronc ; *H* = hauteur ; *RS* : richesse spécifique ; *S.T.* : surface terrière ; *T.R.* : taux de recouvrement ; *C_A* : carbone aérien et *C_S* : carbone souterrain ; *D.b* : densité du bois

CHAPITRE 4 : DISCUSSION

Ce travail a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance de l'état et de la capacité de séquestration de carbone de la végétation ligneuse des différents modes d'occupation du sol (champs, les jachères et forêts) de la Basse Casamance.

Les résultats de cette étude ont révélé la présence de 53 espèces, réparties en 48 genres appartenant à 22 familles botaniques dans la Commune de Coubalan. Ces résultats sont différents de ceux de Badji (2019) qui a trouvé 64 espèces ligneuses réparties en 53 genres et 20 familles botaniques dans les parcs agroforestiers de l'arrondissement de TENGHORY. Ils sont aussi différents de ceux de Ngom et al., (2018) qui ont trouvé dans les parcs agroforestiers traditionnels à *Elaeis guineensis* en Basse Casamance 69 espèces ligneuses réparties en 58 genres, relevant de 23 familles. Sur les 22 familles inventoriées dans cette étude, les plus représentées dans la commune de Coubalan sont les *Combretaceae* (37,42 %), suivies des *Icacinaceae* (29,86 %) et des *Fabaceae* (19,01 %). Ces résultats sont conformes à ceux de Diatta et al., (2021) qui affirment que la zone de Mangagoulack (département de BIGNONA) est dominée par la famille des *Fabaceae* et des *Combretaceae*. Les espèces les plus abondantes dans la commune de Coubalan sont *Guiera senegalensis* (42,86 %), *Icacina oliviformis* (29,86 %) et *Terminalia macroptera* (5,85 %). Ces données sont conformes à ceux de Badji (2019) et Coly (2021) selon qui les espèces les plus abondantes dans les champs du département de BIGNONA sont *Icacina oliviformis*, *Guiera senegalensis* et *Terminalia macroptera*. Et selon Coly (2021), cela pourrait s'expliquer par leur forte capacité de régénération après coupe. Ces résultats corroborent aussi ceux de Charahabil & al., (2008), Sarr & al., (2013a), Sarr & al., (2013b) ; Bakhoun & al., (2013) ; Badji & al., (2014) & Ba (2015) selon qui dans le Bassin arachidier la dominante dans les champs elle celle des *Combretaceae*.

La densité de la végétation ligneuse des champs de la commune de Coubalan est de 38,6 individus/ha. Ces résultats sont semblables à ceux de Coly (2021) qui a trouvé une densité de 37,41 individus/ha au niveau des parcs agroforestiers du département de BIGNONA. Cependant la densité au niveau des forêts et des jachères de Coubalan est respectivement de 1321,3 individus/ha et 335,5 individus/ha. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Ngom et al. (2013) dans l'aire centrale de la réserve du Ferlo (154 individus/ha) et à celles enregistrées par Issoufou et al. (2019) dans les terroirs villageois du Centre-Sud du Niger (151,09 individus/ha).

Le taux de couverture au niveau des champs et des jachères de Coubalan est respectivement de 11,373 % et 14,731 %. Ces valeurs sont proches de ceux de Coly (2021) et Badji (2019) qui ont respectivement enregistré un taux de couverture de 12,71 % au niveau des parcs agroforestiers du département de Bignona et 13,7 % au niveau des parcs de l'arrondissement de Tenghory. Le taux de couverture au niveau des forêts est nettement plus élevé avec une valeur de 79,25 %. Ce qui s'expliquerait par le fait que les zones de forêt sont moins anthropisées.

La surface terrière la plus élevée est obtenue au niveau des forêts (13,09 m²/ha), suivies des champs (2,32 m²/ha) et enfin des jachères (1,18 m²/ha). Les résultats obtenus au niveau des champs et des jachères sont proches de ceux de Badji (2019) qui a obtenu une surface terrière de 3,3 m²/ha au niveau des parcs de l'arrondissement de Tenghory. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les agriculteurs ont tendance à réduire l'espace occupé par les espèces ligneuses afin d'augmenter la superficie de culture (Boffa, 1995).

La diversité spécifique est plus importante au niveau des forêts avec un indice de Shannon Weaver de 3,34 bits, ce qui pourrait s'expliquer par la rareté des coupes de bois en zone de forêts. En effet selon Tiokeng (2015) cette forte diversité peut être liée au fait que ces forêts ne semblent pas avoir connu de perturbations majeures, comme le montre aussi la valeur de l'Équitabilité de Piélou (0,62).

Le taux de régénération du peuplement ligneux de la commune de Coubalan est de 96,11 %. Ce résultat est proche de ceux de Badji (2019) et Diatta (2019) qui ont obtenu respectivement un taux de régénération de 95,8 % dans l'arrondissement de Tenghory et 88,19 % au niveau des parcs agroforestiers de l'arrondissement de Tendouck. Selon Coly (2021), ceci pourrait s'expliquer par la forte capacité de régénération après coupe du *Guiera senegalensis* qui est l'espèce dominante au niveau des champs et de jachères.

Les structures horizontale et verticale au niveau des différents modes d'occupation du sol de la commune de Coubalan sont de type « L » synonyme d'un peuplement jeune et équilibré avec une bonne capacité de régénération de la végétation ligneuse. En effet, selon Bationo & al., (2001), la structure en « L » des populations indique une bonne régénération de l'espèce. Ces résultats ne sont pas en phase avec ceux de Ouédraogo & al. (2008) qui a constaté, dans les savanes anthropiques à *Parkia biglobosa* et *Piliostigma reticulatum* au Burkina Faso une prédominance d'individus de gros diamètres (diamètre ≥ 50 cm).

En termes de biomasse totale (B_T) produite et de carbone séquestré, les forêts ont présenté les meilleurs résultats avec 94,27 t/ha et 45,91 tC/ha respectivement pour la biomasse produite et

le carbone séquestré. Elles sont suivies par les champs avec une biomasse produite de 12,30 t/ha et une quantité de carbone séquestrée de 5,99 tC/ha, et enfin des jachères avec une biomasse de 6,35 t/ha et une quantité de carbone séquestrée de 3,09 tC/ha. La différence de séquestration entre les forêts, les champs et les jachères pourrait s'expliquer par le fait que la densité des individus au niveau des jachères (335,5 individus/ha) et des champs (37,41 individus/ha) est bien moins élevée que celle des forêts (1321,3 individus/ha). Ces valeurs sont inférieures à celles de Ka (2019) et de Tsoumou et *al.* (2016) qui ont obtenu respectivement une quantité de biomasse de 741,55 t/ha soit 370,77 tC/ha au niveau des zones parcours du Sénégal et une biomasse totale de 275,37 t/ha correspondant à 129 tC/ha dans la forêt de Dimonika en république du Congo. Cependant les valeurs de séquestration de carbone obtenue dans cette étude sont sensiblement supérieures à celles de Diallo (2022) dans la commune de Coumbacara à Kolda, qui a obtenu au niveau des forêts, une biomasse de 78,01 t/ha et une quantité de carbone séquestré de 36,66 tC/ha. Par contre, elles sont très proches de celles de Ifo & *al.* (2019) qui ont obtenu un stock de carbone de 45,5 tC/ha dans les forêts récemment exploitées au Congo

Les familles qui contribuent plus à la séquestration de carbone au sein de la commune de Coubalan sont les *Meliaceae* (35,38%), les *Sterculiaceae* (18,25%), les *Mimosaceae* (16,18%) et les *Arecaceae* (10,72%). Cette différence entre les familles peut s'expliquer par le fait que les individus de ces familles ne présentent pas les mêmes caractéristiques dendrométriques (hauteur, diamètre du tronc) et structuraux (densité, surface terrière) mais aussi ont des masses volumiques différentes. En effet selon Nguessan et *al* (2015) la prédominance de certains groupes taxonomiques en termes de stockage du carbone pourrait être liée au diamètre de leur tronc plus important que celui des autres groupes taxonomiques.

A partir de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) nous constatons que les Champs sont caractérisés par une végétation constituée essentiellement de ligneux de grande taille (H) et de gros diamètre (D) ceci pourrait s'expliquer selon Husson (2019) par le fait que plus la densité des arbres est faible, plus l'accroissement en hauteur et en épaisseur est élevé. Ce qui est conforme à nos résultats, car les champs présentent la densité la plus faible. Les Jachères quant à elles sont caractérisées par une végétation avec des espèces à densité du bois (D.b) élevée. Enfin les forêts sont caractérisées par des paramètres structuraux de la végétation élevée, une richesse spécifique élevée et un potentiel de séquestration carbone (C_A et C_S) élevé. Ces paramètres structuraux élevés au niveau des forêts s'expliqueraient par la faible intervention de l'homme au niveau des forêts selon Badji (2019). Et la diversité élevée de ce mode d'occupation

du sol peut être liée selon Tiokeng (2015), au fait que ces forêts ne semblent pas avoir connu de perturbations majeures

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A la suite de cette étude, 53 espèces réparties en 48 genres appartenant à 22 familles ont été inventoriées.

Il est apparu aussi à travers cette étude que dans la commune Coubalan la surface terrière, la densité et le taux de recouvrement sont plus élevés dans les forêts. Les valeurs les plus faibles de ces paramètres sont observées au niveau des champs pour la densité et le taux de recouvrement et au niveau des jachères pour la surface terrière.

Les paramètres dendrométriques (hauteur et diamètre du tronc) sont plus importants au niveau des champs et plus faibles au niveau des jachères.

Le stock de carbone au niveau des différents modes d'occupation des sols est apparu plus important au niveau des forêts et plus faibles au niveau des jachères. Le potentiel de séquestration de carbone apparaît fortement corrélé à la densité du peuplement, à la surface terrière et au taux de recouvrement.

Ces résultats permettent d'améliorer l'état des connaissances sur les caractéristiques et le potentiel de séquestration du carbone des écosystèmes forestiers et agroforestiers de la Basse Casamance. Et ce, en vue de la mise en œuvre de stratégies efficaces de la lutte contre le réchauffement climatique. De ce fait, il serait intéressant :

- de reconduire cette étude dans les autres sous-zones agroécologiques de la Casamance ;
- et d'évaluer le stock de carbone séquestré au niveau du sol selon les modes d'occupation du sol.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abani S. Z. J. (2012).** Application des mesures dendrométriques pour l'estimation de la biomasse aérienne dans la forêt secondaire de la Réserve Forestière de Voko (Province de la Tshopo, RD Congo). Mémoire, présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables. Option : Aménagement des écosystèmes forestiers. 46 p.
- Akpo L. E. & Grouzis M. (1996).** Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord-Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia* **50** (2) : 247-263
- Arneith, A., Shin, Y., Leadley, P., Rondinini, C., Bukvareva, E., Kolb, M., Midgley, G.F., Oberdorff, T., Palomo, I. & Saito, O. (2020).** Post-2020 biodiversity targets need to embrace climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **117** (49) 30882-3089.
- Aubreville A. (1950).** Flore forestière soudano-guinéenne. A.O.F.-Cameroun-A.E.F. *Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales. Paris.* 523p.
- Ba M.F. (2015).** Les bois raméaux fragmentés (BRF) de *Guiera senegalensis* J. F. Gmel et de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst dans la fertilisation des sols du bassin arachidier du Sénégal. Thèse de doctorat : Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 1-143.
- Badiane M., Camara B., Ngom D. & Diedhiou M. A. A. (2019).** Perception communautaire des parcs agroforestiers traditionnels à *Faidherbia albida* (Del.) Chev. En Basse Casamance, Sénégal. *Afrique SCIENCE* **15** (1): 214–226.
- Badji A. (2019).** Caractérisation de la flore et de la végétation ligneuses des parcs agroforestiers et importance de l'espèce *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don dans les exploitations agricoles de l'arrondissement de Tenghory (Bignona, Basse Casamance). *Mémoire de master : Université Assane Seck de Ziguinchor.* 68 p.
- Badji M., Sanogo D. & Akpo L.E. (2014).** Dynamique de la végétation ligneuse des espaces sylvo-pastoraux villageois mis en défens dans le Sud du Bassin arachidier au Sénégal. *Bois et Forêt des Tropiques*, **319** (1), 44-52.
- Bakhom C., Ndour B. & Akpo L.E. (2013).** Diversity of woodlands in the groundnut basin of Kaffrine, Senegal. *J. Appl. Biosci.*, **63**, 4674-4688

- Banoïn M. & Guengant J. P. (1998).** « Les systèmes agraires traditionnels nigériens dans l'impasse face à la démographie », in *Floret & Pontanier (éd., 1999)* : pp. 1-14.
- Bationo B.A., Ouedraogo S. J. & Guinko S. (2001).** Longévité des graines et contraintes à la survie des plantules de *Azelia africana* Sm. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso). *Annales des Sciences Forestières*, 58 : 69-75.
- Berhaut J. (1967).** Flore du Sénégal 2e édition. *Édition Clairafrique. Dakar, Sénégal*. 485p.
- Bourgeon, G., Denoni, G., Ganry, F., Prat, C., & Roose, E. (2004).** Influence de l'usage des terres et de la lutte antiérosive sur l'érosion et la séquestration du carbone. *Gestion de la Biomasse, Erosion et Séquestration du Carbone*, Montpellier, 9p.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., & Baumgardner, G. A. (1997).** Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1), 1-11.
- CCNUCC. (1992).** Rapport de la conférence sur le Sommet de la Terre de Rio. Du 3 au 14 juin 1992. New York, 24p.
- CCNUCC. (2007).** *Report of the conference of parties on its thirteenth session, held on Bali, from 3 to 15 December 2007*. Indonesia. 47p.
- Chalifoux S., N. M. (2006).** Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire landsat en hydrogéologie. *Télétection*, 9-17.
- Chalifoux S., Nastev M., Lamontagne C., Latifovic R. & Fernandes R. (2006).** Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire landsat en hydrogéologie. *Télétection*, 6 (1), pp. 9-17.
- Charahabil M. M., Cesar B., Hamadou B., Ndiaye S., & Diatta M. (2018).** Diversité et structure des espaces végétalisés urbains de la ville de Ziguinchor, Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(4), 1650
- Charahabil M. M., Lo M., Bassène E. & Akpo L. E. (2008).** Caractéristiques de la flore et végétation ligneuse des forêts communautaires de la zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Journal des Sciences et Technologies* vol. 6 n° 2 : 72-85.
- Charreau C. & Fauck R. (1967).** Les sols au Sénégal. *Etudes Sénégalaise* 9 : 115-54.

- Coly I. (2021).** Caractérisation de la flore et de la végétation ligneuse et influence de *Pterocarpus erinaceus* poir. et *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br ex G. D sur les rendements de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) dans les parcs agroforestiers du département de Bignona (Basse Casamance, Sénégal). *Thèse de Doctorat : Université Cheikh Anta Diop de Dakar*. 164 p.
- Decourt, N. (1999).** *La forêt dans le monde*. Nancy: Editions l'Harmattan. 192 p.
- Defrance D., Lafitte J. J., Quatrebarbes P. & Truchot C. (2007).** Rapport au Ministre de l'Agriculture et de la Pêche et au Ministre de l'Ecologie, de l'Aménagement et du développement durables sur l'utilisation de terres en jachère CGAAER. N°1581 IGE N° 07/048. 81 p.
- Devineau J. L., Leordier C. & Vattoux R. (1984).** Evolution de la diversité spécifique du peuplement ligneux dans une succession pré-forestière de colonisation d'une savane protégée des feux (Lamto, Côte d'Ivoire). *Conservatoire et jardin botanique de Genève*, 39 (1) : 103-133 p.
- Diallo H. (2022).** Caractéristiques floristiques des espèces ligneuses et estimation du stock de carbone dans les systèmes d'utilisation des terres de la commune de Coumbacara (Kolda, Sénégal). *Mémoire de master : Université Assane Seck de Ziguinchor*. 57 p.
- Diatta E. A., Sambou B., Diop F. N. & Diatta M. (2021).** « Caractérisation du parc agroforestier à *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. Ex G. Don en Basse Casamance (Sénégal) », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, Regards / Terrain, mis en ligne le 01 février 2021, consulté le 21 octobre 2022. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/28668> ; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.28668>
- Diatta T. C. (2019).** Caractérisation de la flore et de la végétation ligneuses des parcs agroforestiers et importance de l'espèce *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. Ex G.Don dans les exploitations agricoles de l'arrondissement de Tendouck (Bignona, Basse Casamance). *Mémoire de Master : Université Assane Seck de Ziguinchor*. 62 p.
- Diatta M. (2015).** Étude du potentiel du stock de carbone d' espèces agroforestières et de leurs traits fonctionnels en lien avec les systèmes d' utilisation des terres au Sénégal. *Thèse de Doctorat en sciences forestières. Université de Laval*. 188 p.

- Diedhiou M. A. A., Faye E., Ngom D., Fall S. (2018).** Caractérisation de la flore et de la végétation ligneuse des terroirs villageois de Keur Birame (Kaffrine) et Saré Yorobana (Kolda) au Sénégal. *European Scientific Journal, ESJ*, **14** (21), 391.
- Djaouga M., Karimou S., Arouna O., Zakari S., Orou M. A., Toko I. I., Yabi I., Djego J., Thomas O. & Houssou C. (2021).** Cartographie de la biomasse forestière et évaluation du carbone séquestré dans la forêt classée de l' Ouémé supérieur au Centre-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **15** (6): 2388-2401, DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.12>
- FAO. (2010).** *Evaluation des ressources forestières mondiales 2010 : Rapport principal. Etude FAO, Forêts N° 163.* Rome, Italie, 348 p.
- FAO. (2016).** Situation des forêts du monde 2016 forêts et agriculture : défis et possibilités concernant l'utilisation des terres. *Comité des forêts*, p. 2.
- FAO. (2020).** La FAO présente l'analyse la plus complète des ressources forestières sous une forme novatrice. *L'actualité mondiale Un regard humain*, p. 1.
- FAO. (2021).** Évaluation des ressources forestières mondiales 2020. *Rapport principal.* Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825fr>
- Floret C. & Pontanier R. (1993).** Recherches sur la dynamique de la végétation des jachères en Afrique tropicale. *Floret, c. & Serpentié, G., La jachère en Afrique de l'Ouest. Éditions de l'ORSTOM, coll. Colloques et Séminaires, Paris : pp. 33-46.*
- Floret C. & Pontanier R. (2001).** De la Jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point de connaissance. La jachères en Afrique tropicale. *Éditions de John Libbey Eurotext, Montrouge.* 358 p.
- Fried G., Chauvel B., & Reboud X. (2008).** Evolution de la flore adventice des champs cultivés au cours des dernières décennies : vers la sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture. *Innovations agronomiques*, **3**, 15-26.
- Frontier S. & Pichod-Viale D. (1995).** Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. *Masson*, 447 p.

- Garrett C. (2022).** « Réchauffement climatique 2022 : causes et conséquences ». [En ligne], mis en ligne le 02 Février 2022, consulté le 12 mars 2022. URL : <https://climate.selectra.com/fr/comprendre/rechauffement-climatique>.
- Glèlè K. R., Salako V. K. & Lykke A. M. (2016).** Techniques d'échantillonnage en étude de végétation. *Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE* : 1-13 (2016) ISSN 1659-5009
- Goudiaby M. (2013).** Les parcs agroforestiers en Basse Casamance : contribution de *Parkia biglobosa* (néré) à la réduction des risques de pauvreté des ménages de la communauté rurale de Mangangoulack, au Sénégal. *Mémoire de maîtrise : Université de Laval, Québec Canada*. 118 p.
- Goussanou C. A., Guendehou S., Assogbadjo A. E. & Sinsin B. (2018).** Application of site specific biomass models to quantify spatial distribution of stocks and historical emissions from deforestation in a tropical forest ecosystem. *Journal of Forestry Research*, 29(1): 205-213. DOI: 10.1007/s11676-017-0411
- Guendehou G. H. S., Lehtonen A., Moudachirou M., Mäkipää R. & Sinsin B. (2012).** Stem biomass and volume models of selected tropical tree species in West Africa. *Southern Forests*, 74(2): 77-88. DOI: 10.2989/20702620.2012.701432
- Gueye S. (2000).** Étude sur les ressources forestières et les plantations du Sénégal, période de 1992-1999. *FAO. Rome, Italie*. 61 p.
- Harmand, J. M., & Njiti, C. F. (1998).** Effets de jachères agroforestières sur les propriétés d'un sol ferrugineux et sur la production céréalière. *Agriculture et développement*. N°18- Juin 1998- 9 p.
- Houeto G., Glele Kakai R., Salako K. V., Assogbadjo A., Fandohan B., Sinsin B. & Palm R. (2013).** Effect of inventory plot patterns in the floristic analysis of tropical woodland and dense forest. *African Journal of Ecology* 52(3) : 257-264.
- Husson J. (2019).** Croissance des arbres et sa variabilité dans les forêts denses humides d'Afrique Centrale – Etude au nord de la République du Congo. *Mémoire de master : Université de Montpellier*. 62 p.
- Ifo S. A. & Binsangou S. M. (2019).** Variabilité spatiale du stock de carbone de la biomasse aérienne de la zone urbaine vers la forêt tropicale dense dans cinq localités de la

- république du Congo. Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Cotonou, Bénin. ffhal-02189395ff. 16p.
- IPCC. (2008).** Rapport : Changement climatique et terres émergées : *rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres.* 7 p.
- IPCC. (2021).** Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32
- Issoufou B., Yameogo J.T., Abdou L., Adam T. & Mahamane A. (2019).** Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux issu de la régénération naturelle assistée (RNA) dans les régions de Maradi et Zinder, Niger. *J. Anim. Plant. Sci.*, 39(2), 6454-6467.
- Jauzein P. (2001).** L'appauvrissement floristique des champs cultivés. Dossier de l'environnement de l'INRA, 21, 65-78.
- Ka A. (2019).** Evaluation du stock de carbone de la végétation ligneuse des principales zones de parcours au Sénégal. *Mémoire de master : Université Assane Seck de Ziguinchor.* 60 p.
- Kaire M., Quedraogo J.S., Sarr B. & Belem M. (2013).** Guide de mesure et de suivi du carbone dans le système sol-végétation des formations forestières et agroforestières des zones sèches en Afrique de l'ouest. Alliance Mondiale contre le changement climatique (AMCC/GCCA). 47 p
- Kergomard C. (2014).** « Changement climatique : certitudes, incertitudes et controverses », *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement* [En ligne], 12 | 2012, mis en ligne le 01 janvier 2014, consulté le 03 août 2022. URL : <http://journals.openedition.org/tem/1424> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/tem.1424>
- Kombate B., Dourma M., Folega F., Woegan A.Y., Wala K. & Akpagana K., (2019).** Structure et potentiel de séquestration de carbone des formations boisées du Plateau Akposso en zone sub-humide au Togo. *Afrique Science* 15 (2) 70 - 79, ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>. 10 p.

- Maiga O. (2000).** « Facteurs socio-démographiques explicatifs de la crise des jachères en zone soudanienne nord au Mali », in *Flor et & Pontanier (éd., 2000) : vol. I*, pp. 52-58.
- Mbow C. (2009).** Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudanaises et Soudano-guinéennes du Sénégal. *Thèse de doctorat : Université Cheikh Anta Diop de Dakar*. 319 p.
- Meehl G.A., Washington W.M., Ammann C.M., Arblaster J.M., Wigley T.M.L. & Tebaldi C. (2004).** Combinations of natural and Anthropogenic Forcings in Twentieth-Century Climate, *J. Clim.*, 17, pp. 3721-3727
- Mercier J. R. (1986).** Un adieu aux arbres. *La découverte* - Paris: ed. Syros : Décifrer l'économie. n°3. 165p
- Monssou, E. O., Vroh, B. T. A., Goné, B. Z. B., Adou, Y. C. Y., & N' Guessan, K. E. (2016).** Evaluation de la diversité et estimation de la biomasse aérienne des arbres du Jardin Botanique de Bingerville (District d' Abidjan, Côte d' Ivoire). *European Scientific Journal* vol.12, n° .6, pp 168-184.
- Moreau R. (1993).** Influence de la mise en culture et de la jachère forestière sur l'évolution des sols forestiers tropicaux. *La jachère en Afrique de l'Ouest*, 245-256.
- Mori S., Boom B., De Carvalino A. & Dos Santos T. (1983).** Southern Bahia moist forest. *Bot. Rev.* 49(2): 155-232.
- N'guessan K. E., Ouattara D., Tiebre M. S., Vroh B. T. A., Kpangui K. B. & Assi Y. J. (2015).** Evaluation des services écosystemiques de la Réserve forestière Depka du site minier de AGO (Hiré, Côte d' Ivoire). Rapport provisoire. 14 p.
- Ngom D., Camara B., Gomis Z. D. & Sagna B. (2018).** Cortège floristique, paramètres structuraux et indicateurs d'anthropisation des parcs agroforestiers à *Elaeis guineensis* Jacq. en Basse Casamance, Sénégal. *Journal of animal and plant sciences*. **36** (3): 5919-5932.
- Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S. & Akpo L.E. (2013).** Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences* **65** :5008 – 5023.

- Nkarnleu G. B., Kamajou E. & Gockowski J. (2000).** « La pratique de la jachère en Afrique tropicale : Caractérisation comparée au Nigeria et au Cameroun », in *Floret & Pontanier (éd., 2000) : vol. 1*, pp. 1-5.
- Noble F. (2020).** Government set to revise total number of hectares destroyed during bushfire season to 17 million. Récupéré sur 9news:
<https://www.9news.com.au/national/australian-bushfires-17-million-hectares-burnt-more-than-previously-thought/b8249781-5c86-4167-b191-b9f628bdd164>
- Odiwe A.I., Adewulm R.A., Alimi A.A., & Ogunsanwo O. (2012).** Carbon stock in topsoil, stanging, floor litter and above ground biomass in *Tectona grandis* plantation 10-years after establishment in Ile-Ife, Southwestern Nigéria. *Int. J. Biol Chem. Sci.* 6(6), 3006-3016.
- Ouedraogo O., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K. & Guinko S. (2008).** Diversité et structure des groupements ligneux du parc national d'Arly (Est du Burkina Faso). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 11: 5–16.
- Owusu S., Anglaaere C.N. & Abugre S. (2018).** Aboveground Biomass and Carbon content of a cocoa *Gliricida sepium* agroforestry system in Ghana. *Ghana Jnl. Agric. Sci.* 53, 45-60.
- Ramade F. (2003).** Eléments d'Écologie : Écologie fondamentale. *Dunod, Paris*, 3ème édition. 690p
- Roudart L. & Mazoyer M. (2010).** Les agricultures familiales en souffrance d'accès aux ressources. *Monde en développement*. 2010-3. N°151. 7-8
- Sagna P. (2005).** Dynamique du Climat et son évolution récente dans la partie Ouest de l'Afrique occidentale. Thèse de Doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 786 p.
- Saha F. (2019).** Adaptation aux risques naturels et incertitudes climatiques en milieu soudano sahélien au Cameroun. *NAAJ*.
- Salako V. K., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A. E., Fandohan B., Houinato M. & Palm R. (2013).** Efficiency of inventory plots patterns in the quantitative analysis of vegetation: case study of tropical woodland and dense forest in Benin. *Southern forests* 75 (3) : pp. 137-143

- Sambou A. (2019).** Cours de Sylviculture appliquée. Introduction. Université Assane Seck de Ziguinchor. *Département Agroforesterie (Année 2019-2020)*.
- Sarr O., Diatta S., Gueye M., Ndiaye P. M., Guisse A. & Akpo L.E. (2013a).** Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'ouest). *Revue Méd. Vét.*, 164 (1), 2-8.
- Sarr O., Ngom D., Bakhoum A., & Akpo L. E. (2013b).** Dynamique du peuplement ligneux 136 dans un parcours agrosylvopastoral du Sénégal. *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 13 (2), 2-16
- Sebillotte M. (1991).** “La jachère : Éléments pour une théorie”, *La jachère en Afrique de l'Ouest, coll.Colloque et séminaires, Paris, Orstom : pp. 89-111*.
- Seck F. (2018).** Evaluation du carbone au Sénégal à partir de l'imagerie satellitaire (2000 à 2015). Mémoire de Master : Université Assane Seck de Ziguinchor, 48p.
- Sigaut E. (1993).** « La jachère dans les agricultures pré contemporaines de l'Europe », *La jachère en Afrique de l'Ouest, Orstom : pp. 113-123*
- Soltner D. (2011).** Les bases de la production végétale, tome 2 : Le climat. 11ème ed. Paris : *Edition Terran, 352 p. (collection : Sciences et Techniques Agricoles)*.
- Soumare S., Fall A., Andrieu J., Marega O. & Dieme B. E. A. (2020).** "Dynamique spatio temporelle de la mangrove de Kafountine dans l'estuaire de la Basse-Casamance des années 1972 à nos jours : Approche par télédétection." *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 10(9), 2020, pp. 01-14.
- Thiombiano, A., Glélé, K. R., Bayen, P., Boussim, J. I., & Mahamane, A. (2016).** Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'Ouest : État des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques*, 20, 15-31.
- Thiombiano D. N. E., Lamien N., Dibong S. D. & Boussim., (2010).** Etat des peuplements des espèces ligneuses de soudure des communes rurales de Pobé-Mengao et de Nobéré (Burkina Faso). *Journal of Animal & Plant Sciences* 9 (1): 1104–1116
- Tiokeng B., Mapongmetsem P. M., Nguetsop V. F., & Walter Ndam Tacham W. N., (2015).** Biodiversité floristique et régénération naturelle sur les Hautes Terre de Lebialem (Ouest Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(1) : 56-68

Tsoumou B., Lumandé K., Kampé K., Nzila J., (2016). Estimation de la quantité de Carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika (Sud-ouest de la République du Congo). *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, **6**, 39, 45. 7 p.

UIFRO (2022). Revue internationale des forêts et des industries forestières. *Unasylva* 209. Vol. 53. 2002/2. 76p.

Wague D. (2016). Caractérisation de la végétation ligneuse et évaluation du stock de carbone selon un gradient pluviométrique dans le bassin arachidier (Sénégal). 65p.

Zanne A., Lopez-Gonzalez G., Coomes D., Ilic J., Jansen S., Lewis S., Miller R., Swenson N., Wiemann M. & Chave J. (2009). Global Wood Density Database. Dryad Digital Repository.

Zhao M., Kong Z., Escobedo F. J. & Gao J. (2010). “Impacts of urban forests on offsetting carbon emissions from industrial energy use in Hangzhou, China”, *Journal of Environmental Management*, vol. 91, n°4, p. 807-813.
