

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT D'AGROFORESTERIE

Mémoire Master

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

Dynamique de la végétation ligneuse, régénération après coupes et séquestration de carbone de *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. et de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hostch. dans le terroir villageois de Keur Madieng (Bassin arachidier, Sénégal).

Présenté par :

Aïssatou DIAO

Sous la Supervision de **Dr Daouda NGOM**, Maîtres de conférences (UCAD)

Encadreurs : **Dr Ismaïla COLY**, Maître-Assistant (UASZ)

Dr Tamsir MBAYE, Chargé de Recherches (ISRA/CNRF)

Dr Marième FALL BA, Chargée de Recherches (ISRA/CNRF)

Soutenu publiquement le **04/07/2020** devant le jury composé de :

Président :	M. Mohamed. M. CHARAHABIL	Maître de conférences	UASZ/UFR-ST
Membres :	M. Ismaïla COLY	Maître Assistant	UASZ/UFR-ST
	M. Tamsir MBAYE	Chargé de Recherches	ISRA/CNRF
	Mme Marième FALL BA	Chargée de Recherches	ISRA/CNRF
	M. Ousmane NDIAYE	Maître Assistant	UASZ/UFR-ST
	M. Mayécour DIOUF	Chargé de Recherches	ISRA/CRA Djibélor
	M. Daouda NGOM	Maître de Conférences	UCAD/BV

Année universitaire 2019-2020

DEDICACES

Du fond de mon cœur, je dédie ce modeste travail :

A mon très cher père, que le Tout Miséricordieux vous comble de sa miséricorde.

A ma très chère mère, que ce modeste travail soit le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le Très Haut vous accorde santé, bonheur et longue vie.

A mes chers frères Elhadji Malick, Alioune, Cheikh Tidiane, Alioune Badara et mes chères sœurs Amy, Ndeye Coumba, Ndeye Siny, Coumba pour leur appui, prière, encouragement permanent et soutien moral.

A mes adorables neveux Fallou et Pape Abdoulaye, ma nièce Fatou qui savent toujours comment me procurer de la joie et du bonheur.

A toute ma famille, pour tout leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études. Que ce travail soit le fruit de votre soutien infaillible.

A tous mes chers amis.

A mon camarade de classe feu Saloum DIAGNE, mon tuteur, qui a guidé mes premiers pas à l'Université, tu as toujours été là pour moi. Que le Tout Miséricordieux te comble de sa miséricorde.

REMERCIEMENTS

« Alhamdoulillah », je rends grâce au Tout Puissant qui m'a donné la force, la santé et le courage de réaliser cette étude. Paix et salut sur notre bien aimé Prophète Mouhammad.

Je ne trouve pas les mots pour exprimer ma reconnaissance envers mon encadreur répondant à l'UASZ, Dr Ismaïla COLY, Enseignant-chercheur au département d'Agroforesterie de l'Université Assane SECK de Ziguinchor (UASZ). Je tiens à le remercier vivement pour la confiance qu'il m'a renouvelée après le mémoire de licence qu'il a accepté d'encadrer. Ses conseils, sa disponibilité et sa rigueur ont pleinement contribué à l'aboutissement et à la qualité de ce travail.

Je remercie chaleureusement mon maître de stage Dr Tamsir MBAYE, Chargé de recherches au CNRF, qui a encadré ce travail et m'a accompagné tout au long de cette expérience avec beaucoup de patience et de pédagogie. Sa rigueur scientifique, sa disponibilité et son dévouement ont été d'un apport grandiose pour la réussite de ce travail.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de Dr Marième Fall BA, Chargée de recherche au CNRF, pour avoir relu et corrigé ce mémoire ; Dr Dioumacor FALL, chargé de recherche au CNRA de Bambey, pour sa rigueur scientifique, sa disponibilité et sa pédagogie. Nos précieuses échanges ont beaucoup contribué à la qualité de ce mémoire.

Je remercie Dr Diaminatou SANOGO, Directrice du CNRF, pour m'avoir accueilli au sein de son service mais aussi toute l'équipe du CNRF.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de tous les professeurs du département d'Agroforesterie Pr Mohammed CHARAHABIL, Pr Daouda NGOM, Dr Ngor NDOUR, Dr Siré DIEDHIOU, Dr Ousmane NDIAYE, Dr Djibril SARR, Dr Antoine SAMBOU, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar CAMARA, Dr Djibril SANE, Dr Joseph Saturnin DIEME mais aussi tous les nouveaux docteurs pour leur disponibilité et la qualité de l'enseignement qu'ils m'ont prodigué.

Je remercie l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail. Qu'ils trouvent ici ma sincère reconnaissance.

Je voudrais aussi exprimer ma reconnaissance à Ababacar NDIAYE, Mouhammadou M. DIAW et Cheikh DIOUF mais aussi à tous mes collègues stagiaires, Mariétou, Aminata et Anna pour m'avoir accompagné sur le terrain, mais aussi pour leur soutien moral et intellectuel.

Je remercie vivement toute la population de Keur Madieng à travers Monsieur Modou GUEYE dit Kairé et sa famille qui nous ont bien accueillis lors des travaux de terrain.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	VI
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
RESUME	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1. DYNAMIQUE DE LA VEGETATION LIGNEUSE.....	3
1.2. SEQUESTRATION DU CARBONE.....	3
1.3. EQUATIONS ALLOMETRIQUES	4
1.4. PRESENTATION DE <i>GUIERA SENEGALENSIS</i>	6
1.4.1. Systématique et caractéristiques botaniques	6
1.4.2. Physiologie.....	6
1.4.3. Ecologie et distribution	7
1.5. PRESENTATION DE <i>PILIOSTIGMA RETICULATUM</i>	8
1.5.1. Systématique et caractéristiques botaniques	8
1.5.2. Physiologie.....	9
1.5.3. Ecologie et distribution	9
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	11
2.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	11
2.1.1. Situation géographique et administrative.....	11
2.1.2. Climat.....	11
2.1.3. Végétation	13
2.1.4. Sols.....	13
2.1.5. Activités socio-économiques	13
2.2. METHODES UTILISEES	14
2.2.1. Dispositif expérimental	14

2.2.2. Evaluation des paramètres de diversité.....	15
2.2.3. Evaluation des paramètres structuraux.....	17
2.2.4. Degré d’anthropisation.....	17
2.2.5. Analyse en Composantes Principales (ACP)	18
2.2.6. Calcul de la biomasse produite	18
2.2.7. Calcul du stock de carbone	18
2.2.8. Elaboration de modèles allométriques	18
2.2.9. Traitement et analyse des données.....	19
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	20
3.1. RESULTATS	20
3.1.1. Etat de la flore ligneuse en 2019.....	20
3.1.1.1. Composition floristique de la végétation ligneuse	20
3.1.1.2. Abondance relative des espèces	21
3.1.2. Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse en 2019	22
3.1.2.1. Densité	22
3.1.2.1.1. Densité de la végétation ligneuse dans le terroir et dans les types de champs.....	22
3.1.2.1.2. Densité de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i> dans le terroir et dans les différents types de champs	22
3.1.2.2. Taux de couverture de la végétation	23
3.1.2.3. Diversité spécifique de la végétation ligneuse	24
3.1.3. Structure verticale de la végétation ligneuse.....	24
3.1.3.1. Structure verticale suivant les types de champs	24
3.1.3.2. Structure verticale de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i> suivant les types de champs	25
3.1.4. Caractéristiques dendrométriques de la végétation ligneuse du terroir.....	26
3.1.4.1. Caractéristiques dendrométriques du peuplement ligneux selon les types de champs	26
3.1.4.2. Caractéristiques dendrométriques de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i> dans le terroir et suivant les types de champs	27
3.1.5. Taux d’anthropisation	28
3.1.6. Descriptif de la végétation ligneuse suivant les types de champs dans le terroir.....	30
3.1.7. Dynamique de la végétation ligneuse de 2016 à 2019.....	31
3.1.7.1. Dynamique de la flore.....	31
3.1.7.1.1. Evolution de la diversité floristique	31
3.1.7.1.2. Evolution de l’abondance des espèces de 2016 à 2019.....	33

3.1.7.2. Evolution des paramètres de diversité de 2016 à 2019	34
3.1.7.3. Evolution de la densité du peuplement ligneux de 2016 à 2019	35
3.1.7.3.1. Evolution au niveau du terroir et suivant les types de champs	35
3.1.7.3.2. Evolution de la densité de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i> dans le terroir et dans les types de champs.....	37
3.1.7.4. Evolution du taux d’anthropisation des ligneux suivant les types de champs de 2016 à 2019	37
3.1.8. Effet de la coupe sur la capacité de régénération de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i> dans le terroir et suivant les types de champs	38
3.1.8.1. Dans le terroir.....	38
3.1.8.2. Suivant les types de champs.....	39
3.1.9. Effet de la coupe sur la production de biomasse de <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> au niveau du terroir et des types de champs	40
3.1.9.1. Au niveau du terroir	40
3.1.9.2. Suivant les types de champs.....	41
3.1.10. Effet de la coupe sur le potentiel de stockage de carbone aérien des espèces <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> dans le terroir de Keur Madieng.....	42
3.1.11. Modèle allométrique pour <i>G. senegalensis</i>	43
3.2. DISCUSSION.....	46
3.2.1. Caractérisation de la végétation	46
3.2.1.1. Composition et diversité floristique du terroir de Keur Madieng	46
3.2.1.2. Caractéristiques structurales de la végétation	47
3.2.2. Degré d’anthropisation en 2019	48
3.2.3. Dynamique de la végétation ligneuse de 2016 à 2019	49
3.2.4. Effet de la coupe sur la capacité de régénération	49
3.2.5. Effet de la coupe sur la production de biomasse et le potentiel de stockage de carbone	50
3.2.6. Modèle allométrique de <i>Guiera senegalensis</i>	51
CONCLUSION	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	54

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AIC : Critère d'Information d'Akaike

ANACIM : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

ANOVA : Analyze Of Variances

BA : Bassin arachidier

BRF : Bois Raméaux Fragmentés

C/ha : Carbone à l'hectare

CB : Champs de Brousse

CC : Champs de Case

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques

CNRF : Centre National de Recherches Forestières

CRA : Centre de Recherches Agricoles

CV : Champs de Village

DBH : Diameter at Breast Height (diameter à hauteur de poitrine)

Dbr : Diamètre à la base des brins

Dmh : Diamètre moyen du houppier

E : Indice d'équitabilité de Pielou

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

GPS : Global Positioning System

H : Hauteur

H' : Indice de Shannon-Weaver

HEASAHHEL : Household Economy Approach Sahel

HSD : Honestly Significant Difference

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

Lb : Longueur des brins

Long : Longueur

MDP : Mécanismes de Développement Propre

Ms/ha : Matière sèche à l'hectare

Nbr : Nombre de brins

NEPAD : New Partnership for Africa's Development

PDC-Ndiago : Plan de Développement Communal de Ndiago

PNDL : Plan National de Développement Local

r : Coefficient de corrélation

R² : Coefficient de détermination

REDD+ : Réduction des Emissions de gaz à effet de Serre résultant de la Déforestation et de la Dégradation des forêts

S : Diversité spécifique

UASZ : Université Assane Seck de Ziguinchor

UCAD : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

WAAPP-CNS-BRF : West African Agricultural Productivity Program-Centre National de Spécialisation-Bois Raméaux Fragmentés

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : composition floristique de la zone d'étude en 2019	20
Tableau 2 : variation des paramètres structuraux de la végétation ligneuse suivant les types de champs	22
Tableau 3 : densité observée (individus/ha) de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i> dans le terroir et suivant les différents types de champs (CC, CV, CB)	23
Tableau 4 : variation du taux de couverture (%) de <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> dans le terroir et suivant les types de champs	24
Tableau 5 : variation des paramètres dendrométriques de la végétation ligneuse selon les types de champs	26
Tableau 6 : paramètres dendrométriques de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i>	27
Tableau 7 : proportion d'individus (%) affectés par l'anthropisation suivant l'espèce et le type de champs	29
Tableau 8 : matrice de corrélation des paramètres étudiés de la végétation ligneuse de la zone d'étude.....	31
Tableau 9 : liste des espèces ligneuses présentes dans les types de champs en 2016 et 2019	32
Tableau 10 : évolution de l'effectif des différents taxons (familles, genres et espèces) suivant les types de champs de 2016 à 2019.....	33
Tableau 11 : dynamique des indices de diversité de la végétation ligneuse de 2016 à 2019 suivant les types de champs.....	35
Tableau 12 : évolution de la densité du peuplement ligneux au niveau du terroir et suivant les types de champs de 2016 à 2019.....	36
Tableau 13 : évolution de la densité des espèces <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> dans le terroir et dans les différents types de champs de 2016 à 2019.....	37
Tableau 14 : nombre moyen de brins par souche chez <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> dans le terroir en 2016, 2017, 2019.....	39
Tableau 15 : biomasse de <i>G. senegalensis</i> et de <i>P. reticulatum</i> dans les différents types de champs (CC, CV, CB) et suivant les années (2016, 2017 et 2019)	42
Tableau 16 : quantité moyenne de carbone stockée par espèces <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> dans le terroir en 2016, 2017 et 2019.....	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : carte de localisation du terroir villageois de Keur Madieng	11
Figure 2 : variation de la pluviométrie de la région de Kaolack de 1988 à 2018	12
Figure 3 : diagramme ombrothermique de la région de Kaolack de 1988 à 2018.....	12
Figure 4 : schéma du plan d'échantillonnage	14
Figure 5 : abondance relative des espèces dans les champs de case (a), de village (b) et de brousse (c) en 2019	21
Figure 6 : distribution des individus du peuplement par classes de hauteur selon les différents types de champs	25
Figure 7 : structure verticale de <i>G. senegalensis</i> (a) et de <i>P. reticulatum</i> (b) dans les différents types de champs	26
Figure 8 : degré d'anthropisation suivant les types de champs (CC, CV et CB).....	28
Figure 9 : caractéristiques générales de la végétation ligneuse dans les différents types de champs	30
Figure 10 : abondance relative des espèces suivant les types de champs en 2016 (CC : (a), CV : (b) et CB : (c)) et en 2019 (CC : (a'), CV : (b') et CB : (c'))	34
Figure 11 : densité moyenne observée des individus dans le terroir en 2016 et en 2019.....	36
Figure 12 : taux d'anthropisation des différents types de champs en 2016 et 2019.....	38
Figure 13 : nombre moyen de brins par souche chez <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> suivant les types de champs et les années de coupe.....	40
Figure 14 : biomasse produite par <i>G. senegalensis</i> et <i>P. reticulatum</i> dans le terroir suivant les années (2016, 2017 et 2019)	41
Figure 15 : corrélation entre la biomasse/nombre de brins (a) et entre biomasse/diamètre moyen houppier (b).....	44
Figure 16 : corrélation entre la biomasse aérienne estimée par le modèle et la biomasse réelle évaluée	45

RESUME

Les sols du Bassin arachidier connaissent une baisse de fertilité avec comme corollaire celle de la production agricole. Pour y remédier, *Guiera senegalensis* et *Piliostigma reticulatum* en raison de leur pouvoir régénératif élevé, ont été choisies comme une source de matière organique pour fournir du Bois Raméaux Fragmentés (BRF) utilisés pour le relèvement de la fertilité des champs. C'est dans ce contexte que cette étude s'est fixée comme objectif de contribuer à une meilleure gestion et valorisation des ressources ligneuses utilisées comme Bois Raméaux Fragmentés dans le terroir de Keur Madieng. Pour ce faire, un inventaire de la flore ligneuse a été effectué, sur des placettes circulaires de 2500 m², en 2016 et 2019 à travers un échantillonnage stratifié sur la base des types de champs (champs de case, champs de village et champs de brousse). Dans chaque placette, après l'inventaire intégral, 5% des individus de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* ont été géoréférencés et pris comme échantillon pour l'évaluation de la biomasse produite, de la capacité de régénération et de la quantité de carbone stockée. Les résultats de l'étude indiquent qu'il existe une faible variation de la diversité entre 2016 (12 espèces, 11 genres et 08 familles) et 2019 (14 espèces, 13 genres et 06 familles) dans le terroir. *G. senegalensis* est l'espèce dominante dans le terroir avec 90% des individus. En revanche, *P. reticulatum* est faiblement représenté (05%). La densité moyenne du peuplement ligneux en 2016 ($670 \pm 403,87$ individus/ha) est significativement plus importante qu'en 2019 ($312 \pm 193,97$ individus/ha) avec $p < 0,05$. Chez *G. senegalensis*, dans les types de champs comme à l'échelle du terroir, la première année de coupe (2016) a influencé positivement la capacité de régénération en 2017 ($23,62 \pm 4,99$ brins/souche) tandis que la deuxième coupe (2017) l'a influencé négativement en 2019 ($17,57 \pm 6,29$). Comparée à *G. senegalensis*, la biomasse produite par *P. reticulatum* est très faible avec $10,64 \pm 13,6$ kg Ms/ha en 2016, $12,13 \pm 16,50$ kg Ms/ha en 2017 et $16,25 \pm 16,79$ kg Ms/ha en 2019. Dans le terroir, le potentiel de séquestration de carbone des deux espèces confondues est en moyenne de $31,31 \pm 13,47$ kg C/ha en 2016, de $40,04 \pm 19,56$ kg C/ha en 2017 et $28,17 \pm 14,6$ kg C/ha 2019. La coupe n'a donc pas influé significativement sur le potentiel de séquestration du carbone ($p > 0,05$) dans le terroir.

Mots-clés : Dynamique, végétation ligneuse, régénération, Bois Raméaux Fragmentés, séquestration du carbone, *G. senegalensis*, *P. reticulatum*, Keur Madieng.

ABSTRACT

The Groundnut Basin's soils are experiencing a decline in fertility with a consequent drop in agricultural production. As a result, *Guiera senegalensis* and *Piliostigma reticulatum*, due to their high regenerative power, have been chosen as a source of organic matter to provide Ramial Chipped Wood (RCW) used to raise field fertility. It is in this context that this study set itself the objective of contributing to a better management and valorization of wood resources used as fragmented ramial wood in Keur Madieng. To this end, an inventory of woody vegetation has been carried out in 2016 and 2019 through stratified sampling based on field types (hut fields, village fields and bush fields). Following the transects (East, West, North, and South), a circular plot of 2500 m² was installed on each field type, i.e., a total of 12 plots. In each plot, after the inventory, 5% of species (*G. senegalensis* and *P. reticulatum*) were georeferenced and taken as a sample for the evaluation of the biomass produced, the regeneration capacity and the amount of carbon stored. The results of the study indicate that there is little variation in diversity between 2016 (12 species, 11 genera and 08 families) and 2019 (14 species, 13 genera and 06 families) in the terroir. *G. senegalensis* is the dominant species in the terroir with 90% of the vegetation. On the other hand, *P. reticulatum* is poorly represented (05%). The average density of the woody stand in 2016 (670±403.87 individuals/ha) is significantly higher than in 2019 (312±193.97 individuals/ha) with $p < 0.05$. In *G. senegalensis*, in both field types and at the terroir level, the first year of cutting (2016) positively influenced regeneration capacity in 2017 (23.62±4.99 individuals/stump) while the second year of cutting (2017) negatively influenced it in 2019 (17.57±6.29). Compared to *G. senegalensis*, the biomass produced by *P. reticulatum* is very low with 10.64±13.6 kg DM/ha in 2016, 12.13±16.50 kg DM/ha in 2017 and 16.25±16.79 kg DM/ha in 2019. In the terroir, the carbon sequestration potential of the two species *G. senegalensis* and *P. reticulatum* combined is on average 31.31±13.47 kg C/ha in 2016, 40.04±19.56 kg C/ha in 2017 and 28.17±14.6 kg C/ha in 2019. Cutting therefore did not significantly affect the carbon sequestration potential ($p > 0.05$) in the terroir.

Keywords: Dynamic, woody vegetation, regeneration, Ramial Chipped Wood, carbon sequestration, *G. senegalensis*, *P. reticulatum*, Keur Madieng.

INTRODUCTION

La baisse de la fertilité des sols a entraîné une baisse de la production agricole au Sahel (Descroix et Diedhiou, 2012) et en Afrique de l'Ouest (Wezel et Rath, 2002) mais aussi une insécurité alimentaire (Sarr et *al.*, 2014). Cette baisse de la fertilité se manifeste aussi par une faible diversité floristique (Diatta et Maty, 1990 ; Fall, 2016). Au Sénégal, l'action néfaste de l'homme sur la nature a mené à un déséquilibre des écosystèmes et à l'abandon de la pratique de la jachère (Faye et *al.*, 2013), ce qui a davantage accentué les problèmes de dégradation des sols. Ainsi, dans le Bassin arachidier (BA), zone à vocation agricole (NEPAD, 2006), les sols sont sujets depuis 1968 à une dégradation (Roose, 1985) sous l'effet combiné de la péjoration climatique et de la pression anthropique (Sarr et *al.*, 2014). Cette dégradation s'est traduite par une dénudation des sols (Roquet, 2008).

Face à ce problème, l'apport de matières organiques au sol fait partie des moyens efficaces pour restaurer la fertilité des sols dans le Sahel (Bogie et *al.*, 2018). Dans le BA la technologie des bois raméaux fragmentés (BRF) constitue un moyen alternatif efficace pour la restauration de la fertilité des sols. En effet, lors de la préparation des champs, certaines espèces dont *Guiera senegalensis* J.F. Gmel et *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. sont coupées, mises en tas et brûlées sur place (Lufafa, 2005). Par contre, avec l'adoption de la technologie des BRF, après coupes, les branches et rameaux de moins de 7 cm de diamètre des arbres et arbustes sont fragmentés puis retournés au sol comme amendement organique (Lemieux, 1986 ; Ba, 2015). De ce fait, certaines espèces végétales comme *G. senegalensis* et *P. reticulatum* du fait de leur pouvoir régénératif élevé et de leur capacité adaptative (Arbonnier, 2019) ont été choisies comme une source importante de matière organique pour fournir du BRF. Les BRF de ces espèces contribuent fortement à rehausser le niveau de fertilité des sols (Ba, 2015). Au Sénégal, d'après Sall et *al.* (2015), le sol amendé avec les résidus de *P. reticulatum* est moins affecté par la salinité que le sol non amendé. De plus, les BRF stimulent le développement de la microfaune terrestre (Zongo, 2009) et améliorent donc les propriétés chimiques et les potentialités productives du sol. De ce fait, une gestion rationnelle de la végétation ligneuse permettrait de mieux profiter de ses multiples services notamment celui de la fourniture en BRF.

La question fondamentale de cette recherche s'articule ainsi autour de la connaissance de la dynamique de la végétation ligneuse du terroir villageois de Keur Madieng et du potentiel de

production de biomasse et de séquestration de carbone des deux espèces (*G. senegalensis* et *P. reticulatum*) dans l'optique d'une meilleure gestion de ces espèces utilisées comme BRF. Pour une meilleure utilisation de ces espèces, il demeure indispensable de connaître l'impact de cette technologie sur leur capacité régénérative, leur production de biomasse et leur potentiel de séquestration du carbone. C'est dans cette optique que s'inscrit cette étude faite dans le cadre du projet *WAAPP-CNS-BRF* intitulé « Amélioration du rendement de céréales sèches par l'utilisation d'amendements organiques dans les terres dégradées du Bassin arachidier du Sénégal ».

L'objectif général de cette étude est de contribuer à une meilleure gestion et valorisation des ressources ligneuses utilisées comme BRF dans le Bassin arachidier. Plus spécifiquement, ce travail devrait permettre dans le terroir villageois de Keur Madieng :

- ✎ de connaître la dynamique de la végétation ligneuse entre 2016 et 2019 ;
- ✎ d'évaluer l'effet des coupes des souches de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* sur leur capacité de régénération et de production de biomasse ;
- ✎ de déterminer le potentiel de séquestration des souches de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* dans le terroir ;
- ✎ de développer un modèle allométrique spécifique pour *G. senegalensis*.

Le mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier présente la synthèse bibliographique, le deuxième décrit le matériel et les méthodes utilisés et le dernier présente les résultats et leur discussion. Enfin, nous concluons et dégagerons quelques perspectives pour les recherches ultérieures.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Dynamique de la végétation ligneuse

Les années de sécheresse, corrélées à une forte pression démographique, ont engendré une dégradation de la végétation des zones sahéniennes et soudaniennes en Afrique (Faye et *al.*, 2014). Au Sénégal, dans la région de Kaffrine, de la sécheresse de 1973 à aujourd'hui, les espèces végétales ont évolué de façon régressive (Sarr et *al.*, 2013a). Les causes de cette régression du couvert ligneux demeurent les facteurs climatiques et anthropiques. En effet, dans le Bassin arachidier, la forte croissance démographique avec pour corollaire la forte pression sur les ressources, combinée à la monoculture arachidière et la péjoration climatique ont accéléré la dégradation de ce couvert ligneux (Gueye, 2000 ; Sambou, 2004 ; Faye, 2010). Cette dégradation affecte tous les domaines agroécologiques (Manzo et *al.*, 2017) entraînant une perte de biodiversité et des modifications de la végétation (Sarr et *al.*, 2013a ; Badji et *al.*, 2014).

Par ailleurs, l'expansion des terres agricoles et des zones d'habitation, ont causé une fragilisation des écosystèmes et une dynamique régressive du couvert ligneux au niveau du Bassin arachidier (Faye et *al.*, 2014). En effet, cette tendance évolutive du couvert ligneux est observée dans le sud du bassin arachidier où les parcs à *C. pinnata* connaissent une dynamique régressive entre 1970 et 2012 (Diatta, et *al.*, 2016). Cette situation est de plus en plus accentuée par les prélèvements des ressources forestières pour divers besoins (Faye, 2010).

En outre, cette dynamique régressive du couvert végétale a entraîné une sélection d'espèces. En effet, des taxons qui étaient rares autrefois sont devenus fréquentes, surtout ceux appartenant à la famille des Combretaceae (*Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Anogeissus leiocarpus*, etc) (Sarr et *al.*, 2013a). Ce qui peut mener à une homogénéisation rapide des formations végétales savaniques avec au nord du domaine soudanien une dominance des épineux et au sud celle des Combretaceae (Faye et *al.*, 2014).

1.2. Séquestration du carbone

En 1997, pour faire face aux conséquences du réchauffement de la planète, dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, plusieurs pays ont signé le traité international du protocole de Kyoto. Ce traité qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre, est entré en vigueur en 2005. Ainsi, des mécanismes de Développement Propre

(MDP), tel que le mécanisme de Réduction des Emissions de gaz à effet de Serre résultant de la Déforestation et de la Dégradation des forêts (REDD+), ont été établis.

Dans l'atmosphère, la concentration élevée de dioxyde de carbone (CO₂) contribue fortement au réchauffement de la planète. Par conséquent, il est essentiel de réduire les émissions de gaz à effet de serre de tous les secteurs pour maintenir le réchauffement mondial bien en dessous de 2 °C si ce n'est à 1,5 °C (IPCC, 2019). Lors des négociations internationales dans le cadre du mécanisme de REDD+, trouver des stratégies durables pour, à la fois conserver la biodiversité et les stocks de carbone (Day et *al.*, 2013) demeurent les points clés. La gestion de la forêt comme un réservoir de carbone est devenue une pratique environnementale qui a pour objectif la protection des ressources biologique, du sol, de l'eau et de l'air (Odiwe et *al.*, 2012).

La séquestration du carbone consiste à capturer le CO₂ de l'atmosphère et à le stocker dans des réservoirs pour une longue durée de vie (CCNUCC, 2007). Ainsi, les forêts du monde renferment plus de 650 milliards de tonnes de carbone, 44% dans la biomasse, 11% dans le bois mort et la litière et 45% dans le sol (FAO, 2010). La conservation du carbone dans les forêts existantes, ou du moins la réduction du rythme de libération de CO₂ peut réduire de façon significative les émissions du gaz à effet de serre. La réduction du dioxyde de carbone par les arbres est une importante activité écosystémique (Kooke et *al.*, 2019). Les plantes utilisent via la photosynthèse le CO₂, et le transforment en divers composés organiques constituant du matériel végétal, contribuant ainsi à la réduction du CO₂ dans l'atmosphère (Mbow, 2009). C'est donc grâce à la photosynthèse (Campagna, 1996) que l'arbre peut exercer sa fonction de puits de carbone (Owusu et *al.*, 2018). Évaluer le stockage et/ou la séquestration de carbone dans un écosystème implique toutefois une meilleure connaissance de ses puits et flux de carbone (Diatta, 2015).

1.3. Equations allométriques

L'estimation de la biomasse est un pas obligatoire pour déterminer les stocks de carbone dans une formation végétale. La quantification de la biomasse peut être faite à travers la méthode directe ou indirecte (Picard et *al.*, 2012 ; Balima, 2019) :

- Méthode directe ou « destructive » : elle consiste à couper et à peser l'ensemble des compartiments de l'arbre. Elle est difficile, non souhaitable voire interdite avec un coût en temps et en main d'œuvre irréaliste.

- Méthode indirecte ou « non destructive » : elle consiste à utiliser la relation entre des paramètres facilement mesurables comme le diamètre du tronc des arbres et la biomasse ; elle est plus accessible.

L'allométrie est une vieille technique forestière et constitue les premiers types de modèles statistiques permettant de générer des informations quantitatives sans détruire à posteriori les individus. Les modèles allométriques consistent à établir des relations mathématiques entre des paramètres dendrométriques facilement mesurables et la masse totale (Mbow, 2009). Ils permettent de prédire la biomasse, une caractéristique importante de l'écosystème forestier (FAO, 2010). C'est ainsi qu'il demeure important d'élaborer des équations allométriques qui, à partir d'une simple mesure des paramètres dendrométriques, permettront d'estimer la biomasse (Manzo et al., 2015). Cependant, l'approche allométrique est en perpétuelle raffinement, mais le fondement statistique est le même ; partir des mesures de l'arbre pour en déduire sa masse (Mbow, 2009). La variation concerne entre autres la méthode d'échantillonnage permettant de choisir les individus à inclure dans le modèle en tenant compte de la distribution spatiale, de la taille des sujets et des espèces (Mbow, 2009).

Une autre approche concerne la modélisation spatiale qui permet à travers une recherche de corrélations entre variables dendrométriques évaluées sur le terrain et estimateurs de ces variables avec des données spatiales (Mbow, 2009) d'estimer la biomasse. Ainsi, Lufafa et al. (2008a) ont adopté cette méthode en convertissant les signatures spectrales des images Haute ou Moyenne Résolution en taux de couverture du sol et le taux de couverture en biomasse. Cependant, elle présente des limites liées aux erreurs additionnelles issues des biais des indices utilisés : erreurs de conversion en taux de couverture ou densité de la végétation, et erreurs liées aux corrélations avec la biomasse.

Plusieurs modèles allométriques ont été élaborés dans des écosystèmes autres que ceux des savanes d'Afrique de l'Ouest avec une similarité du climat. Mais, ces modèles présentent des biais liés aux différences entre les sites d'études. Le modèle pantropical de Chave et al. (2005) avec comme paramètres explicatives la densité de bois, le DBH et la hauteur est un exemple de ces modèles (Panzou et al., 2016). Par conséquent, il demeure nécessaire de se baser sur des régressions allométriques propres à nos écosystèmes pour estimer la biomasse (Mbow, 2009).

Ces dernières années, plusieurs recherches ont été entreprises pour élaborer des équations allométriques en Afrique de l'Ouest (Mbow *et al.*, 2013). Ainsi, Lufafa *et al.* (2008a et b) et Mbow (2009) ont développé dans ce sens, des régressions pour estimer la biomasse ligneuse sur pied des arbustes et arbres de la zone.

1.4. Présentation de *Guiera senegalensis*

1.4.1. Systématique et caractéristiques botaniques

De son nom scientifique *Guiera senegalensis* J.F. Gmel., le Guiera du Sénégal en français est un arbuste de la famille des Combretaceae, du genre *Guiera* (un genre et une espèce en Afrique occidentale) et de l'espèce *senegalensis* (Bérhaut, 1967).

C'est une espèce avec des hauteurs de 1 m, 2 m, à 5 m (Arbonnier, 2019). Elle est sempervirente, au port arbustif ou buissonnant (Kerharo *et al.*, 1948 ; Bationo, 1994 ; Amani *et al.*, 2015). Ce caractère est dû à la forte ramification précoce des jeunes plantes (Bationo, 1994).

Elle a de petites feuilles opposées, de couleurs allant de vert glauque (Kerharo *et al.*, 1948) au gris blanchâtre (Berhaut, 1967), qui se fixent deux à deux sur chaque nœud de la tige (Bationo, 1994). Les fleurs sont très fines, jaunâtres, agglomérées en capitules sphériques (Berhaut, 1967). Les fruits sont linéaires, couverts de longs poils soyeux argentés denses. Ils sont disposés en couronne au-dessus de 04 bractées foliacées. L'ensemble a l'aspect d'une grosse araignée velue (Kerharo *et al.*, 1948 ; Berhaut, 1967).

L'espèce est caractérisée par un tronc racinaire de petite taille (Bationo, 1994). Son système racinaire est fonction des facteurs édaphiques, hydriques et mécaniques (Bationo, 1994). Elle a des racines à la fois traçantes qui peuvent explorer les couches superficielles dans les plateaux (Rabiou *et al.*, 2017) ou en zone soudano-sahélienne soumise aux contraintes de manque d'eau et pivotantes dans les couches profondes (Bationo, 1994). Kizito *et al.* (2006) ont montré que l'espèce a la majorité de ses racines dans les 0,2-0,5 m de profondeurs.

1.4.2. Physiologie

G. senegalensis est une espèce caractérisée par une forte plasticité et une persistance des feuilles en saison sèche (Bationo, 1994 ; Issoufou, 2012). On lui reconnaît une tolérance à la sécheresse

saisonnaire, ce qui fait que l'espèce garde ses feuilles presque toute l'année dans des conditions hydriques favorables (Issoufou, 2012).

C'est une espèce xérique capable de maintenir positivement sa turgescence et d'ouvrir ses stomates quand il y'a un faible potentiel de l'eau (Seghieri et al., 2005 ; Issoufou, 2012). Elle utilise de petite quantité d'eau durant les première phases critiques de germination et de croissance des cultures (Bogie et al., 2018). Préférentiellement, elle utilise l'eau au-dessous de 0,9 m de profondeur (Kizito et al., 2006). Ainsi, elle n'entre pas en compétition avec les cultures pour l'eau (Kizito et al., 2006 ; Dossa et al., 2012 ; Bogie et al., 2018).

C'est une espèce héliophile dont la présence d'autres arbres avec une couverture aérienne importante limite sa croissance (Bationo, 1994). Pendant les périodes de cultures, de préparation des champs, elle est souvent coupée (Seghieri et al., 2005, Lufafa et al., 2008a) ce qui induit chez l'espèce le développement de nombreux rejets de souches (Bellefontaine, 1997). C'est une espèce qui régénère rapidement après coupe si elle se trouve dans de bonnes conditions hydriques (Bellefontaine, 1997 ; Seghieri et al., 2005 ; Dossa et al., 2012). Le processus de régénération intense de l'espèce découle de sa capacité à s'adapter en période sévère de sécheresse grâce à sa phénologie foliaire (Issoufou, 2012). Le fonctionnement hormonal de *G. senegalensis* en saison sèche l'oriente vers une croissance continue des rameaux (Bationo, 1994). La croissance des jeunes plantes ne débute que si le pivot a une bonne alimentation (Bationo, 1994).

C'est un petit arbuste qui produit abondamment de nectar qui est utilisé par les abeilles (Usman, 2010). Les réactions de caractérisation en tube effectuées par Diallo (2018) sur les extraits de *G. senegalensis* ont montré des groupes chimiques tels que des mucilages, des tanins, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des stérols, etc.

1.4.3. Ecologie et distribution

G. senegalensis est une espèce ubiquiste (Thiombiano et al., 2006). Elle est très répandue et commune, localement grégaire et très abondante (Arbonnier, 2019). C'est une espèce pionnière, de jachère et agroforestière que l'on rencontre dans les zones où la strate arborée est faible et où la pression anthropique et animale est énorme (Bationo, 1994 ; Donfack et Seignobos, 1996 ; Arbonnier, 2019). Elle se rencontre en stations arides (Arbonnier, 2019) et dans les systèmes agricoles traditionnelles sahéliennes (Issoufou, 2012 ; Bogie et al., 2018). Hiernaux et Le Houérou

(2006) ont montré d'après leurs études faites au Niger que *G. senegalensis* fait partie des essences des climats soudaniens qu'on ne trouve pas au-delà du sud du sahel.

Elle est communément trouvée sur des zones qui reçoivent des précipitations annuelles entre 300 et 1200 mm, sur des sols sableux (Thiombiano et *al.*, 2006) profond ou sablo-limoneux (Bationo, 1994 ; Seghieri et *al.*, 2005 ; Amani et *al.*, 2015). Elle est particulièrement bien sur sols nus où elle se stabilise rapidement (Usman, 2010). Au niveau du secteur du Macina (au Niger), dans les zones irriguées, l'espèce vit seulement dans les dépressions (Brondeau, 2001). La présence de l'espèce sur de petites élévations a également été notée par Louppe (1991) et Bationo (1994). On la retrouve sous des formes physiologiques différentes en fonction de la topographie du milieu (Hiernaux et Le Houérou, 2006). Elle fait partie des espèces caractéristiques des zones très arides (Larwanou et *al.*, 2010). Au Sénégal, dans la zone aride nord du Sahel, on rencontre l'espèce à des degrés différents au niveau de zones agricoles, presque dans tous les champs de culture (Wezel et Rath, 2002).

Son aire de distribution s'étend du Sénégal au Cameroun jusqu'au Soudan (Arbonnier, 2019).

1.5. Présentation de *Piliostigma reticulatum*

1.5.1. Systématique et caractéristiques botaniques

Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst. est un arbuste de la famille des Caesalpiniaceae, du genre *Piliostigma* et de l'espèce *reticulatum* (Berhaut, 1967). Pied de chamelle en français, on reconnaît également *P. reticulatum* sous le nom de *Bauhinia reticulata* DC., *Bauhinia benzoin* Kotschy, *Bauhinia glabra* A. Chev. (Berhaut, 1967).

En fonction de la zone et des conditions où elle se développe, elle se présente sous la forme d'un petit arbre pouvant atteindre 8-9 m à 10 m de haut (Kerharo et Adam, 1964 ; Arbonnier, 2019), ou d'un arbuste de 1-3 m (Bérhaut, 1967) à 4-5 m de hauteur selon les zones (Traore, 2000).

Les feuilles de *P. reticulatum* sont alternes, distiques (Bérhaut, 1967), simples, coriaces, glabres très persistantes de couleur gris vert mat (Sita, 2015), fortement bilobées, à lobes arrondis, ou plus ou moins en coin (Arbonnier, 2019).

C'est une espèce aux pièces florales parfumées et de couleur blanche (Kerharo et Adam, 1964 ; Sita, 2015). Les fleurs sont des grappes ou panicules de taille moyenne à petite (Ouédraogo, 2014).

Le fruit est une gousse ligneuse, plate, glabre et pruiteuse, parfois tordue et fendillée, indéhiscente (Kerharo et Adam, 1964 ; Ouédraogo, 2014 ; Arbonnier, 2019). Il est de couleur vert au départ, brun foncé ou marron à la maturité, et persiste longtemps sur l'arbre (Sita, 2015 ; Arbonnier, 2019).

P. reticulatum a un système racinaire pivotant (Dick et *al.*, 2018), ce qui lui permet de se développer dans divers types de sols.

1.5.2. Physiologie

P. reticulatum est une légumineuse (Bremen et Kessler, 1995), une plante à croissance assez lente, mais possédant un système racinaire qui se développe rapidement (Brink et Achigan-Dako, 2012). C'est une espèce semi-sempervirente dont les feuilles souvent persistantes sur l'arbre lorsque la plante se trouve dans des conditions hydriques favorables (Arbonnier, 2019) avec un recouvrement qui peut excéder 75% (Bremen and Kessler, 1995). Cependant, en fin de saison sèche l'espèce perd la majorité de ses feuilles (Brink et Achigan-Dako, 2012). Sa forte productivité et la vigueur de son système racinaire sont les facteurs propres à sa biologie qui favorisent sa propagation (Yélékou et *al.*, 2007).

C'est une espèce qui tolère les conditions hydriques défavorables (Yélékou et *al.*, 2015). Également, comme dans le cas de *G. senegalensis*, elle a la capacité de faire remonter l'eau contenue en profondeur pour la ramener à la surface (Dick et *al.*, 2018) ce qui fait qu'elle n'entre pas en compétition avec les cultures pour l'eau (Kizito et *al.*, 2006 ; Dossa et *al.*, 2013).

Les composés chimiques présents chez l'espèce sont entre autres : les tannins, les flavonoïdes, les polyphénols, le sucre réducteur (l'écorce) (Dosso et *al.*, 2012), les protéines, les lipides, les glucides, le calcium, le phosphore (les feuilles), l'acide tartrique en importante quantité (les fruits) (Yélékou et *al.*, 2007).

1.5.3. Ecologie et distribution

P. reticulatum est une espèce pionnière qui colonise ou envahit assez rapidement les jachères (Yélékou et *al.*, 2015 ; Arbonnier, 2019). Elle ne s'éloigne qu'exceptionnellement des pays secs, les plus septentrionaux, vers les régions soudanaises moins sèches (Bérhaut, 1967). Sa tolérance à la sécheresse fait qu'elle s'étend au-delà d'un large gradient pluviométrique, dans des zones avec des précipitations annuelles de 200-400 à 1000 mm (Brink et Achigan-Dako, 2012).

Elle se développe le plus souvent sur des sols lourds et mal drainés, aussi sur sols latériques et sableux (Sita, 2015 ; Arbonnier, 2019), ferrugineux (Yélémo et *al.*, 2015), gravillonnaires, sablo-argileux avec une préférence aux sols argileux dans les zones humides (Ouédraogo, 2014). Elle se rencontre également dans les forêts pauvres et se développe bien sur des sols soumis à la pression agricole, qu'ils soient en bon état ou dégradés (Sita, 2015).

Ainsi on retrouve l'espèce le plus souvent dans les espaces agricoles, où elle constitue une espèce agroforestière grâce à sa forte capacité régénérative (Yélémo et *al.*, 2007). Mais aussi du fait qu'elle s'adapte bien en zone tropicale aux conditions défavorables dans les écosystèmes (Ouédraogo, 2014). Elle est localement abondante et grégaire (Arbonnier, 2019). Son abondance est due au fait qu'elle est sélectionnée par les paysans comme espèce pour la régénération naturelle et à ses multiples services (Soulé et *al.*, 2017). Cela indique aussi sa bonne adaptation ce qui fait qu'elle est résiliente aux variations environnementales (Yélémo et *al.*, 2015). Elle tend donc à prendre par défaut la place laissée libre par les espèces agroforestières traditionnelles (Yélémo et *al.*, 2007).

C'est une espèce commune dans l'ensemble de la zone sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest (Kerharo et Adam, 1964 ; Bremen et Kessler, 1995), très commune dans la vallée du Sénégal et s'arrêtant à la forêt de la Casamance maritime (Bérhaut, 1967). C'est une espèce des forêts sèches soudanaises et des forêts sèches et galeries sahéliennes (Sita, 2015) qui s'étend du Sénégal, de la Mauritanie, du Mali, de la Côte d'Ivoire, du Ghana, du Niger, du Cameroun, du Tchad, du Centrafrique, au Soudan (Bérhaut, 1967 ; Arbonnier, 2019).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Situation géographique et administrative

L'étude a été menée au niveau du Bassin arachidier, dans le terroir villageois de Keur Madieng (Figure 1). Ce terroir se trouve au Sud-Ouest de la commune de Ndiago, dans l'arrondissement de Mbadakhone qui dépend administrativement du département de Guinguinéo et de la région de Kaolack entre $14^{\circ}15'53.18''$ de latitude Nord et $15^{\circ}52'42.99''$ de longitude Ouest.

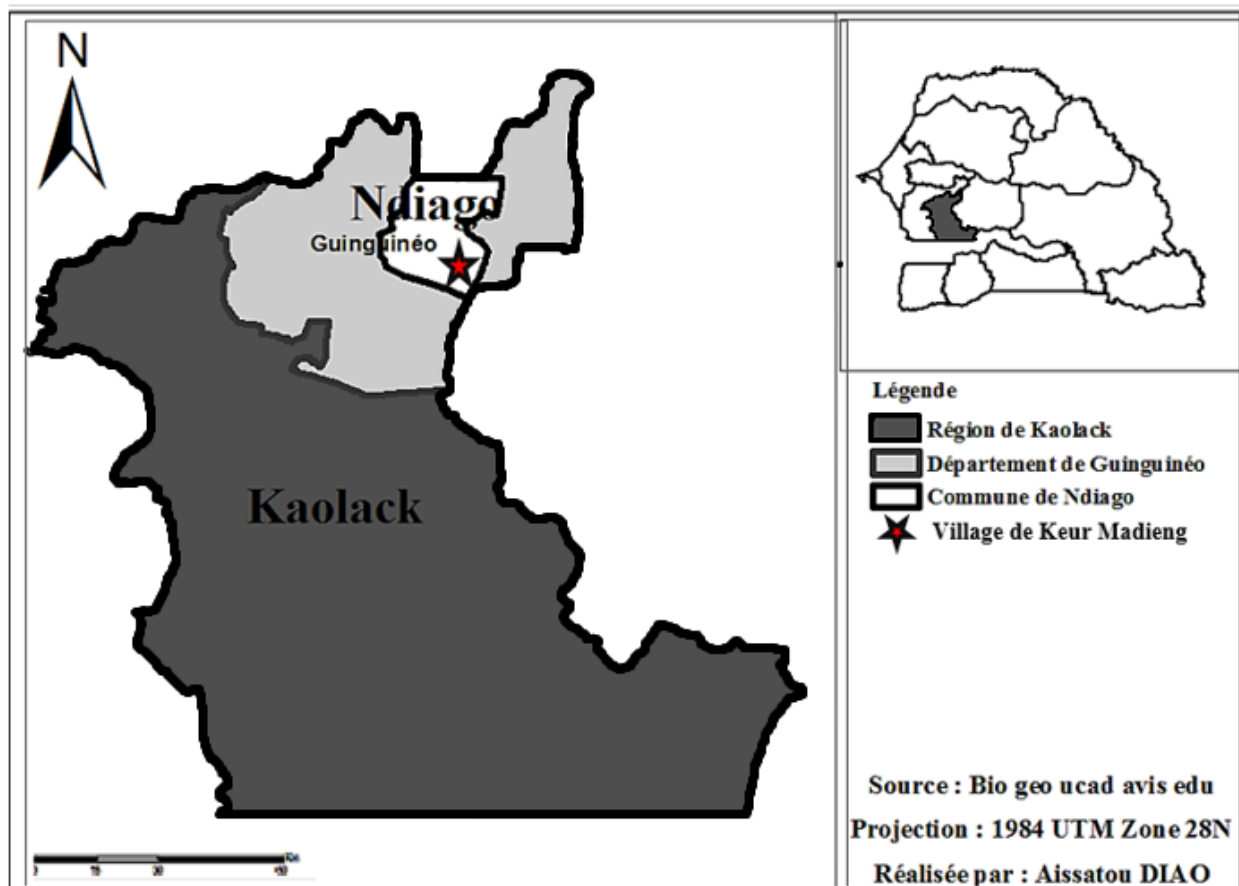
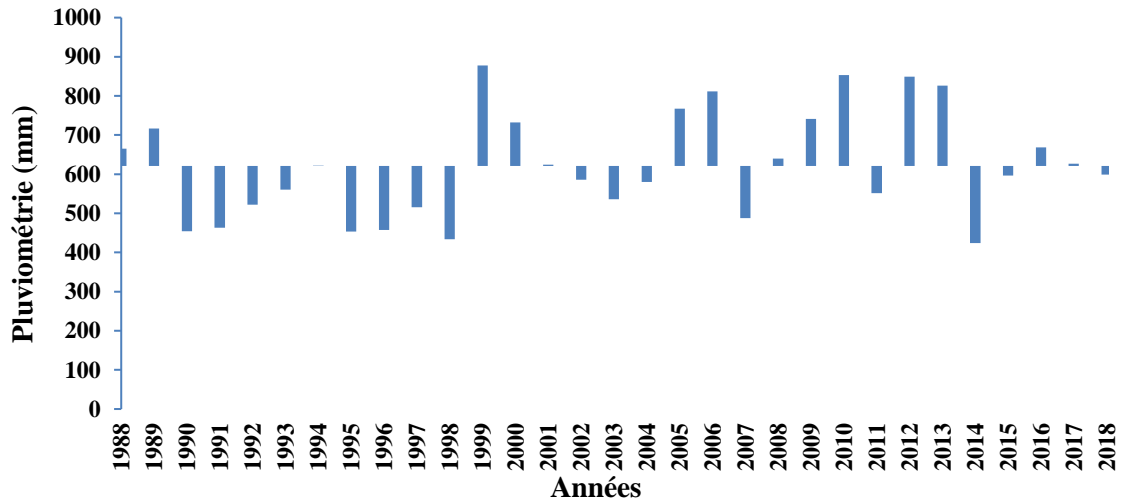


Figure 1 : carte de localisation du terroir villageois de Keur Madieng

2.1.2. Climat

Le climat de la région de Kaolack est de type sahélo-soudanien, chaud et sec avec des précipitations dont l'inégalité et la faiblesse s'accroissent du Sud vers le Nord. La région de Kaolack est sous l'alternance de deux (2) saisons : une saison sèche qui s'étend d'octobre à juin et

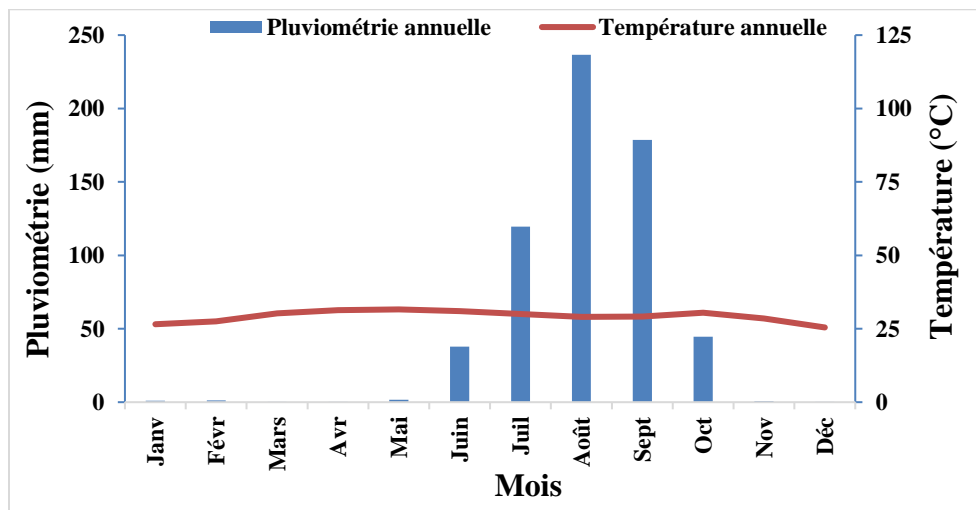
une saison pluvieuse qui dure de juillet à Septembre. Les moyennes pluviométriques annuelles enregistrées ces trente (30) dernières années varient de 878 mm (en 1999) à 424 mm (en 2014) avec une moyenne de 621 mm/an (Figure 2).



Source de données : ANACIM, 2018

Figure 2 : variation de la pluviométrie de la région de Kaolack de 1988 à 2018

Les températures moyennes mensuelles sont particulièrement élevées notamment en avril, mai et juin où elles dépassent largement les 30°C (Figure 3). Les vents sont très forts dans cette zone et leurs effets se manifestent par une érosion éolienne consécutive à de véritables vents de sable (ISRA, 2008).



Source de données : ANACIM, 2018

Figure 3 : diagramme ombrothermique de la région de Kaolack de 1988 à 2018

2.1.3. Végétation

La végétation de la commune de Ndiago est composée dans l'ensemble de trois (3) strates : une strate herbacée (*Cenchrus biflorus* Roxb., *Cassia tora* L., *Eragrostis tremula* (Lam.) Hochst ex Steud., *Pennisetum pedicellatum* Trin., etc.) qui est constamment soumise à la pression anthropique, une strate arbustive constituée dans l'ensemble de Combretaceae (*Combretum glutinosum* auct., *G. senegalensis* J.F. Gmel., ...) et une strate arborée peu représentative, constituée de *Faidherbia albida* (Del.) A. Chevalier, *Adansonia digitata* L., *Acacia seyal* auct., *Anogeissus Leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr., *Balanites Aegyptiacus* (L.) Delile, ... (PDC-Ndiago, 2019).

2.1.4. Sols

Les sols du terroir villageois de Keur Madieng, comme dans la quasi-totalité de la commune de Ndiago, sont essentiellement répartis en trois catégories :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou sols Dior, avec des caractéristiques sableuses (Diatta et al., 2016). Ils représentent près de 85% des terres cultivables de la commune (PDC-Ndiago, 2019). Ce sont des sols meubles et perméables très carencés en phosphore, en azote et en potassium mais favorables aux cultures vivrières (PDC-Ndiago, 2019).
- Les sols bruns calcimorphes, hydromorphes ou Deck : ce sont des sols argileux (Diatta et al., 2016), plus structurés que les sols Dior mais moins répandus, qui occupent 5% des terres cultivables (PDC-Ndiago, 2019).
- Les sols Deck-Dior ou sols sablo-argileux : ils représentent près de 10% des terres, leur texture leur confère une grande richesse en matière organique et une bonne résistance à l'érosion (PDC-Ndiago, 2019).

2.1.5. Activités socio-économiques

L'activité principale de la commune demeure l'agriculture (PDC-Ndiago, 2019). Environ 80% de la population active la pratique et utilise 36% de la superficie totale (PNDL, 2010). La culture de rente concerne principalement l'arachide avec plus de 35% de la production arachidière du Sénégal (HEASAHÉL, 2016). Elle est cultivée de manière extensive à travers les exploitations familiales (PDC-Ndiago, 2019) avec le mil et le sorgho destinés principalement à l'alimentation des hommes.

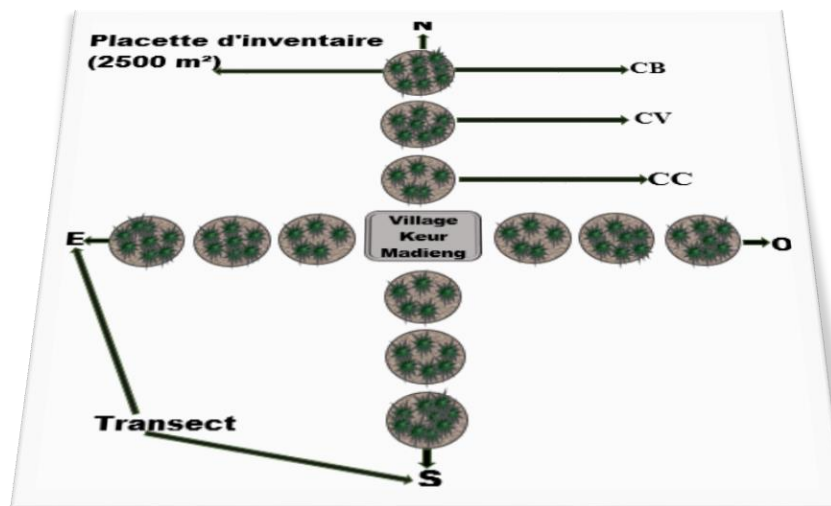
L'élevage est la seconde activité économique de la commune (PDC-Ndiago, 2019) ; il est de type extensif et environ 30% de la population active le pratique (PNDL, 2010). Le commerce et l'artisanat sont aussi pratiqués dans cette zone (ISRA, 2008).

2.2. Méthodes utilisées

2.2.1. Dispositif expérimental

L'étude de la végétation ligneuse dans le terroir villageois de Keur Madieng a été diachronique suivant un dispositif mis en place en 2016 et reconduit tel quel en 2019. Elle a été effectuée suivant un échantillonnage stratifié fait sur la base de la typologie des champs rencontrés dans la zone d'étude. Les types de champs sont définis suivant leur position par rapport au village : les champs de case (CC) attenants au village et souvent utilisés comme zone de parcage des petits ruminants et jardins potagers des femmes, les champs de village (CV) qui font suite aux champs de case et les champs de brousse (CB) plus éloignés du village et situés à la limite du terroir (Figure 4).

L'installation des placettes a été faite suivant deux (2) transects perpendiculaires et orientés par rapport aux quatre (4) points cardinaux (Est-Ouest, Nord-Sud) de chaque côté du village jusqu'à la limite du terroir.



Légende : Est ; O : Ouest ; N : Nord ; S : SUD ; CC : Champs de case ; CV : Champs de village ; CB : Champs de brousse.

Figure 4 : schéma du plan d'échantillonnage

Sur chaque transect et dans le sens champ de case - limite du terroir, une placette circulaire de 2500 m², dont le centre a été géoréférencé à l'aide d'un GPS, a été délimitée dans chaque type de champ et un inventaire exhaustif y a été effectué en 2016 et 2019. Ainsi, quatre (04) placettes ont été installées dans chaque type de champs soit un total de 12 placettes.

La liste floristique a été établie sur la base de la flore du Sénégal (Berhaut, 1967) et les synonymes actualisés sur la base de l'Enumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale (Lebrun et Stork, 2015).

Les variables mesurées ont porté, pour chaque individu, sur la hauteur totale à l'aide du dendromètre suntoo pour les arbres et le ruban métrique pour les arbustes ; sur le diamètre croisé du houppier à l'aide d'un ruban métrique et sur le diamètre à 1,30 m des arbres avec un compas forestier. Le nombre de rejets des souches a été dénombré.

Pour l'évaluation de la capacité de régénération et de production de biomasse, la méthode dite "destructive" a été adoptée en 2016, 2017 et 2019. Ainsi, dans chaque placette, 5% des individus de *G. senegalensis* et *P. reticulatum* potentiellement utilisables comme BRF, ont été sélectionnés de manière aléatoire.

Pour chaque individu géo-référencé, sa biomasse épigée a été collectée intégralement grâce à une coupe au ras du sol effectuée à l'aide d'un sécateur et pesée avec une balance. Puis, la longueur et le diamètre à la base des brins ont été mesurés respectivement à l'aide d'un ruban métrique et d'un pied à coulisse.

Enfin, un échantillon de la biomasse a été prélevé puis le poids frais évalué à l'aide d'une balance Camry de 20 kg régulièrement calibrée pour réduire les biais. Cet échantillon a par la suite été séché au soleil pendant un (01) mois en vue de déterminer son poids sec.

2.2.2. Evaluation des paramètres de diversité

La diversité floristique a été mesurée par la richesse spécifique (S), l'indice de Shannon-Weaver (H') et d'équitabilité de Pielou (E). La richesse spécifique (S) est le nombre total d'espèces de la communauté étudiée.

☞ **Indice de Shannon :**

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (1949) est utilisé dans le cas d'une étude comparative de la diversité d'un peuplement. Cette diversité est minimale si tous les individus d'un peuplement appartiennent à une seule et même espèce et maximale quand tous les individus sont répartis de façon égale sur toutes les espèces. Elle est comprise entre 0 et 4,5 et s'exprime en bits. Elle est calculée par la formule suivante :

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

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver (1949) ; **P_i** : abondance relative de chaque espèce ; **log₂** : logarithme calculé avec comme base 2. **P_i=N_i/N**, **N_i** : nombre d'individu de l'espèce i ; **N** : nombre total d'individu de toutes les espèces.

☞ **Indice d'équitabilité de Pielou**

L'indice de Pielou (1966) renseigne sur la distribution des abondances des espèces dans le peuplement. Il est compris entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand l'ensemble des individus correspond à une seule espèce et vers 1 quand chacune des espèces est représentée par un même nombre d'individus. On l'obtient par la formule suivante :

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

E : indice d'équitabilité de Pielou (1966) ; **H'** : Indice de Shannon-Weaver (1949) ; **H_{max} = log₂ S**, **S** : richesse spécifique totale.

☞ **Abondance des espèces**

L'abondance ou densité relative représente la proportion des individus d'une espèce par rapport aux individus de toutes espèces confondues. Elle est calculée comme suit :

$$Dr = \frac{N_i}{N} \times 100$$

Avec **Dr** : densité relative ou abondance (%) ; **N_i** : nombre d'individus de l'espèce i dans l'échantillon ; **N** : nombre total d'individus de l'échantillon considéré.

2.2.3. Evaluation des paramètres structuraux

✂ Densité observée

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

La densité observée a été calculée suivant cette formule :

$$Dob. = \frac{N}{S}$$

Dob. : Densité observée ; **N** : effectif total d'individus dans l'échantillon considéré (ou effectif total de l'espèce considérée) et **S** : surface de l'échantillon (ha)

✂ Taux de couverture (%)

Le taux de recouvrement correspond au recouvrement ramené en pourcentage (%). Le recouvrement ou couvert aérien correspond à la proportion de sol couverte par la couronne d'un végétal. Ainsi, le degré de couverture est calculé comme suit :

$$\text{Taux de couverture (\%)} = \frac{\sum R \text{ des individus de la surface échantillonnée}}{SE} \times 100$$

$$\text{ou } R = \frac{\sum \pi \left(\frac{dmh}{2}\right)^2}{SE}$$

Avec **R** : Recouvrement ; **dmh** : Diamètre moyen houppier (m) ; **SE** : surface échantillonnée (ha)

2.2.4. Degré d'anthropisation

L'anthropisation a été évaluée par un dénombrement des individus coupés, dessouchés ou défrichés. Il est déterminé par le rapport ramené en pourcentage (%) du nombre d'individus coupés, dessouchés ou défrichés sur l'effectif total de l'échantillon.

$$TA(\%) = \frac{\text{Nombre d'individus anthropisés (coupés, dessouchés ou défrichés)}}{\text{Nombre total d'individus de l'échantillon}} \times 100$$

2.2.5. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à partir d'une matrice constituée des trois types de champs (CC, CV et CB) x 8 variables (paramètres étudiés de la végétation) en vue de ressortir les caractéristiques des types de champs.

2.2.6. Calcul de la biomasse produite

La biomasse végétale exprime la masse totale de matière organique sèche des plantes. Elle est obtenue avec la formule suivante :

$$M_{at} = \frac{M_a}{M_h} \times M_{ht}$$

M_{at} : Masse anhydride totale (kg) ; M_a : Masse anhydride de l'échantillon ; M_h : Masse humide de l'échantillon ; M_{ht} : Masse humide totale.

2.2.7. Calcul du stock de carbone

Le carbone stocké chez les végétaux représente entre 45 à 50% de la biomasse. Dans notre étude, l'équation suivante proposée par la FAO (2005) a été utilisée pour calculer le carbone contenu dans la masse sèche :

$$C = 0,475 \times B$$

Avec, C : Carbone contenu dans la masse sèche (kg/ha) ; $0,475$: Facteur de conversion ($F_c=47\%$) et B : la masse sèche (kg/ha).

2.2.8. Elaboration de modèles allométriques

Les équations allométriques ont été élaborées sur un échantillon de 81 individus de *Guiera senegalensis* choisis aléatoirement dans les différents types de champs. En effet, *G. senegalensis* est l'espèce la plus représentée en termes d'abondance dans la zone. De plus, la taille de l'échantillon dans l'élaboration des modèles allométriques est variable, dans la littérature, et tient compte de la ressource et du temps alloué à l'étude (Picard et al., 2012). *P. reticulatum*, avec un nombre d'individus statistiquement non significatif (< 30 individus) n'est pas retenue.

A l'aide du logiciel XLSTAT version 2014 des régressions linéaires simples et multiples ont été réalisées. Les données ont subi une transformation logarithmique pour pouvoir effectuer les

régressions. En effet, c'est la méthode la plus courante pour obtenir une relation linéaire (Sola et al., 2012).

Pour la réalisation de cette régression linéaire, la longueur des brins (Lb), le diamètre à la base des brins (Dbr), le nombre de brins (Nbr), la hauteur (H) du brin le plus long ainsi que le diamètre moyen du houppier (Dmh) de chaque individu ont été pris comme variables prédictives de la biomasse. Ce qui nous a permis d'établir une relation allométrique entre la biomasse évaluée (variable dépendante) et les paramètres mesurés (variables explicatives). Le choix des prédictiveurs a été d'abord guidé par le test de corrélation des différents prédictiveurs avec la biomasse évaluée. Seules les variables ayant un coefficient de corrélation élevée ($r > 0,6$) ont été prises en compte dans l'équation finale.

De ce fait, la meilleure équation a été choisie en se basant sur les valeurs du coefficient de détermination (R^2 ajusté), du Critère d'Information d'Akaike (AIC) et de la significativité du modèle (p-valeur du modèle). Au vu de la littérature, ces critères sont les plus utilisés pour tester la validité d'un modèle. Ainsi, le meilleur modèle est celui qui a le plus faible AIC, le plus grand R^2 et le P-value le plus significatif ($p > 0,05$). Pour la validation du modèle, le test de normalité et de linéarité des résidus a été effectué. Un test de corrélation de Pearson au seuil de 5% a aussi été fait entre la biomasse prédite par le modèle et la biomasse réelle évaluée.

2.2.9. Traitement et analyse des données

Les données ont été saisies sur le tableur Excel qui a aussi permis la réalisation des tableaux et graphiques.

Le logiciel RStudio version 1.2.1335 a été utilisé pour la réalisation des tests statistiques : les données paramétriques ont été soumises au test de Student ou à une analyse de variance (ANOVA) à un, deux et trois facteurs. Lorsque les différences étaient significatives, le test HSD de Tukey a été appliqué au seuil de 5%. Par contre, pour les données non paramétriques le test de Kruskal–Wallis a été appliqué au seuil de 5%.

Le logiciel XLSTAT a permis de modéliser les données de la biomasse afin de trouver une équation allométrique permettant l'estimation de la biomasse de *G. senegalensis*.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Etat de la flore ligneuse en 2019

3.1.1.1. Composition floristique de la végétation ligneuse

Dans le terroir villageois de Keur Madieng, la flore ligneuse des différents types de champs (CC, CV et CB) est composée de 14 espèces réparties en 13 genres et 06 familles (Tableau 1). La famille des fabacées est la plus représentée (36%) avec 05 espèces, suivie de celle des combrétacées (29%) avec 04 espèces, des rubiacées (14%) avec 02 espèces, des apocynacées, icacinacées et rhamnacées avec une espèce chacune (07% chacune). Le genre *Combretum* est le plus représenté (14%) avec 02 espèces.

La richesse spécifique selon le type de champs est de 07, 08 et 09 espèces respectivement pour les CV, les CC et les CB (Tableau 1). Ces espèces sont réparties dans 08 genres et 04 familles dans les champs de case (CC) ; 06 genres et 03 familles dans les champs de village (CV) et 08 genres et 04 familles dans les champs de brousse (CB).

Tableau 1 : composition floristique de la zone d'étude en 2019

Familles	Genres	Espèces	Type de champs		
			CC	CV	CB
Apocynaceae	<i>Leptadenia</i>	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	-	+	+
Combretaceae	<i>Combretum</i>	<i>Combretum glutinosum</i> auct.	+	+	+
		<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	-	+	+
	<i>Guiera</i>	<i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel.	+	+	+
	<i>Anogeissus</i>	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. et Perr.	-	-	+
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia seyal</i> auct.	-	-	+
	<i>Cordyla</i>	<i>Cordyla pinnata</i> (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh.	-	+	-
	<i>Dichrostachys</i>	<i>Dichrostachys glomerata</i> (Forsk.) Chiov.	+	-	-
	<i>Faidherbia</i>	<i>Faidherbia albida</i> (Del.) A. Chevalier	+	+	+
	<i>Piliostigma</i>	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	+	+	+
Icacinaceae	<i>Icacina</i>	<i>Icacina senegalensis</i> A. Jussieu	-	-	+
Ramnaceae	<i>Ziziphus</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i> auct.	+	-	-
Rubiaceae	<i>Gardenia</i>	<i>Gardenia ternifolia</i> Schumacher et Thonn.	+	-	-
	<i>Mitragyna</i>	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) O. Kuntze	+	-	-

Légende : + : Présence ; - : Absence ; CC : Champs de case ; CV : Champs de village ; CB : Champs de brousse.

3.1.1.2. Abondance relative des espèces

Dans le terroir, 90% des individus recensés appartiennent à l'espèce *G. senegalensis* et 05% à *P. reticulatum*. Les autres espèces ne représentent qu'une faible proportion d'individus. *G. senegalensis* est l'espèce la plus représentée en termes d'abondance quel que soit le type de champs, suivie de *P. reticulatum* (Figure 5 (a, b et c)).

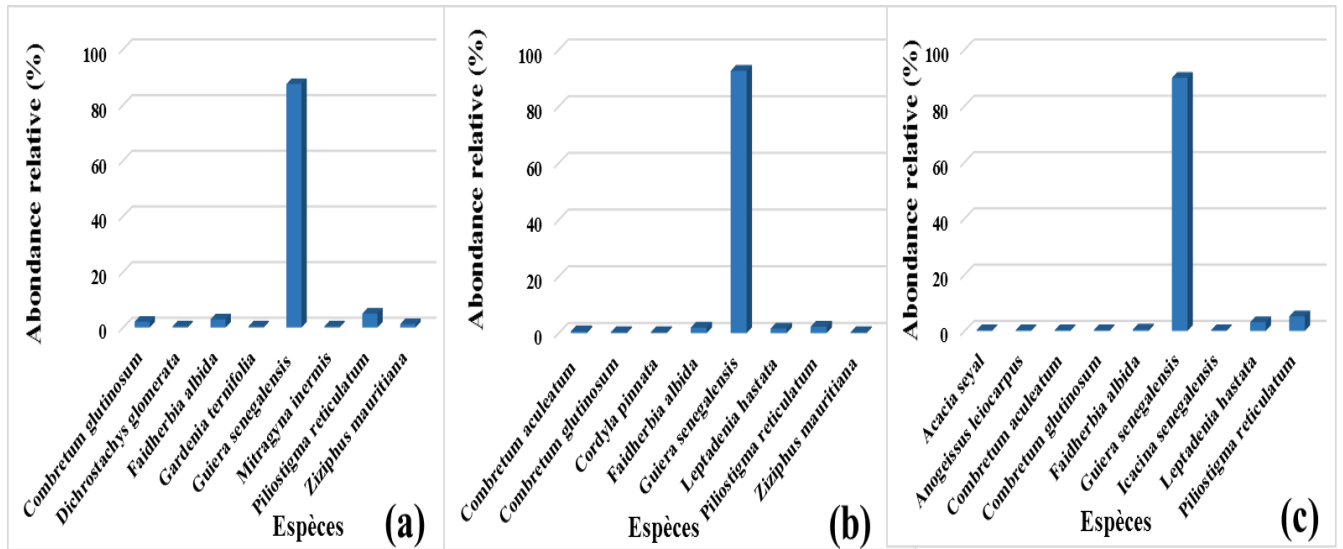


Figure 5 : abondance relative des espèces dans les champs de case (a), de village (b) et de brousse (c) en 2019

Dans les champs de case *G. senegalensis* représente 88% des individus, suivie de *P. reticulatum* (5%), *F. albida* (2,91%), *C. glutinosum* (2,08%), *Z. mauritiana* (1,25%), *D. glomerata* (0,42%), *G. ternifolia* et *M. inermis* avec 0,41% chacune.

Dans les champs de village, *G. senegalensis* représente 93% des individus, suivie par *P. reticulatum* (2,27%), *F. albida* (1,95%), *L. hastata* (1,62%), *C. aculeatum* (0,64%), *C. glutinosum*, *C. pinnata*, et *Z. mauritiana* avec 0,32% chacune.

Dans les champs de brousse, *G. senegalensis* représente 90% des individus. Elle est suivie par *P. reticulatum* (5,15%), *L. hastata* (3,93%), *F. albida* (0,52%), *A. seyal*, *A. leiocarpus*, *C. aculeatum*, *C. glutinosum* et *I. senegalensis* avec 0,25% chacune.

3.1.2. Caractéristiques structurales de la végétation ligneuse en 2019

3.1.2.1. Densité

3.1.2.1.1. Densité de la végétation ligneuse dans le terroir et dans les types de champs

La densité moyenne observée dans le terroir de Keur Madieng est de $312 \pm 193,98$ individus/ha. Elle est plus importante au niveau des champs de brousse ($388 \pm 153,78$ individus/ha) et plus faible au niveau des champs de case avec $240 \pm 223,31$ individus/ha (Tableau 2). Toutefois la différence de densité observée entre les différents types de champs n'est pas statistiquement significative ($p=0,603$).

Tableau 2 : variation des paramètres structuraux de la végétation ligneuse suivant les types de champs

Types de champs	Densité moyenne (individus/ha)		Taux de couverture %		Indices de diversité			
	M	σ	M	σ	H' (bits)		E	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
CC	240 ^a	223,31	7,63 ^a	5,31	0,87 ^a	0,82	0,46 ^a	0,34
CV	308 ^a	223,17	13,69 ^a	1,87	0,37 ^a	0,39	0,16 ^a	0,15
CB	388 ^a	153,78	14,65 ^a	3,07	0,68 ^a	0,33	0,37 ^a	0,14
P	0,603		0,051		0,69		0,22	

Légende : H' : indice de Shannon ; E : Indice de Pielou ; CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse ; M : moyenne ; σ : écart-type ; P : P-value.

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

3.1.2.1.2. Densité de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* dans le terroir et dans les différents types de champs

Au niveau du terroir, *G. senegalensis* a la densité observée moyenne la plus importante avec $282 \pm 195,8$ individus/ha contre $13 \pm 14,68$ individus/ha pour *P. reticulatum*.

Suivant les types de champs, *G. senegalensis* a enregistré sa densité moyenne la plus importante ($349 \pm 158,64$ individus/ha) dans les champs de brousse suivis des champs de village ($286 \pm 209,596$ individus/ha). La densité la plus faible est notée dans les champs de case ($210 \pm 241,98$ individus/ha).

individus/ha). Quant à *P. reticulatum*, elle a enregistré sa plus forte densité ($20 \pm 15,32$ individus/ha) au niveau des champs de brousse et sa plus faible densité au niveau des champs de village ($7 \pm 9,5$ individus/ha).

Ces deux espèces utilisées comme BRF ont des densités significativement différentes dans le terroir et dans les différents types de champs ($P < 0,05$) (Tableau 3). Mais aucune différence significative n'est observée pour la densité d'une espèce donnée entre les différents types de champs.

Tableau 3 : densité observée (individus/ha) de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* dans le terroir et suivant les différents types de champs (CC, CV, CB)

Terroir/Type de champs	<i>G. senegalensis</i>		<i>P. reticulatum</i>	
	M	σ	M	σ
Terroir	282 ^a	195,8	13 ^b	14,68
CC	210 ^a	241,98	12 ^b	18,76
CV	286 ^a	209,596	7 ^b	9,45
CB	349 ^a	158,64	20 ^b	15,32

Légende : M : Moyenne ; σ : écart-type ; CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Sur une même ligne, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes.

3.1.2.2. Taux de couverture de la végétation

Le degré de couverture moyen aérien du terroir est de 11,99%. Il varie suivant les différents types de champs avec un taux de 7,63 ; 13,69 et 14,65 % respectivement dans les champs de case, de village et de brousse (Tableau 2).

Dans le terroir, le taux de couverture de *G. senegalensis* est plus élevé (9,63 %) que celui de *P. reticulatum* (1,27%), et est plus important dans les champs de village (12,29%), suivi des champs de brousse (10,92%) et des champs de case (5,69%). Quant à *P. reticulatum*, son taux de couverture est plus important dans les champs de brousse (1,79%) et plus faible dans les champs de village avec 0,6% (Tableau 4).

Tableau 4 : variation du taux de couverture (%) de *G. senegalensis* et *P. reticulatum* dans le terroir et suivant les types de champs

Espèces	Types de champs			Terroir
	CC	CV	CB	
<i>G. senegalensis</i>	5,69	12,29	10,92	9,63
<i>P. reticulatum</i>	1,45	0,6	1,79	1,27

Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

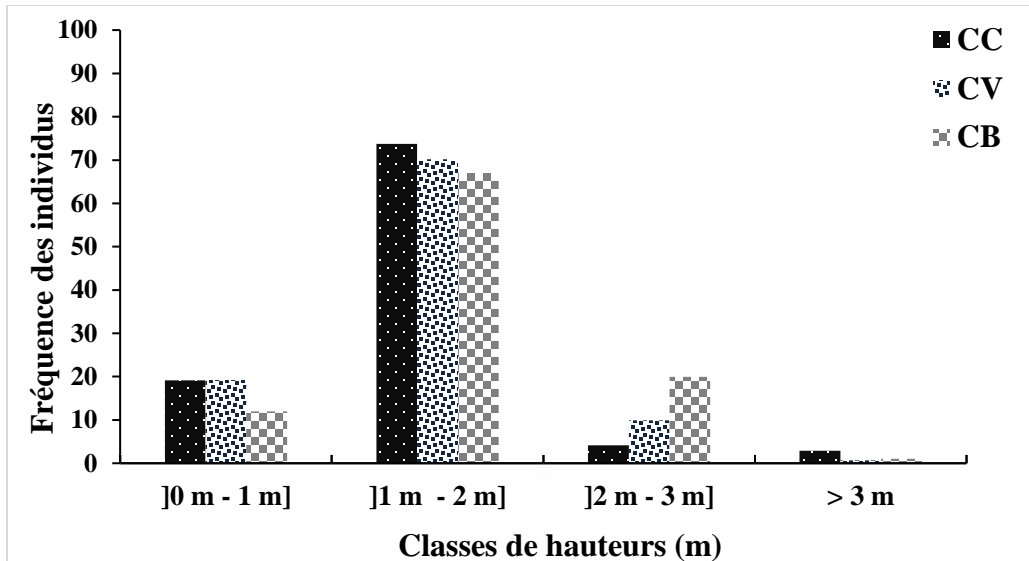
3.1.2.3. Diversité spécifique de la végétation ligneuse

Les valeurs du tableau 2 indiquent une diversité spécifique faible dans les trois types de champs avec un indice de Shannon inférieur à 1 bits et un indice de Pielou inférieur à 0,5. La diversité est plus élevée dans les champs de case ($H'=0,87$; $E=0,46$) et plus faible dans les champs de village ($H'=0,37$; $E=0,16$). Toutefois aucune différence significative n'a été observée entre les indices de diversité de ces trois types de champs.

3.1.3. Structure verticale de la végétation ligneuse

3.1.3.1. Structure verticale suivant les types de champs

La structure par classes de hauteur de la végétation ligneuse du terroir villageois de Keur Madieng est dominée par des individus appartenant à la classe de hauteur]1 m - 2 m] dans les trois types de champs (Figure 6) : 74 % dans les CC, 70% dans les CV et 67% dans les CB. Ceux appartenant à la classe]0 m - 1 m] représentent 19 % aussi bien dans les CC que les CV et 12% dans les CB. Ils s'en suivent les individus appartenant à la classe de hauteur]2 m - 3 m] avec 20% pour les CB, 10% pour les CV et 04% pour les CC. Les individus de hauteur supérieure à 3 m, sont très faiblement représentés dans tous les types de champs (CC : 03%, CV : 01% et CB : 01%).



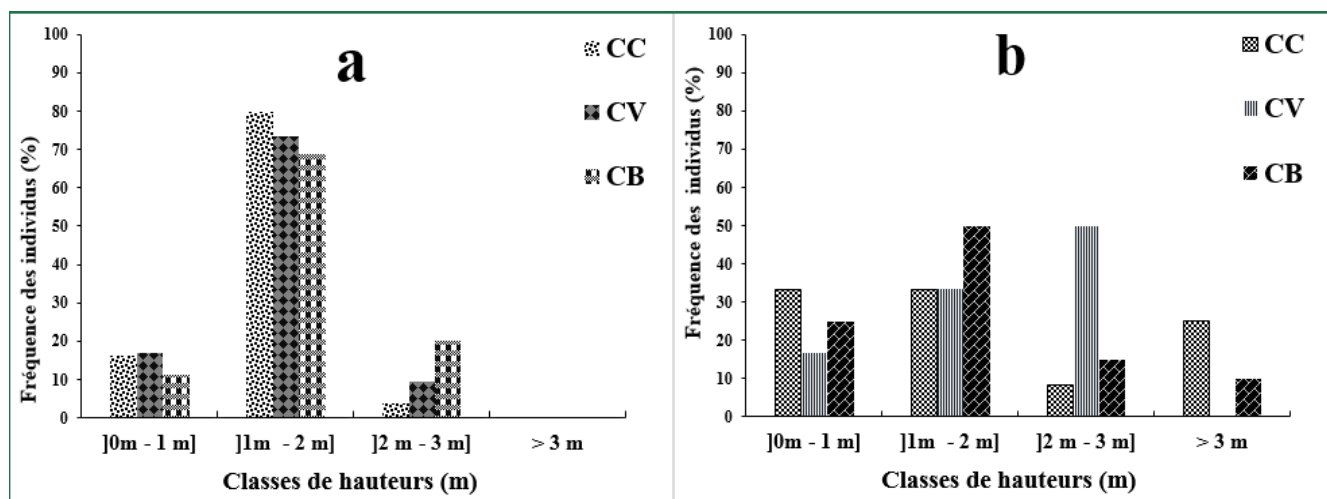
CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Figure 6 : distribution des individus du peuplement par classes de hauteur selon les différents types de champs

3.1.3.2. Structure verticale de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* suivant les types de champs

Comme pour le peuplement global, les individus de *G. senegalensis* sont plus représentés au niveau des classes de hauteur]1 m - 2 m] dans les trois types de champs. Ces individus représentent 80% dans les CC, 73% dans les CV et 69% dans les CB. Les individus des classes]0 m - 1 m] et]2 m - 3 m] sont peu représentés. Toutefois, chez *G. senegalensis*, les individus de hauteur supérieure à 3 m ne sont pas observés dans les trois types de champs (Figure 7a).

Quant à *P. reticulatum*, elle est présente dans toutes les classes de hauteur, dans les champs de case et de brousse, alors que dans les champs de village, les individus de classe supérieure à 3 m ne sont pas représentés (Figure 7 b).



Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Figure 7 : structure verticale de *G. senegalensis* (a) et de *P. reticulatum* (b) dans les différents types de champs

3.1.4. Caractéristiques dendrométriques de la végétation ligneuse du terroir

3.1.4.1. Caractéristiques dendrométriques du peuplement ligneux selon les types de champs

Globalement, la hauteur moyenne des ligneux dans le terroir est de $1,56 \pm 0,31$ m. Elle est de $1,69 \pm 0,34$ m au niveau des champs de brousse et de $1,50$ m dans les champs de case et de village.

Le diamètre moyen du houppier des ligneux dans le terroir est de $2,01 \pm 0,36$ m avec des maxima de $2,05$ m dans les champs de brousse et des minima de $1,98$ m dans les champs de case (Tableau 5).

Tableau 5 : variation des paramètres dendrométriques de la végétation ligneuse selon les types de champs

Paramètres	CC		CV		CB	
	M	σ	M	σ	M	σ
Hmoy (m)	1,50 ^a	0,42	1,50 ^a	0,15	1,69 ^a	0,34
Dmh (m)	1,98 ^a	0,54	2,01 ^a	0,32	2,05 ^a	0,25

Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse ; M : Moyenne ; σ : écart-type ; Hmoy : Hauteur moyenne ; Dmh : Diamètre moyen houppier.

Sur une même ligne, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes

3.1.4.2. Caractéristiques dendrométriques de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* dans le terroir et suivant les types de champs

Dans le terroir, la hauteur moyenne ($2,04 \pm 1,25$ m) de même que le diamètre moyen du houppier ($2,71 \pm 1,24$ m) de *P. reticulatum* sont significativement plus importants ($p=0,037$ et $p=0,013$, respectivement) que ceux de *G. senegalensis* ($H_{moy}=1,48 \pm 0,32$ m et $D_{mh}=1,92 \pm 0,42$ m).

Les individus de *G. senegalensis* ont une plus grande hauteur dans les champs de brousse ($1,65 \pm 0,37$ m) et plus faible dans les champs de case ($1,25 \pm 0,27$ m). Quant aux individus de *P. reticulatum* leur hauteur la plus élevée est notée au niveau des champs de case ($2,74 \pm 216$ m) et leur plus faible hauteur moyenne est enregistrée au niveau des champs de brousse ($1,61 \pm 0,32$ m).

Quel que soit le type champ, il n'existe toutefois pas de différence significative de la hauteur des individus entre ces deux espèces avec des P-values de 0,149 ; 0,114 et 0,856 respectivement pour les CC, CV et CB (Tableau 6).

Tableau 6 : paramètres dendrométriques de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum*

Terroir / types de champs	Paramètres	<i>G. senegalensis</i>		<i>P. reticulatum</i>		P
		M	σ	M	σ	
Terroir	Hmoy (m)	1,48 ^b	0,32	2,04 ^a	1,25	0,037
	Dmh (m)	1,92 ^b	0,42	2,71 ^a	1,24	0,013
CC	Hmoy (m)	1,25 ^a	0,27	2,74 ^a	2,16	0,149
	Dmh (m)	1,69 ^a	0,54	3,29 ^a	2,14	0,083
CV	Hmoy (m)	1,54 ^a	0,22	1,78 ^a	0,11	0,114
	Dmh (m)	2,09 ^a	0,4	2,4 ^a	0,51	0,372
CB	Hmoy (m)	1,65 ^a	0,37	1,61 ^a	0,32	0,856
	Dmh (m)	1,98 ^a	0,28	2,44 ^a	0,34	0,082

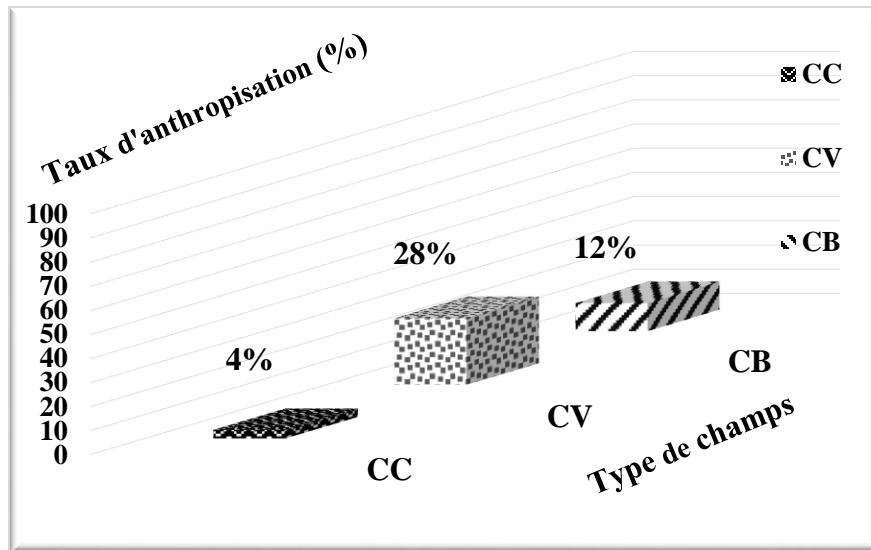
Légende : M : Moyenne ; σ : écart-type ; P : P-value ; CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse ; Hmoy (m) : Hauteur moyenne en mètre ; Dmh (m) : Diamètre moyen du houppier en mètre.

Sur une même ligne, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes

Considérant le diamètre moyen du houppier des individus de *G. senegalensis*, il est plus important au niveau des CV ($2,09\pm 0,4$ m) et plus faible au niveau des CC avec $1,69\pm 0,54$ m. Pour *P. reticulatum*, le diamètre moyen le plus important est noté au niveau des CC ($3,29\pm 2,14$ m) et le plus faible est enregistré au niveau des CV ($2,40\pm 0,51$ m). Tout comme la hauteur moyenne, il n'existe pas de différence significative du diamètre moyen du houppier des individus entre ces deux espèces utilisées comme BRF avec des P-values de 0,08 ; 0,37 et 0,08 respectivement pour les CC, CV et CB.

3.1.5. Taux d'anthropisation

L'analyse de la Figure 8 montre que tous les types de champs ont été soumis à l'action anthropique (coupes, défrichements, dessouchages, etc.).



Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Figure 8 : degré d'anthropisation suivant les types de champs (CC, CV et CB)

Dans le terroir, l'anthropisation de la végétation ligneuse est plus marquée dans les champs de village (28%) suivis des champs de brousse (12%) et des champs de case avec 4% de taux d'anthropisation.

Dans les CC, 04% des individus ont eu des rejets coupés. Dans cette proportion, *G. senegalensis* représente 02%, *P. reticulatum* 01% et 01% pour *Z. mauritiana*. Dans les CV, le taux d'individus qui ont été dessouchés représente environ 1%, ceux ayant des rejets coupés 02% et 25% pour les

individus défrichés, soit un taux d’anthropisation de 28 % dans lequel *G. senegalensis* occupe les 27% et *P. reticulatum* 01% (Tableau 7).

Dans les CB, 12% des individus ont eu des rejets coupés dont les 11% concernent *G. senegalensis* et 01% pour *P. reticulatum*. En somme, l’anthropisation est plus accentuée dans les CV (28%) que dans les CB (12%). Les CC (04%) ont le plus faible niveau d’anthropisation (Tableau 7).

Tableau 7 : proportion d’individus (%) affectés par l’anthropisation suivant l’espèce et le type de champs

Type de champs	Espèces	Rejets coupés (%)	Individus défrichés (%)	Individus dessouchés (%)
CC	<i>G. senegalensis</i>	2	0	0
	<i>P. reticulatum</i>	1	0	0
CV	<i>G. senegalensis</i>	1	25	1
	<i>P. reticulatum</i>	1	0	0
CB	<i>G. senegalensis</i>	11	0	0
	<i>P. reticulatum</i>	1	0	0

Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Par conséquent, le défrichement ainsi que la coupe des rejets sont les actions anthropiques les plus marquées dans le terroir et particulièrement dans les CV et CB. Les principales espèces concernées sont *G. senegalensis* qui est l’espèce sur laquelle on note le plus de pression et *P. reticulatum* (Photo 1).

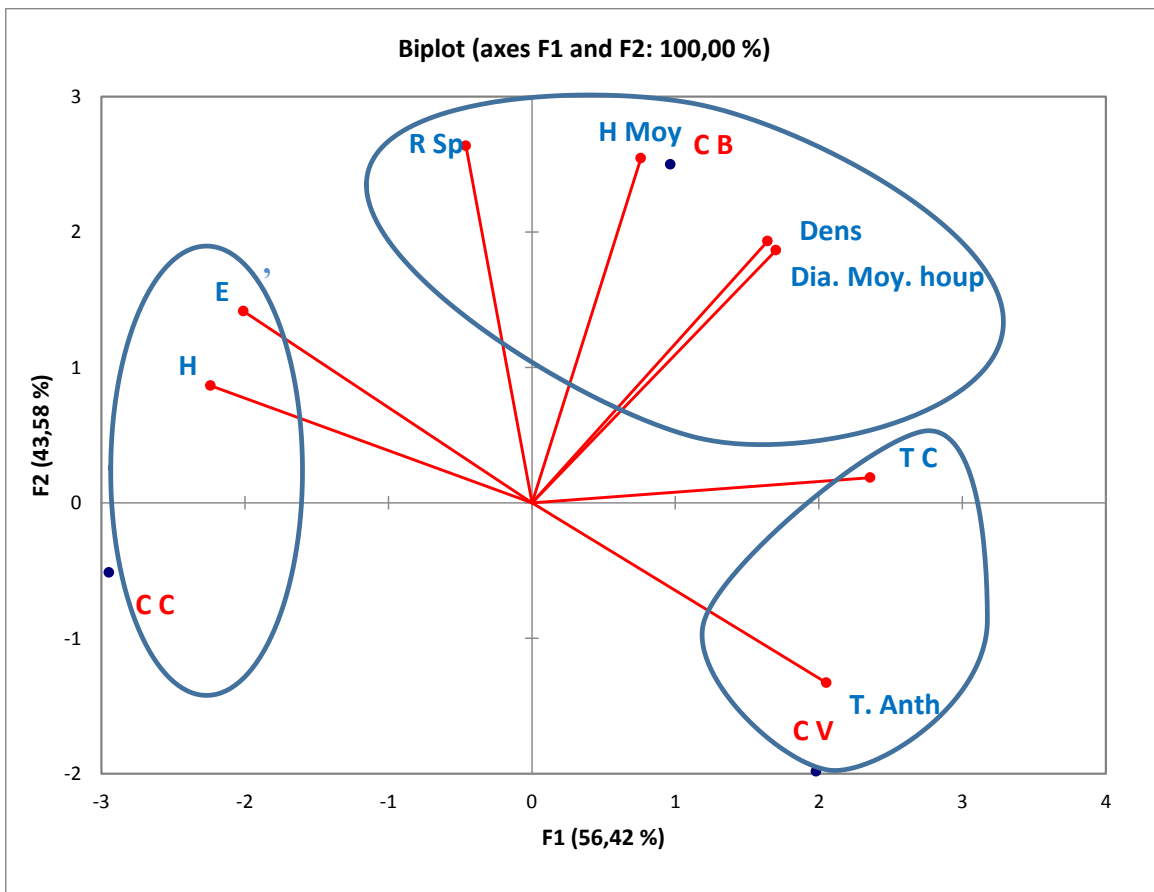


Photo 1 : pieds de *P. reticulatum* (a) et de *G. senegalensis* (b) coupés

3.1.6. Descriptif de la végétation ligneuse suivant les types de champs dans le terroir

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de discriminer clairement les types de champs sur la base des caractéristiques de leur végétation ligneuse (Figure 9).

Les champs de case (CC) sont caractérisés par une diversité spécifique élevée ($H = 0,87$ bits ; $E = 0,46$), un taux de couverture faible (7,63%) et un taux d'anthropisation faible (4%). Ces champs s'opposent aux champs de village (CV) caractérisés par une diversité faible ($H = 0,34$ bits ; $E = 0,16$), un taux d'anthropisation (T Anth) élevé (28%) et un taux de couverture élevé (14,65%). Quant aux champs de brousse, ils sont caractérisés par une richesse spécifique élevée (9 espèces) et des paramètres structuraux et dendrométriques élevés (Dens=388 ind/ha ; H Moy= 1,69 m et Dia. moy houp.=2,05m).



Légende : Dens : Densité ; T C : Taux de couverture ; H' : Indice de Shannon ; E : Indice de Pielou ; R Sp : Richesse spécifique ; T. Anth : Taux d'anthropisation ; H Moy : Hauteur moyenne ; Dia. Moy. Houp : Diamètre moyen houpier ; CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Figure 9 : caractéristiques générales de la végétation ligneuse dans les différents types de champs

- **Corrélation entre les paramètres étudiés de la végétation ligneuse**

L'analyse du tableau 8 montre que dans le terroir, les champs ayant une densité de la végétation ligneuse élevée présentent des individus avec une hauteur et un diamètre du houppier élevés mais aussi avec un taux de couverture important. Le taux de couverture est négativement corrélé à la diversité dans les champs mais positivement corrélé au diamètre du houppier. Donc les champs à forte couverture ont une diversité faible et un diamètre moyen du houppier des individus élevé. Quant aux champs à fort taux d'anthropisation, ils montrent une diversité faible.

Tableau 8 : matrice de corrélation des paramètres étudiés de la végétation ligneuse de la zone d'étude

Variables	Dens	T C	H'	E	R Sp	T. Anth	H Moy	Dia. Moy. Houp
Dens	1							
T C	0,767	1						
H'	-0,459	-0,922	1					
E	-0,247	-0,811	0,974	1				
R Sp	0,540	-0,126	0,500	0,682	1			
T. Anth	0,283	0,832	-0,982	-0,999	-0,655	1		
H Moy	0,888	0,387	0,000	0,225	0,866	-0,189	1	
Dia. Moy. Houp	0,999	0,744	-0,427	-0,213	0,569	0,249	0,904	1

Légende : **Dens** : Densité ; **T C** : Taux de couverture ; **H'** : Indice de Shannon ; **E** : Indice de Pielou ; **R Sp** : Richesse spécifique ; **T. Anth** : Taux d'anthropisation ; **H Moy** : Hauteur moyenne ; **Dia. Moy. Houp** : Diamètre moyen houppier.

3.1.7. Dynamique de la végétation ligneuse de 2016 à 2019

3.1.7.1. Dynamique de la flore

3.1.7.1.1. Evolution de la diversité floristique

En 2016, la flore ligneuse du terroir faisait état de 12 espèces réparties en 11 genres et 08 familles contre 14 espèces, 13 genres et 06 familles en 2019 (Tableau 10). En 2016 la famille des Apocynaceae (25% des espèces) est la plus représentée suivie de celle des Combretaceae et des Fabaceae (16% des espèces chacune). Tandis qu'en 2019, la famille des Fabaceae est la plus représentée (36% des espèces) suivie de celle des Combretaceae (29% des espèces). En 2016

comme en 2019, la famille des combrétacées fait partie des familles les plus représentées, de même que le genre *Combretum*.

Tableau 9 : liste des espèces ligneuses présentes dans les types de champs en 2016 et 2019

Années			2016			2019		
Familles	Genres	Espèces	Type de champs					
			CC	CV	CB	CC	CV	CB
Apocynaceae	<i>Calotropis</i>	<i>Calotropis procera</i>	-	+	-	-	-	-
	<i>Leptadenia</i>	<i>Leptadenia hastata</i>	+	+	+	-	+	+
	<i>Leptadenia</i>	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	+	-	+	-	-	-
Capparaceae	<i>Maerua</i>	<i>Maerua angolensis</i>	-	-	+	-	-	-
Combretaceae	<i>Anogeissus</i>	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Combretum</i>	<i>Combretum aculeatum</i>	-	-	-	-	+	+
	<i>Combretum</i>	<i>Combretum glutinosum</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Guiera</i>	<i>Guiera senegalensis</i>	+	+	+	+	+	+
Euphorbiaceae	<i>Securidaca</i>	<i>Securidaca longepedunculata</i>		-	+	-	-	-
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia seyal</i>	-	-	-	-	-	+
	<i>Cordyla</i>	<i>Cordyla pinnata</i>	-	-	-	-	+	-
	<i>Dichrostachys</i>	<i>Dichrostachys glomerata</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Faidherbia</i>	<i>Faidherbia albida</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Piliostigma</i>	<i>Piliostigma reticulatum</i>	+	+	+	+	+	+
Icacinaceae	<i>Icacina</i>	<i>Icacina senegalensis</i>	-	-	+	-	-	+
Ramnaceae	<i>Ziziphus</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>	+	+	-	+	-	-
Rubiaceae	<i>Gardenia</i>	<i>Gardenia ternifolia</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Mitragyna</i>	<i>Mitragyna inermis</i>	-	-	-	+	-	-
Zygophyllaceae	<i>Balanites</i>	<i>Balanites aegyptiacus</i>	-	+	-	-	-	-
Total			7	9	8	8	7	9

Légende : + : Présence ; - : Absence ; CC : Champs de case ; CV : Champs de village ; CB : Champs de brousse.

La richesse spécifique est variable selon le type de champs. Elle était en 2016 de 07, 09 et 08 espèces contre 08, 07 et 09 espèces en 2019, respectivement pour CC, CV et CB. Ces espèces sont réparties dans le même ordre en 06, 09 et 07 genres en 2016 contre 08, 06 et 08 genres en 2019. Elles appartiennent pour les CC, CV et CB à 04, 06 et 05 familles en 2016 et 04, 03 et 04 familles en 2019 (Tableau 10).

Tableau 10 : évolution de l'effectif des différents taxons (familles, genres et espèces) suivant les types de champs de 2016 à 2019

Années	2016			2019		
	CC	CV	CB	CC	CV	CB
Type de champs						
Familles	4	6	5	4	3	4
Genres	6	9	7	8	6	8
Espèces	7	9	8	8	7	9

Légende : CC : Champs de case ; CV : Champs de village ; CB : Champs de brousse.

3.1.7.1.2. Evolution de l'abondance des espèces de 2016 à 2019

Dans le terroir, les individus de *G. senegalensis* représentaient 87% des individus du peuplement ligneux en 2016 contre 90% en 2019. Quant à *P. reticulatum*, ses individus représentaient 06% de l'effectif total du peuplement en 2016 contre 04% en 2019. Suivant les types de champs la végétation ligneuse de Keur Madieng est dominée par l'espèce *G. senegalensis* en 2016 comme en 2019 (Figure 10).

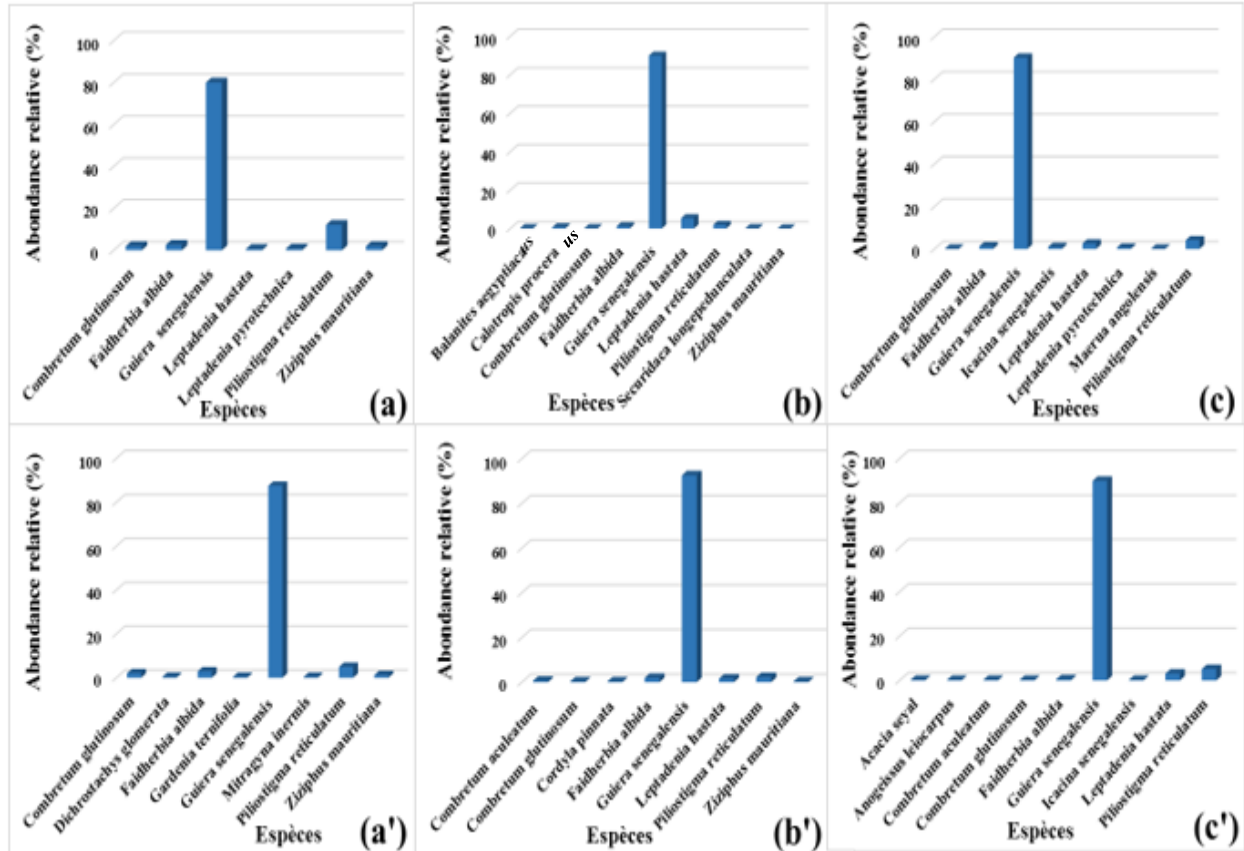


Figure 10 : abondance relative des espèces suivant les types de champs en 2016 (CC : (a), CV : (b) et CB : (c)) et en 2019 (CC : (a'), CV : (b') et CB : (c'))

3.1.7.2. Evolution des paramètres de diversité de 2016 à 2019

Le test de comparaison des moyennes des indices de diversité de la végétation ligneuse du terroir et des différents types de champs en 2016 et 2019 montre qu'en 2016 comme en 2019, les indices de diversité sont restés faibles (Tableau 11).

Tableau 11 : dynamique des indices de diversité de la végétation ligneuse de 2016 à 2019 suivant les types de champs

Indices diversité	Années	Terroir		CC		CV		CB	
		M	P	M	P	M	P	M	P
I. Shannon (H') (bits)	2016	0,64 ^a		0,69 ^a		0,61 ^a		0,61 ^a	
	2019		0,96		0,77		0,63		0,977
I. Pielou (E)	2016	0,29 ^a		0,31 ^a		0,29 ^a		0,27 ^a	
	2019		0,62		0,53		0,71		0,3
		0,33 ^a		0,46 ^a		0,16 ^a		0,37 ^a	

Légende : CC : Champs de Case, CV : Champs de Village, CB : Champs de Brousse ; M : Moyenne ; P : P-value.
Dans une même colonne, les valeurs accompagnées de lettre identique ne sont pas significativement différentes.

L'analyse statistique a révélé qu'il n'existe aucune différence significative ($p > 0,05$) des indices de diversité de la végétation ligneuse entre les types de champs d'une part et entre les années 2016 et 2019 au niveau de chaque type de champ d'autre part. La diversité spécifique avec des indices de Shannon < 1 et des indices de Pielou $< 0,5$ est très faible à l'échelle du terroir et au niveau des types de champs aussi bien en 2016 qu'en 2019. L'indice de Shannon a légèrement augmenté dans les CC et dans les CB et a baissé sensiblement dans les CV de 2016 à 2019. La même tendance est observée pour l'indice de Pielou.

3.1.7.3. Evolution de la densité du peuplement ligneux de 2016 à 2019

3.1.7.3.1. Evolution au niveau du terroir et suivant les types de champs

La densité moyenne observée dans le terroir est significativement plus importante en 2016 comparée à l'année 2019 ($p < 0,05$) (Figure 11). Elle est de $670 \pm 403,87$ individus/ha en 2016 contre $312 \pm 193,97$ individus/ha en 2019. Soit en valeur relative, une baisse de 53,43 % de 2016 à 2019.

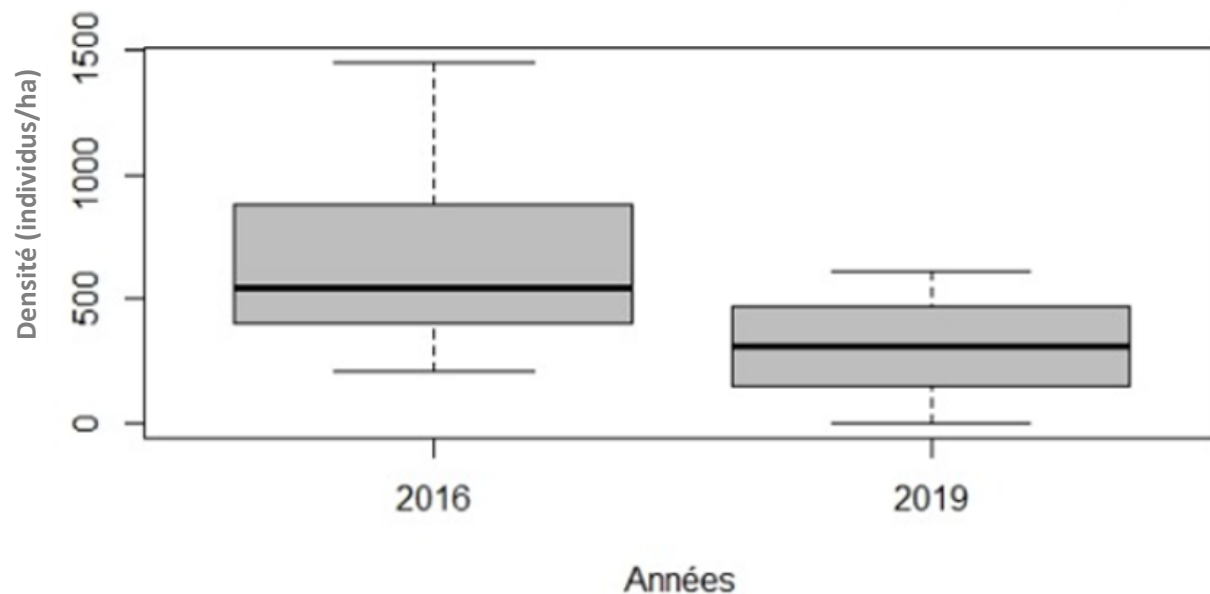


Figure 11 : densité moyenne observée des individus dans le terroir en 2016 et en 2019

Quel que soit le type de champs la densité moyenne est significativement plus importante en 2016 qu'en 2019 ($P < 0,05$). La baisse de la densité est moins importante dans les champs de brousse avec une diminution de 49,74% des individus à l'ha de 2016 à 2019. Elle est plus importante au niveau des champs de case avec une diminution de 56,91% de 2016 à 2019. Dans les champs de village la densité est passé de 680 à 308 individus à l'ha soit une baisse de 54,70% à l'ha de 2016 à 2019 (Tableau 12).

Tableau 12 : évolution de la densité du peuplement ligneux au niveau du terroir et suivant les types de champs de 2016 à 2019

Années	Terroir		CC		CV		CB	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
2016	670 ^a	403,87	557 ^a	598,21	680 ^a	231,24	772 ^a	394,6
2019	312 ^b	193,97	240 ^b	223,31	308 ^b	223,16	388 ^b	153,78

Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse ; M : Moyenne ; σ : écart-type.

Dans une même colonne, les valeurs accompagnées de lettre identique ne sont pas significativement différentes.

3.1.7.3.2. Evolution de la densité de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* dans le terroir et dans les types de champs

Aucune différence significative de la densité n'est observée entre les différents types de champs pour une même année (Tableau 13). Il en découle que la densité de *G. senegalensis* ne dépend pas des types de champs. Cependant, de 2016 à 2019, la densité de *G. senegalensis* a significativement diminué ($p= 0,026$) passant de $606\pm 401,72$ individus/ha en 2016 à $282\pm 195,8$ individus/ha en 2019. Cette même tendance est observée dans un même type de champs ($p<0,05$). Chez *P. reticulatum*, en plus de la faible densité notée en 2016 et 2019 dans le terroir et dans les types de champs, elle ne varie pas significativement entre les années ($p>0,05$).

Tableau 13 : évolution de la densité des espèces *G. senegalensis* et *P. reticulatum* dans le terroir et dans les différents types de champs de 2016 à 2019

Types de champs	Années	<i>G. senegalensis</i>		<i>P. reticulatum</i>	
		M	P	M	P
Terroir	2016	606 ^a	P<0,05	24 ^a	p>0,05
	2019	282 ^b		13 ^a	
CC	2016	508 ^a	P<0,05	26 ^a	p>0,05
	2019	210 ^b		12 ^a	
CV	2016	612 ^a	P<0,05	12 ^a	p>0,05
	2019	286 ^b		7 ^a	
CB	2016	700 ^a	P<0,05	35 ^a	p>0,05
	2019	349 ^b		20 ^a	

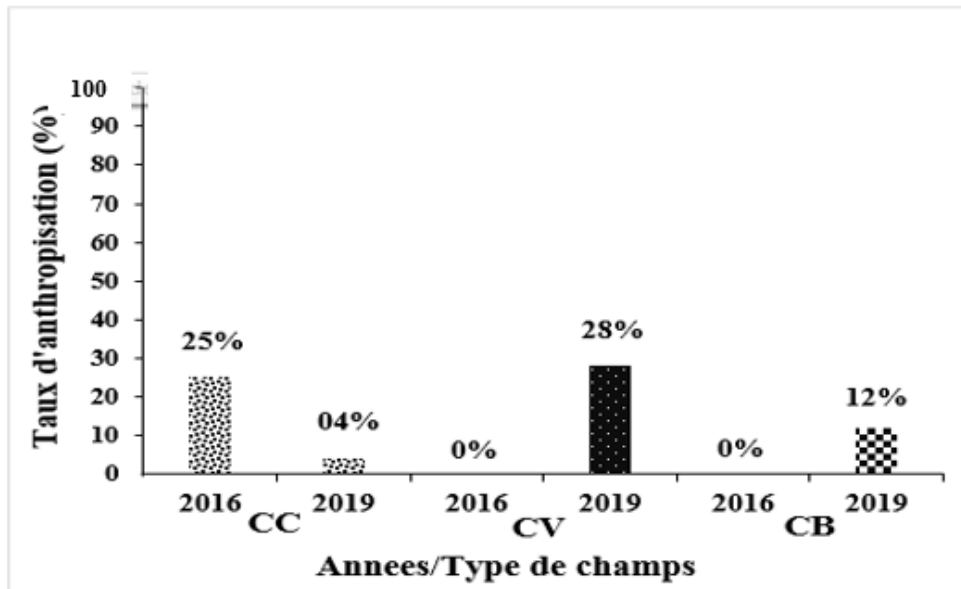
Légende : M : Moyenne ; CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Dans une même colonne et pour le même type de champ, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes.

3.1.7.4. Evolution du taux d'anthropisation des ligneux suivant les types de champs de 2016 à 2019

En 2016, seuls les CC avec 25% de taux d'anthropisation sont concernés par l'action anthropique, alors qu'en 2019 tous les champs ont subi des coupes ou des défrichements mais les CV et CB

sont les plus touchés avec respectivement 28% et 12% de taux d'anthropisation. La pression anthropique est donc plus forte en 2019 qu'en 2016 (Figure 12).



Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Figure 12 : taux d'anthropisation des différents types de champs en 2016 et 2019

3.1.8. Effet de la coupe sur la capacité de régénération de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* dans le terroir et suivant les types de champs

3.1.8.1. Dans le terroir

La capacité de régénération a été évaluée en 2016, 2017 et 2019. Dans le terroir, la capacité de régénération de *G. senegalensis* en 2017 ($23,62 \pm 4,99$ brins/souche), après la première coupe en 2016 est significativement plus importante comparée à celle des années 2016 ($13,93 \pm 4,08$; $p = 3,22e-05$) c'est à dire avant coupe et 2019 ($17,57 \pm 6,29$; $p = 0,0161$) c'est-à-dire après la deuxième coupe. Par contre aucune différence significative de la capacité de régénération ($p = 0,133$) n'est observée entre les années 2016 (avant coupe) et 2019 (après deuxième coupe). Il apparait ainsi que la première coupe (2016) a stimulé la capacité de régénération de *G. senegalensis* tandis que la deuxième pratiquée en 2017 l'a diminué.

Pour l'espèce *P. reticulatum*, aucune différence significative de la capacité de régénération ($p > 0,05$) n'a été observée entre les années. Il n'y a donc pas d'effet coupe sur la capacité de régénération de l'espèce même si en valeur absolue la première coupe a induit en 2017 une capacité

de régénération plus importante ($24,96 \pm 29,51$ brins/souche) comparée aux autres années (Tableau 14).

Tableau 14 : nombre moyen de brins par souche chez *G. senegalensis* et *P. reticulatum* dans le terroir en 2016, 2017, 2019

Années	<i>G. senegalensis</i>		<i>P. reticulatum</i>	
	M	σ	M	σ
2016	13,93 ^b	4,08	18,71 ^a	18,21
2017	23,62 ^a	4,99	24,96 ^a	29,51
2019	17,57 ^b	6,29	22,54 ^a	24,61

Légende : M : Moyenne ; σ : écart-type.

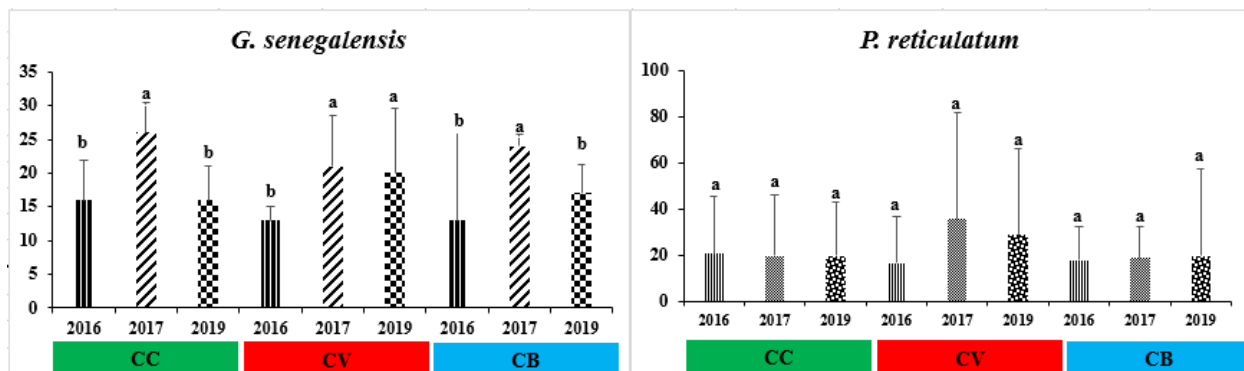
Dans une même colonne, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes.

3.1.8.2. Suivant les types de champs

Pour *G. senegalensis* globalement, la capacité de régénération est significativement plus importante en 2017 comparée à celle des années 2016 et 2019 quel que soit le type de champ.

Pour les champs de case et de brousse, il n'y a pas de différence significative de la capacité de régénération de l'espèce entre 2016 et 2019. Dans les champs de village la capacité de régénération de *G. senegalensis* en 2017 n'est pas différente statistiquement de celle de 2019. Il apparaît ainsi, comme à l'échelle du terroir, que la première coupe (2016) a influencé positivement sur la capacité de régénération en 2017 tandis que la deuxième coupe (2017) l'a été négativement.

Pour l'espèce *P. reticulatum*, quel que soit le type de champ, aucune différence significative de la capacité de régénération n'est observée entre les années ($p > 0,05$) mais aussi entre les types de champs pour une même année. Autrement dit, la capacité de régénération de l'espèce ne dépend ni du type de champs ni de l'année de coupes (Figure 13).



Légende : CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

Figure 13 : nombre moyen de brins par souche chez *G. senegalensis* et *P. reticulatum* suivant les types de champs et les années de coupe

3.1.9. Effet de la coupe sur la production de biomasse de *G. senegalensis* et *P. reticulatum* au niveau du terroir et des types de champs

3.1.9.1. Au niveau du terroir

Quelle que soit l'année, *G. senegalensis* a produit une biomasse moyenne à l'hectare dans le terroir statistiquement plus importante que celle de *P. reticulatum* ($p < 0,05$). Il existe donc un effet espèce sur la production de biomasse dans le terroir.

La production de biomasse de *G. senegalensis* est significativement plus importante ($p = 0,013$) en 2017 (après première coupe pratiquée en 2016) comparée à celle des années 2016 (avant coupe) et 2019 (après la deuxième coupe). Cependant, entre la production moyenne de biomasse de 2016 et 2019, la variation n'est pas significative ($p > 0,05$). Il apparaît ainsi que pour cette espèce la première coupe (2016) a influencé positivement la production de biomasse en 2017 ($72,16 \pm 28,26$ kg Ms/ha) tandis que la deuxième coupe (2017) l'a influé négativement en 2019 ($43,06 \pm 23,61$ kg Ms/ha).

Comparée à l'espèce *G. senegalensis*, la biomasse produite par *P. reticulatum* est très faible. Pour cette espèce la production de biomasse ne présente pas de variation significative entre les années. Autrement dit, la coupe n'a pas un effet significatif sur la quantité de biomasse produite chez *P. reticulatum* ($P > 0,05$) (Figure 14).

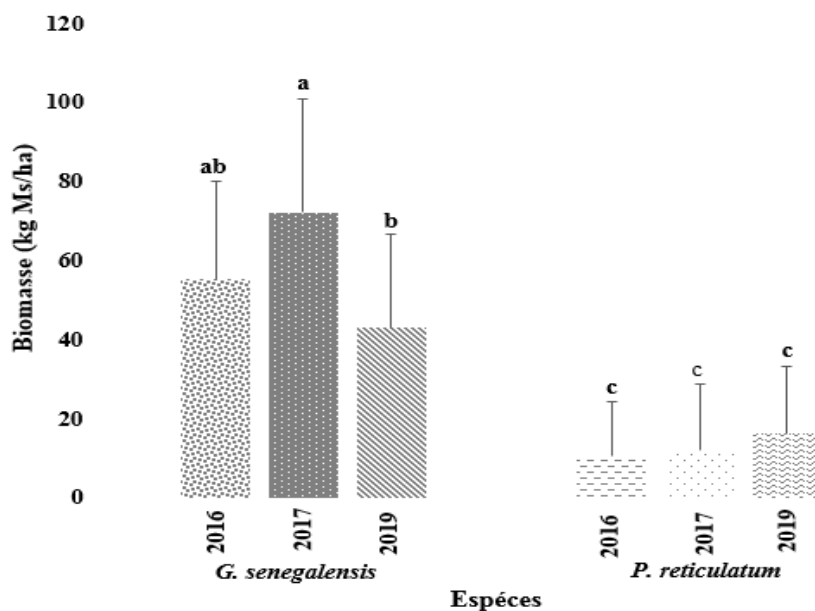


Figure 14 : biomasse produite par *G. senegalensis* et *P. reticulatum* dans le terroir suivant les années (2016, 2017 et 2019)

3.1.9.2. Suivant les types de champs

Quel que soit le type de champ et l'année, la biomasse moyenne de *G. senegalensis* produite à l'hectare est significativement plus importante que celle de *P. reticulatum* ($p < 0,05$).

Pour l'espèce *G. senegalensis*, la biomasse produite dans les champs de case et de village ne présente aucune différence significative entre les années ($P < 0,05$). Par contre au niveau des champs de brousse, la biomasse produite lors de la coupe de 2017 ($73,84 \pm 10,81$ kg Ms/ha), est significativement plus importante que celle obtenue en 2019 ($37,21 \pm 11,05$ kg Ms/ha). Il apparaît ainsi que dans les CB, la coupe de 2016 a induit une bonne production de biomasse en 2017. En 2019, la production de biomasse chez *G. senegalensis* dépend du type de champs. En effet, elle est significativement plus importante dans les CV que dans les CC ($p = 0,035$) et les CB ($p = 0,031$). Toutefois entre la biomasse moyenne à l'hectare de *G. senegalensis* dans les CC ($26,40$ kg Ms/ha) et les CB ($37,21$ kg Ms/ha) la variation n'est pas significative ($p > 0,05$) (Tableau 15). Pour l'espèce *P. reticulatum* quel que soit le type de champs, il n'existe aucune différence significative de la biomasse produite entre les années. Il n'y a donc, ni un effet types de champs ni année de coupe sur la production de biomasse de l'espèce ($p > 0,05$).

Tableau 15 : biomasse de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* dans les différents types de champs (CC, CV, CB) et suivant les années (2016, 2017 et 2019)

Type de champs	Années	<i>G. senegalensis</i>		<i>P. reticulatum</i>	
		M	σ	M	σ
CC	2016	40,16 ^a	35,62	17,23 ^a	20,90
	2017	52,34 ^a	38,8	11,350 ^a	20,12
	2019	26,40 ^a	23,22	14,71 ^a	17,70
CV	2016	67,12 ^a	14,3	7,23 ^a	11,05
	2017	90,30 ^a	20,56	14,20 ^a	22,02
	2019	65,60 ^a	17,03	18,05 ^a	20,95
CB	2016	58,54 ^{ab}	16,16	7,46 ^a	5,68
	2017	73,84 ^a	10,81	10,85 ^a	9,98
	2019	37,21 ^b	11,05	15,99 ^a	16,53

Légende : M : Moyenne ; σ : écart-type ; CC : Champs de Case ; CV : Champs de Village ; CB : Champs de Brousse.

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

3.1.10. Effet de la coupe sur le potentiel de stockage de carbone aérien des espèces *G. senegalensis* et *P. reticulatum* dans le terroir de Keur Madieng

Dans le terroir, le potentiel de séquestration de carbone des deux espèces confondues est en moyenne de 31,31±13,47 kg C/ha en 2016, de 40,04±19,56 kg C/ha en 2017 et 28,17±14,6 kg C/ha 2019. Toutefois cette variation entre les années n'est pas significative. La coupe n'a donc pas influé significativement sur le potentiel de séquestration du carbone ($p>0,05$) (Tableau 16).

Tableau 16 : quantité moyenne de carbone stockée par espèces *G. senegalensis* et *P. reticulatum* dans le terroir en 2016, 2017 et 2019

Années	<i>G. senegalensis</i> +		<i>G. senegalensis</i>		<i>P. reticulatum</i>	
	<i>P. reticulatum</i>		M	σ	M	σ
	M	σ				
2016	31,31 ^a	13,47	26,25 ^{ab}	11,74	5,05 ^a	6,46
2017	40,04 ^a	19,56	34,27 ^a	13,61	5,76 ^a	7,84
2019	28,17 ^a	14,6	20,46 ^b	11,21	7,72 ^a	7,97

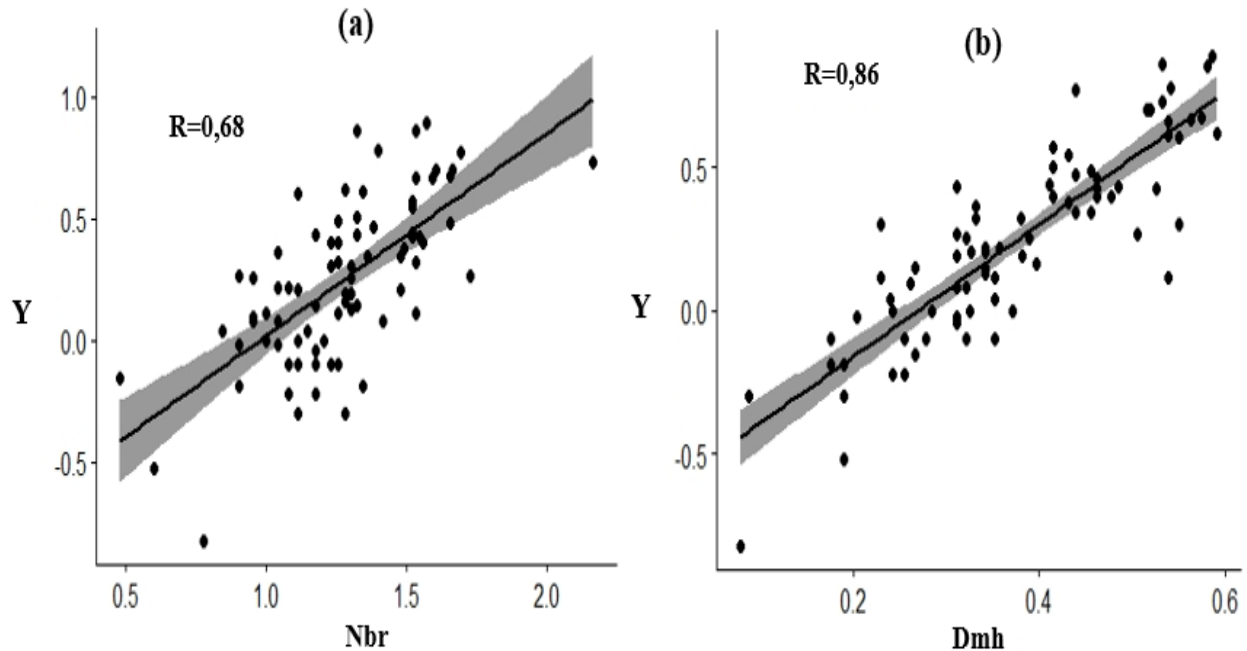
Légende : M : Moyenne ; σ : écart-type.

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

La quantité de carbone stockée dans la zone par *G. senegalensis* est significativement plus importante que celle de *P. reticulatum* suivant les années de coupe ($P=0,004$). Pour cette espèce, la quantité de carbone stockée dans le terroir est significativement plus importante en 2017 qu'en 2019 ($p=0,013$) bien que ne variant pas significativement par rapport à 2016 ($p>0,05$). Il apparaît ainsi que la première coupe (2016) a induit un effet positif sur le potentiel de séquestration de carbone en 2017. Quant à *P. reticulatum*, son potentiel de séquestration de carbone ne varie pas statistiquement d'une année à l'autre. Il n'y a donc pas d'effet d'année de coupe sur le potentiel de séquestration pour cette espèce (Tableau 16).

3.1.11. Modèle allométrique pour *G. senegalensis*

Les résultats du test de corrélation de Pearson montrent que les paramètres les plus corrélés à la biomasse sont le diamètre moyen du houppier (Dmh) et le nombre de brins (Nbr). Ces deux paramètres expliquent mieux la biomasse aérienne avec respectivement des coefficients de corrélation de 0,86 et 0,68 soit des coefficients de détermination R^2 de 0,75 et 0,46 respectivement. Ces deux paramètres expliquent donc respectivement 75 et 46% de la biomasse de *G. senegalensis* (Figure 15).



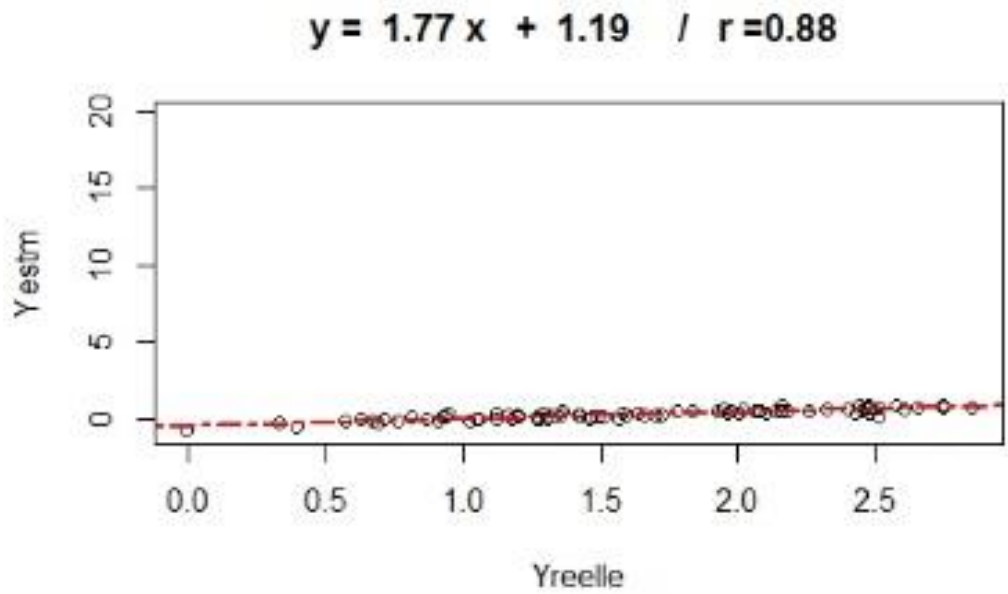
Légende : **Nbr** : Nombre de brins ; **Dmh** : Diamètre moyen houppier ; **Y** : Biomasse aérienne.

Figure 15 : corrélation entre la biomasse/nombre de brins (a) et entre biomasse/diamètre moyen houppier (b)

Ainsi, le modèle intégrant à la fois le nombre de brins (Nbr) et le diamètre moyen houppier (Dmh) constitue le meilleur modèle d'après le R^2 , l'AIC et le p-value. Le coefficient de détermination (R^2) du modèle est de 0,77 avec un p-value significatif ($p > 0,05$). Le modèle explique 77% de la biomasse produite par *G. senegalensis*.

$$\log Y = 0,254 * \log Nbr + 1,96 * \log Dmh - 0,815$$

L'analyse de la relation entre la biomasse estimée par le modèle et la biomasse réelle évaluée sur le terrain montre une forte corrélation ($r=0,88$). La biomasse réelle et la biomasse estimée sont liées par une relation linéaire de la forme : $Y_{réelle} = 1,19 + 1,77 * Y_{est}$ (Figure 16).



Légende : **Yreelle** : Biomasse aérienne évaluée ; **Yestm** : Biomasse aérienne estimée par le modèle.

Figure 16 : corrélation entre la biomasse aérienne estimée par le modèle et la biomasse réelle évaluée

3.2. Discussion

3.2.1. Caractérisation de la végétation

3.2.1.1. Composition et diversité floristique du terroir de Keur Madieng

L'étude a révélé une richesse spécifique de 14 espèces réparties en 13 genres et 06 familles. Cette diversité floristique est faible comparée à celle observée dans la même zone agroécologique (terroir de Keur Birame) par Diedhiou et *al.* (2018) qui est de 45 espèces appartenant à 41 genres et 26 familles. Elle est aussi faible comparée à celle obtenue par Bondé et *al.* (2013) qui ont recensé 76 espèces réparties en 57 genres et 25 familles dans les champs à Boni, au Burkina Faso.

Les faibles valeurs de l'indice de diversité de Shannon notées dans le terroir et dans l'ensemble des types de champs confirment cette faible diversité floristique dans le terroir. De plus, les faibles valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou témoignent d'une répartition inéquitable des individus de la zone entre les espèces avec une dominance de *G. senegalensis*.

Cette espèce de la famille des combrétacées présente une abondance relative de 90% dans le terroir. Ceci est confirmé par Bakhoum et *al.* (2013) qui attestent qu'une faible diversité est observée quand il y'a dominance des combrétacées. Nos résultats sont aussi similaires à ceux de Badji et *al.* (2015) qui ont noté une faible richesse spécifique (17 espèces) ainsi qu'une dominance des combrétacées dans le terroir de Khatre Sy, au niveau du Bassin arachidier. Dans la zone soudano-sahélienne la dominance des combrétacées est affirmée par plusieurs auteurs (Savadogo et *al.*, 2007 ; Mbaye, 2010 ; Larwanou et Saadou, 2011 ; Issoufou et *al.*, 2014 ; Mbaye et *al.*, 2014 ; Savadogo et *al.*, 2016 ; Morou et *al.*, 2016 ; Bogie et *al.*, 2018). Cette dominance est aussi observée dans le Bassin arachidier (Diack, 1998 ; Lufafa, 2005 ; Lufafa et *al.*, 2008b ; Charahabil et *al.*, 2008 ; Sarr et *al.*, 2013a, Sarr et *al.*, 2013b ; Bakhoum et *al.*, 2013 ; Badji et *al.*, 2014 ; Ba, 2015). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que dans cette zone les sols sont pour la plupart dégradés et subissent une forte pression anthropique. Ainsi, les espèces pionnières qui ont une forte plasticité et une forte capacité de régénération comme *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* s'y développent en formant des peuplements monospécifiques. Il en résulte ainsi une homogénéisation de la zone qui se traduit par de forte densité de ces espèces devenues grégaires (Mbaye, 2010 ; Mbaye et *al.*, 2015).

3.2.1.2. Caractéristiques structurales de la végétation

La forte densité dans le terroir ($312 \pm 193,98$ individus/ha) est à relativiser du fait de la dominance d'une seule espèce, *G. senegalensis*, qui totalise 90% de la densité du peuplement. La densité de *G. senegalensis* notée dans la zone ($282 \pm 195,8$ individus/ha) est supérieure à celle trouvée par Bakhoum et al. (2013) dans la même zone agroécologique qui est de 17 individus/ha. Elle est également supérieure à celle obtenue par Ngom et al. (2013) dans l'aire centrale au Ferlo (154 individus/ha) et à celle notée par Issoufou et al. (2019) dans les terroirs villageois du Centre-Sud du Niger (151 individus/ha). Cette différence pourrait être liée au caractère grégaire de *G. senegalensis* qui est très majoritairement présent dans l'espace inventorié contrairement au Niger et au Ferlo.

La densité élevée de *G. senegalensis* dans le terroir et dans les différents types de champs fait qu'elle constitue l'espèce qui a le plus de potentiel en termes de disponibilité pour fournir du BRF contrairement à l'espèce *P. reticulatum* qui compte $13 \pm 14,68$ individus/ha dans le terroir, $12 \pm 18,76$ individus/ha dans les CC, $7 \pm 9,45$ individus/ha dans les CV et $20 \pm 15,32$ individus/ha dans les CB.

La densité de *P. reticulatum* trouvée dans la zone est inférieure à celle trouvée par Diedhiou-Sall et al. (2012) à Nioro où l'espèce est dominante (185 individus/ha). Des densités de l'espèce variant de 10 à 767 touffes/ha ont également été observées par Zerbo (2011) dans les parcelles paysannes au Centre du Niger. Cette faible densité de l'espèce pourrait s'expliquer par le fait que *P. reticulatum* est très convoitée en raison de sa multifonctionnalité. Ce qui l'expose à une forte pression anthropique (Yélé mou et al., 2007). Par exemple, ses gousses sont un appoint alimentaire très recherché pour le bétail (Bationo et al., 2012).

Malgré la densité élevée des individus, la zone est marquée par un taux de recouvrement faible globalement et dans l'ensemble des différents types de champs. Le couvert aérien au niveau du terroir est de 11,99%. Il varie suivant les différents types de champs avec un taux de (7,63%) dans les CC, 13,69% dans les CB et 14,65% dans les CV. Ainsi, des valeurs similaires ont été observées par Traoré (2000) qui avait trouvé un taux de couverture de 13% pour une densité de *G. senegalensis* de 531 individus/ha et 5% pour une densité de 245 individus/ha respectivement dans les terroirs villageois de Ndiané et Thyllaboubou (région de Thiès). Ces faibles taux de recouvrement de la zone s'expliqueraient par l'importance de la strate arbustive et surtout de la

dominance de *G. senegalensis* (90%). De plus, ces arbustes sont annuellement coupés avant qu'ils n'eussent le temps de se développer et de recouvrir un large espace.

La structure verticale du peuplement montre une dominance des individus appartenant à la classe]1 m – 2 m] dans l'ensemble du terroir et pour les deux espèces contre une faible présence des individus de grandes tailles (> 3 m). Ce qui traduit un peuplement dominé par des individus jeunes. La faible présence des individus de hauteur supérieure à 03 m s'expliquerait par la faible présence de la strate arborée et de la dominance des combrétacées.

Pour *G. senegalensis*, la prédominance de la classe] 2 m – 3 m] dans les champs de Brousse (CB: 20%) comparée aux autres types de champs (CC et CV) pourrait s'expliquer par la mise en jachère de ces champs. En effet, selon Bationo (1994), le manque de recepage conduit à une croissance en hauteur chez *G. senegalensis* qui est une espèce caractéristique des jachères.

Concernant *P. reticulatum*, toutes les classes de hauteurs sont représentées dans les CC et CB. Cependant, on note l'absence des individus de tailles supérieures à 3 m dans les CV. Ceci pourrait s'expliquer par les prélèvements effectués par la population pour le bois de chauffe. En effet, les CV étant proches du village, la pression y est plus forte car les tiges sont récoltées pour la confection de clôtures ou de palissades (Louppe, 1989). De même, les champs cultivés s'y trouvent sauf en cas de manque de terres.

La stratification étant un reflet de la dynamique de la végétation (Bationo, 1994), l'analyse de ces traits structuraux dans la zone montre une forte régénération des individus traduisant l'état juvénile et la pression sur la végétation arbustive.

3.2.2. Degré d'anthropisation en 2019

La pression anthropique sur la végétation ligneuse en 2019 est plus ressentie dans les CV (28%) avec le défrichement qui constitue 25% et dans les CB avec 12% des individus qui ont des rejets coupés. Le taux élevé de défrichement noté dans les CV est lié à la préparation des champs pour l'installation des cultures. La forte pression (rejets coupés) observée dans les CB pourrait être liée à la présence des individus de taille plus importante. En effet, ils sont utilisés pour les besoins domestiques. La faible pression observée dans les CC justifie le constat fait par Rabiou et *al.* (2017) selon qui la pression anthropique est plus accentuée dans les jachères (CB) que dans les champs

de case (CC). Ceci du fait que les jachères sont moins contrôlées durant l'hivernage que les CC et CV.

Les deux espèces sur lesquelles sont exercées les pressions sont *G. senegalensis* et *P. reticulatum*. En effet, ce sont des espèces à usages multiples (Yélékou et *al.*, 2007 ; Ngom et *al.*, 2014).

3.2.3. Dynamique de la végétation ligneuse de 2016 à 2019

La richesse spécifique du terroir est passée de 12 à 14 espèces entre 2016 et 2019.

G. senegalensis reste l'espèce la plus abondante dans la zone aussi bien en 2016 qu'en 2019 avec une abondance relative de 87% et 90% respectivement en 2016 et 2019. L'abondance de cette espèce dans le terroir en dépit des années témoigne du niveau de dégradation de la zone, d'autant plus qu'elle constitue un indicateur de surpâturage (Arbonnier, 2019).

Des densités élevées de l'espèce par rapport aux autres espèces sont notées dans le terroir comme dans les différents types de champs en 2016 et en 2019. Cependant, la forte diminution de la densité des individus en particulier de l'espèce *G. senegalensis* dans le terroir qui est passée de $606 \pm 401,72$ individus/ha en 2016 à $282 \pm 195,8$ individus/ha en 2019 inquiète pour ce qui est de la disponibilité de la ressource pour fournir à long terme la biomasse pour les BRF. Cette diminution de la densité en 2019 pourrait être liée d'une part aux conditions climatiques précaires de la zone et d'autre part à la pression exercée sur la ressource. En effet, quand les ressources manquent cela compromet fortement la croissance des plantes en réduisant leur densité (Seghieri et *al.*, 2005). Également, les prélèvements intensifs (branches, fruit, graines) peuvent induire une régression progressive des espèces qui les produisent (Issoufou et *al.*, 2014).

3.2.4. Effet de la coupe sur la capacité de régénération

L'effet de la coupe sur la capacité de régénération des individus dans le terroir a été évalué à travers le nombre de brins par souche pour chaque année. Ainsi, il est noté que la capacité de régénération est plus importante en 2017 traduisant ainsi un effet positif de la première coupe (2016). Entre 2017 (deuxième coupe) et 2019 (troisième coupe), il n'y a pas eu de variation significative de la capacité de régénération.

Considérant le facteur année, on note une variation significative de la capacité de régénération dans les champs de brousse entre 2016, 2017 et 2019. Le nombre moyen de brins par souche a

significativement augmenté ($p < 0,01$) en 2017 ($24,21 \pm 1,51$ brins/souche) par rapport à 2016 ($13,60 \pm 3,457$ brins/souche). En 2019, après la deuxième coupe (2017), le nombre moyen de brins par souche a baissé ($17,30 \pm 4,22$ brins/souche), traduisant une influence négative de la deuxième coupe sur la capacité de régénération. Cette augmentation du nombre de brins par souche en 2017 peut être expliquée par la forte capacité de régénération des espèces. Par contre, la baisse en 2019 par rapport à 2017 pourrait être liée aux nombreuses coupes de rejets notées dans les CB.

L'année et le type champs n'ont pas un effet significatif sur la capacité de régénération de *P. reticulatum*. Autrement dit, son nombre moyen de brins ne diffère ni entre les types de champs, ni entre les années de coupes (2016, 2017 et 2019).

Par contre, un effet significatif a été observé sur la capacité de régénération de *G. senegalensis* entre les différentes années de coupe. Cela semble être lié, à la capacité de l'espèce à se régénérer par rejets de souches après coupe (Yossi et Dembélé, 1991 ; Ngom et al., 2013). Ce qui justifie l'augmentation du nombre de brins par souche chez l'espèce en 2017 par rapport à 2016. La forte pression anthropique en 2019 et surtout chez l'espèce a certainement impacté sur le nombre de brins par souche qui a diminué en 2019. En effet, une pression accentuée sur les espèces peut limiter leur régénération (Diouf et al., 2005).

3.2.5. Effet de la coupe sur la production de biomasse et le potentiel de stockage de carbone

Dans le terroir, le potentiel de production de biomasse ne dépend pas du type de champs. Par contre, dans les CB on note un effet significatif de l'année. La quantité de biomasse dans les CB est passée de $84,69 \pm 10,97$ kg Ms/ha en 2017 à $53,20 \pm 10,81$ kg Ms/ha en 2019. Cette diminution de la biomasse dans les CB peut être liée à la baisse du nombre de brins observée dans ces mêmes champs en 2019. En effet, les CB étant moins contrôlés, les prélèvements pour le bois de chauffe sont plus intenses, surtout pour la vente dans le *louma* de Guinguinéo.

Dans le terroir, la biomasse moyenne élevée de *G. senegalensis* comparé à *P. reticulatum* pourrait s'expliquer par le faible nombre d'individus de *P. reticulatum* pris dans l'échantillon. En effet, une diminution de la densité conduit à une diminution de la productivité (Diouf et al., 2005).

L'effet des années de coupe sur la quantité de biomasse produite dans le terroir n'est perceptible que sur *G. senegalensis*. En effet, une augmentation significative de la biomasse a été notée de 2016 ($65,91 \pm 28,35$ kg Ms/ha) à 2017 ($72,16 \pm 28,66$ kg Ms/ha) traduisant une influence positive de

la première coupe (2016) et une baisse entre 2017 et 2019 ($43,06 \pm 23,61$ kg Ms/ha) indiquant une influence négative de la deuxième coupe (2017). En 2019, c'est dans les CV que l'espèce a eu plus de biomasse comparés aux CC et CB, ce qui n'est pas observé en 2016 et 2017. Ceci pourrait s'expliquer par le passé cultural des champs, le type de sols, etc. Les CB semblent être les champs où la pression est plus accentuée. La biomasse moyenne de *G. senegalensis* dans ces champs varie fortement de 2017 à 2019 ($p=0,0032$). Dans les champs de brousses, il a été constaté que les individus étaient plus grands. Par ailleurs, Il a été démontré que *G. senegalensis* vit mieux en régime de taillis que de futaie (Louppe, 1991). Une absence de recepage de l'espèce conduit à une croissance en hauteur de l'espèce (jusqu'à 2 m) (Louppe, 1991) ainsi qu'une absence de son pouvoir à rejeter (Badji et al., 2014), ce qui impacte sur la biomasse produite.

Ces variations ou non de la capacité de régénération et de production de biomasse (surtout) observée suivant les différentes années et suivant les types de champs chez les deux espèces sont corrélées à la quantité de carbone séquestrée. Ainsi, une variation de la biomasse induit une variation de la quantité de carbone séquestrée.

3.2.6. Modèle allométrique de *Guiera senegalensis*

Les modèles allométriques qui permettent d'estimer la biomasse d'un arbre à partir de paramètres dendrométriques faciles à mesurer (hauteur, diamètre, etc.) sont des éléments importants pour l'estimation de la contribution des écosystèmes forestiers au cycle de carbone (Picard et al., 2012 ; Kebede et Soromessa, 2018). D'après les régressions simples et multiples effectuées pour la détermination des paramètres explicatifs de la production de biomasse, il est ressorti que le nombre de brins et le diamètre moyen du houppier sont ceux qui prédiraient le mieux la biomasse aérienne avec un coefficient de détermination de 0,76. Ces résultats diffèrent en partie de ceux de Lufafa et al. (2008b) qui ont noté que chez *G. senegalensis* le diamètre moyen houppier et la hauteur sont les paramètres qui permettent de mieux prédire la production de la biomasse. Par contre, ces résultats sont en phase avec ceux de Lufafa et al. (2009) qui ont trouvé que les paramètres nombre de brins, diamètre moyen houppier et la hauteur sont les meilleurs prédicteurs pour la biomasse aérienne de *G. senegalensis*. Cependant, le diamètre houppier uniquement retenu prédirait mieux la biomasse chez *P. reticulatum*. Cela montre l'importance d'intégrer le diamètre houppier pour l'estimation de la biomasse chez *G. senegalensis*.

La relation entre la biomasse prédite et la biomasse réelle a révélé une forte corrélation d'où la qualité et la précision du modèle ($r=0,88$). De ce fait, il constitue un bon modèle allométrique pour l'estimation de la biomasse aérienne de *G. senegalensis* d'après les tests effectués.

Toutefois, comme tout modèle allométrique, les résultats ne sont que des prédictions (Sola et *al.*, 2012). Ainsi, il importe de noter que pour le diamètre du houppier, non seulement l'imprécision des mesures relatives aux dimensions du houppier constitue une difficulté par rapport à l'application de cette méthode, mais constitue aussi une limite qui peut biaiser l'évaluation de la biomasse (Mbow, 2009).

CONCLUSION

Il ressort des résultats de ce travail qu'aussi bien dans le terroir que dans les différents types de champs, la végétation ligneuse est caractérisée par une faible diversité floristique et spécifique, avec une dominance des combrétacées.

La densité des individus dans la zone est élevée et traduit un potentiel intéressant de ressources ligneuses bien que très largement dominée par une seule espèce (*G. senegalensis*). Cette densité diminue significativement d'une année à l'autre.

Les espèces *G. senegalensis* et *P. reticulatum* ont une bonne capacité de régénération dans le terroir comme dans les différents types de champs.

Pour *P. reticulatum*, il n'existe pas d'effet type de champs ni d'effet année de coupe sur les paramètres abondance, densité, capacité de régénération, quantité de biomasse produite et quantité de carbone stockée.

Par contre, ces facteurs induisent une variation significative sur les paramètres abondance, densité, capacité de régénération, quantité de biomasse produite et quantité de carbone stockée chez *G. senegalensis*. Et les valeurs les plus importantes pour la régénération, la quantité de biomasse produite et la quantité de carbone stockée ont été enregistrées en 2017, traduisant un effet positif de la première coupe (2016). En 2019, une diminution des valeurs de ces paramètres est observée traduisant une influence négative de la deuxième coupe (2017).

Il serait important pour une préservation des ressources utilisées comme BRF

- ✂ d'appliquer une sylviculture appropriée dans les champs de brousse soumises à une forte pression;
- ✂ d'associer la technologie du BRF avec la RNA surtout chez *P. reticulatum* pour permettre une plus grande disponibilité de la biomasse ;
- ✂ de réduire ou d'abandonner les mauvaises pratiques culturales (défrichement, dessouchages, coupes abusives) qui accentuent les phénomènes de dégradation des écosystèmes et de perte d'espèces ;
- ✂ de restaurer la biodiversité en intégrant des espèces à usages multiples et capables de résister aux contraintes climatiques et édaphiques de la zone.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amani A., Inoussa M.M., Dan Guimbo I., Mahamane A., Saadou M. et Leykke A.M. 2015.** Germination et croissance de quatre espèces de Combretaceae en pépinière. Fiche technique de production des plants de *Guiera senegalensis* J.F. GMEL. *Tropiculture*, **33** (2), 135-145.
- Arbonier M. 2019.** Arbres, arbustes et lianes des zones sèches de l’Afrique de l’Ouest. 4e éd. Cirad, Ifremer, Inra et Irstea, 573 p.
- 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, 143 p.
- Badji M., Sanogo D. et Akpo L.E. 2014.** Dynamique de la végétation ligneuse des espaces sylvopastoraux villageois mis en défens dans le Sud du Bassin arachidier au Sénégal. *Bois et Forêt des Tropiques*, **319** (1), 44-52.
- Badji M., Sanogo D., Coly L., Diatta Y. et Akpo L.E. 2015.** La Régénération Naturelle Assistée (RNA) comme un moyen de reverdir le Bassin arachidier au Sénégal : cas du terroir de Khatre Sy. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1), 234-245.
- Bakhoum C., Ndour B. et Akpo L.E. 2013.** Diversity of woodlands in the groundnut basin of Kaffrine, Senegal. *J. Appl. Biosci.*, **63**, 4674-4688.
- Balima L.H., Nacoulma B.M.I., Bayen P., Dimobe K., Kouame´ F.N’G., Thiombiano A. 2019.** Aboveground biomass allometric equations and distribution of carbon stocks of the African oak (*Azelia africana* Sm.) in Burkina Faso. *J. For. Res.* 13 p.
- Bationo B.A. 1994.** Etude des potentialités agroforestières, de la multiplication et des usages de *Guiera senegalensis*. Mémoire : Université de Ouagadougou, 70 p.
- Bationo B.A., Kalinganire A. et Bayala J. 2012.** Potentialités des ligneux dans la pratique de l’agriculture de conservation dans les zones arides et semiarides de l’Afrique de l’Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats. ICRAF Technical Manual, Nairobi : World Agroforestry Centre, **17**, 1-32.
- Bellefontaine R. 1997.** Synthèse des espèces des domaines sahélien et soudanien qui se multiplient naturellement par voie végétative. In : D’Herbès, J.M., Ambouta, J.M.K., Peltier, R. (eds.).

Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens. Paris : John Libbey, 95-104.

Berhaut J. 1967. Flore du Sénégal. Edition clair Afrique, Dakar, Sénégal, 2ème édition : 485 p.

Bille J.C. et Poupon H. 1972. Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : description de la végétation. *La Terre et la Vie*, 3, 351-365.

Bogie N.A. Bayala R., Diedhiou I., Conklin M.H., Fogel M.L., Dick R.P. and Ghezzehei T.A. 2018. Hydraulic Redistribution by Native Sahelian Shrubs: Bioirrigation to resist in season drought. *Front. Environ. Sci.*, 6(98), 1-12.

Bondé L., Ouédraogo O., Kagambèga F. et Boussim J.I. 2013. Impact des gradients topographique et anthropique sur la diversité des formations ligneuses soudaniennes. *Bois et Forêt des Tropiques*, 318(4), 15-26.

Breman H. et Kessler J.J. 1995. Le rôle des ligneux dans les agroécosystèmes des régions semi-arides (avec un Accent Particulier sur les Pays Sahéliens). Springer Verlag : Berlin.

Brink M. et Achigan-Dako E.G. 2012. *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. *Plant Resources of Tropical Africa*, 16, 371-375.

Brondeau F. 2001. Des périmètres irrigués sahéliens à la recherche d'une nécessaire intégration régionale : exemple du Macina (Office du Niger, Mali). *Cahiers d'Outre-Mer*, 249-281.

Campagna M. 1996. Le cycle du carbone et la forêt : de la photosynthèse aux produits forestiers. Direction de l'environnement forestier Service de l'évaluation environnementale. 51 p.

CCNUCC. 2007. Report of the conference of parties on its thirteenth session, held on Bali, from 3 to 15 December 2007, Indonesia. 47 p.

Charahabil M.M., Lô M., Bassène E. et Akpo L.E. 2008. Caractéristiques de la flore et de la végétation ligneuse des forêts communautaires de la zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Journal des Sciences et Technologies*, 6(2), 72-85.

Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M.A.J., Chambers Q., Eamus D., Folster H., Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J-P., Nelson B.W., Ogawa H., Puig H., Riera B., Yamakura T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, 87-99.

- Day M., Baldauf C., Rutishauser E. and Sunderland T.C.H. 2013.** Relationships between tree species diversity and above-ground biomass in Central African rainforests: implications for REDD. *Environmental Conservation* **41** (1), 64-72.
- Descroix L. et Diedhiou A. 2012.** État des sols et évolution dans un contexte de changements climatiques. In : Dia, A., et Duponnois, R. (éds.). *La Grande Muraille Verte : Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux*. IRD, 161-198.
- Diack M. 1998.** *Piliostigma reticulatum* dans un parc à *Cordyla pinnata* : Effet sur la régénération des sols dégradés au Sénégal. Mémoire : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, 43 p.
- Diallo B. 2018.** Etude de *Guiera senegalensis* J.F. GMEL (Combretaceae) utilisée dans le traitement traditionnel de l'hypertension artérielle au Mali. Thèse de doctorat : Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), 73 p.
- Diatta A.A., Ndour N., Manga A., Sambou B., Faye C.S., Diatta L., Goudiaby A., Mbow C. et Dieng S.D. 2016.** Services écosystémiques du parc agroforestier à *Cordyla pinnata* (Lepr. ex A.Rich.) Milne-Redh. dans le Sud du Bassin Arachidier (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **10**(6), 2511-2525.
- Diatta M. 2015.** Étude du potentiel de stock de carbone d'espèces agroforestières et de leurs traits fonctionnels en lien avec les systèmes d'utilisation des terres au Sénégal. Thèse : Université de LAVAL, 166 p.
- Diatta M. et Matty F. 1990.** Dynamique de la végétation ligneuse sur d'anciennes terres de culture sur cuirasse au Sénégal. 307-318.
- Dick R., Assigbetse K.B., Badiane A.N., Cournac L., Diedhiou I., Gardener B.M., Merced T.M., Ndour Y. and Sene M. 2018.** Native shrubs as resource islands in agroecosystems of the Sahel: Promoting beneficial microorganisms, soil quality, and water availability for improved crop productivity, 2 p.
- Diedhiou M.A.A., Faye E., Ngom D. et 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*, **14**(21), 391-409.
- Diedhiou-Sall S., Dossa E.I., Diedhiou I., Badiane A.N., Assigbetsé K.B., Samba S.A.N., Khouma M., Sène M. and Dick R.P. 2012.** Microbiology and macrofaunal activity in soil beneath shrub

canopies during residue decomposition in agroecosystems of the Sahel. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **77**, 501-511.

Diouf J.C., Akpo L.E., Ickowicz A., Lesueur D. et Chotte J.L. 2005. Dynamique des peuplements ligneux et pratiques pastorales au Sahel (Ferlo, Sénégal). In : Barbault, R., Le Duc J-P. (eds.). *Actes de la Conférence Internationale "Biodiversité, Science et Gouvernance"*. Paris : Ed. du Museum, 9 p.

Donfack P. et Seignobos C. 1996. Des plantes indicatrices dans un agrosystème incluant la jachère : les exemples des Peuls et des Giziga du Nord-Cameroun. *Journ. d'Agric. Trad. et de Bota. Appl.*, **XXXVIII**(I), 231-250.

Dossa E.L., Diedhiou I., Khouma M., Sene M., Badiane A.N., Samba S.A.N., Assigbetse K.B., Sall S., Lufafa A., Kizito F., Dick R.P. and Saxena J. 2013. Crop productivity and nutrient dynamics in a shrub-based farming system of the Sahel. *Agron. J.*, **105**(4), 1237-1246.

Dossa E.L., Diedhiou I., Khouma M., Sene M., Lufafa A., Kizito F., Samba S.A.N., Badiane A.N., Diedhiou S. and Dick R.P. 2012. Crop productivity and nutrient dynamics in a shrub (*Guiera senegalensis*) based farming system of the Sahel. *Agron. J.*, **104**, 1255-1264.

Dosso K., N'guessan B.B., Bidie A.P., Gnangoran B.N., Méité S., N'guessan D., Yapo A.P. and Ehilé E.E. 2012. Antidiarrhoeal activity of an ethanol extract of the stem bark of *Piliostigma reticulatum* (Caesalpinaceae) in rats. *Afr. J. Tradit. Complement Altern. Med.*, **9**(2), 242-249.

Fall D. 2016. Contribution à l'amélioration de la tolérance à la salinité de *Senegalia senegal* (L.) Britton, *Vachellia seyal* (Delile) P. Hurter et *Prosopis juliflora* (Swartz) DC par inoculation microbienne et apport de coques d'arachide. Thèse de doctorat : Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 147 p.

FAO. 2005. Modeling for estimation and monitoring. 1-9. <http://www.fao.org/forestry/17111/en/>, consulté le 25/05/19.

FAO. 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010 : Rapport principal. Etude FAO, Forêts N° 163, Rome, Italie, 348 p.

Faye E. 2010. Diagnostic partiel de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal : application de méthodes floristique, phytosociologique, ethnobotanique et cartographique. Thèse de doctorat : Université Libre de Bruxelles, 253 p.

- Faye E., Diallo H., Samba S.A.N., Touré M.A., Dramé A., Fall B., Lejoly J., Diatta M., Kairé M., De Cannière C., Mahy G. et Bogaert J. 2013.** Importance de la méthode de coupe sur la régénération de Combretaceae du Bassin arachidier sénégalais. *Tropicultura*, **31**(1), 44-52.
- Faye E., Dieng H., Bogaert J., Lejoly J. 2014.** Dynamique de la flore et de la végétation des Niayes et du Bassin arachidier au Sénégal. *JAIED*, **108** (2), 191- 206.
- Gueye S. 2000.** Etude sur les ressources forestières et les plantations forestières du Sénégal période : 1992- 99. Collecte et analyse de données pour l'aménagement durable des forêts- joindre les efforts nationaux et internationaux Programme de partenariat CE-FAO (1998-2002), Ligne budgétaire forêt tropicale. 61 p.
- HEASAHHEL. 2016.** Profil de référence de l'économie des ménages ruraux de la zone de moyens d'existence, SN 10/pluviale-arachide-céréales sèches. Conseil national de sécurité alimentaire, 26 p.
- Hiernaux P. et Le Houérou H.N. 2006.** Les parcours du Sahel. *Sécheresse*, **17** (1-2), 51-71.
- IPCC. 2019.** 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.
- ISRA. 2008.** Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal. Tome 3, **8**(3), 30 p.
- Issoufou B., Yameogo J.T., Abdou L., Adam T. and 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.
- Issoufou H.B-A. 2012.** Réponse hydrique à la sécheresse et impact de la coupe chez une espèce semi-sempervirente sahélienne (*Guiera senegalensis* J.F.Gmel). Thèse de doctorat : Université Montpellier II et Université Abdou Moumouni de Niamey, 127 p.
- Issoufou H.B-A., Delzon S., Laurent J-P., Saâdou M., Mahamane A., Cappelaere B., Demarty J., Oï M., Rambal S. and Seghieri J. 2014.** Change in water loss regulation after canopy clearcut of a dominant shrub in Sahelian agrosystems, *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. *Trees-Structure and Function*, **27**(4), 1011-1022.

- Kebede B. et Soromessa T. 2018.** Allometric equations for aboveground biomass estimation of *Olea europaea* L. subsp. *cuspidata* in Mana Angetu. *Forest, Ecosystem Health and Sustainability*, **4**(1), 1-12.
- Kerharo J. et Adam J.G., 1964.** Plantes médicinales et toxiques des Peuls et des Toucouleurs du Sénégal. *JATBA*, **11**(12), 543-599.
- Kerharo J., Bouquet A. et Heintz R. 1948.** Le Wilinwiga des Mossi (*Guiera senegalensis*, Lam.), ses usages thérapeutiques indigènes et son application au traitement des diarrhées cholériformes. *Acta Tropica*, **5**(4),345-348.
- Kizito F., Dragila M., Sene M., Lufafa A., Diedhiou I., Dick R.P., Selker J.S., Dossa E., Khouma M., Badiane A. and Ndiaye S. 2006.** Seasonal soil water variation and root patterns between two semi-arid shrubs co-existing with Pearl millet in Senegal, West Africa. *Journal of Arid Environments*, **67**, 436-455.
- Kooke G.X., Ali R.K.F.M., Djossou J-M. et Toko Imorou I. 2019.** Estimation du stock de carbone organique dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. des forêts classées de Pahou et de Ouèdo au Sud du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **13**(1): 277-293.
- Larwanou M. et Saadou M. 2011.** The role of human interventions in tree dynamics and environmental rehabilitation in the Sahel zone of Niger. *Journal of Arid Environments*, **75**, 194-200.
- Larwanou M., Oumarou I., Snook L., Danguimbo I. et Eyog-Matig O. 2010.** Pratiques sylvicoles et culturelles dans les parcs agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi au Niger. *Tropicultura*, **28** (2), 115-122.
- Lebrun J. P. et Stork A. L. 2015.** Enumération des plantes à fleurs d’Afrique Tropicale. Conservatoire du jardin botanique de Genève, **7**, 712 p.
- Lemieux G., 1986.** « Le bois raméal et les mécanismes de fertilité du sol ». Colloque sur les amendements des sols : perspectives d’avenir. In : Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux. Université Laval, Département des Sciences du Bois et de la Forêt Faculté de Foresterie et de Géomatique, Québec, 4-21.
- Louppe D. 1989.** Production en biomasse d’un recrû d’un an de *Guiera senegalensis* sur les sols sableux dégradés du Centre Nord du Bassin arachidier sénégalais (Village de Khayes). 6 p.

- Louppe D. 1991.** *Guiera senegalensis* espèce agroforestière ? Micro jachère dérobée de saison sèche et approvisionnement énergétique d'un village du centre nord du Bassin arachidier sénégalais. *Bois et Forêts des Tropiques*, **228**, 41-47.
- Lufafa A. 2005.** Spatial analysis and modeling of carbon storage in native shrubs of Senegal's peanut Basin. Thesis: Oregon State University, 143 p.
- Lufafa A., Bolte J., Wright D., Khouma M., Diedhiou I., Dick R.P., Kizito F., Dossa E. and Noller J.S. 2008a.** Regional carbon stocks and dynamics in native woody shrub communities of Senegal's Peanut Basin. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **128**, 1-11.
- Lufafa A., Diédhiou I., Samba S.A.N., Séne M., Khouma M., Kizito F., Dick R.P., Dossa E. and Noller J.S. 2008b.** Carbon stocks and patterns in native shrub communities of Senegal's Peanut Basin. *Geoderma*, **146**, 75-82.
- Lufafa A., Diedhiou I., Ndiaye S.A.N., Sene M., Kizito F., Dick R.P. and Noller J.S. 2009.** Allometric relationships and peak-season community biomass stocks of native shrubs in Senegal's Peanut Basin. *Journal of Arid Environments*, **73**, 260-266.
- Manzo O.L., Garba O.B., Morou B., Karim S., Mahamane A. 2017.** État de la végétation ligneuse au Sahel : Cas de Guidan Roudji au sahel central du Niger. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **31** (3), 5033-5049.
- Manzo O.L., Moussa M., Issoufou H.B-A., Diouf A., Morou B., Youssifi S., Mahamane A. et Roger P. 2015.** Equations allométriques pour l'estimation de la biomasse aérienne de *Faidherbia albida* (Del.) Achev dans les agrosystèmes d'Aguié, Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **9**(4), 1863-1874.
- Mbaye T. 2010.** « Pressions anthropiques et évolution des massifs forestiers en haute Casamance (Sénégal) : Dynamique des ressources ligneuses après coupe dans la forêt communautaire aménagée de Sare Gardi (Kolda). » Thèse de 3ème cycle : Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, 235 p.
- Mbaye T., Ly M.O. Kaire M., Ndiaye P. 2015.** Caractérisation des espèces ligneuses soumises à des pressions en Moyenne Casamance, Sénégal. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **28**, 4356-4365.
- Mbaye T., Ly M.O., Kaire M., Ndiaye P. 2014.** Caractérisation des méthodes de coupe de bois dans les zones aménagées et non aménagées en Haute Casamance, Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(6), 2470-2477.

- Mbow C. 2009.** Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudaniennes et soudano-guinéennes du Sénégal. Thèse de doctorat : Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 319 p.
- Mbow C., Verstraete M.M., Sambou B., Diaw A.T., Neufeldt H. 2013.** Allometric models for aboveground biomass in dry savanna trees of the Sudan and Sudan–Guinean ecosystems of Southern Senegal. *J. For. Res.*, **19**, 340-347.
- Morou B., Ounani H., Oumani A.A., Diouf A., Guero C. et Mahamane A. 2016.** Caractérisation de la structure démographique des ligneux dans les parcs agroforestiers du terroir de Dan Saga (Aguié, Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(3), 1295-1311.
- NEPAD. 2006.** Appui à la mise en œuvre du NEPAD-PDDAA. Profil de projet d'investissement bancable. Projet de restauration de la base productive agricole dans le Bassin arachidier. **II et IV**, 29 p.
- Ngom D., Charahabil M.M., Sarr O., Bakhom A. et Akpo L.E. 2014.** Perceptions communautaires sur les services écosystémiques d'approvisionnement fournis par le peuplement ligneux de la Réserve de Biosphère du Ferlo (Sénégal). [*VertigO*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, **14** (2), 1-41.
- Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S. et Akpo L.E. 2013.** Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère Ferlo (Nord Sénégal). *J. Appl. Biosci.*, **65**, 5008-5023.
- Odiwe A.I., Adewuml R.A., Alimi A.A. and Ogunsanwo, O. 2012.** Carbon stock in topsoil, standing floor litter and above ground biomass in *Tectona grandis* plantation 10-years after establishment in Ile-Ife, Southwestern Nigeria. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **6**(6), 3006-3016.
- Ouédraogo Z.M. 2014.** Effets de la couverture du sol à base de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hoscht sur l'association sorgho-niébé dans le village de Yilou, Province du Bani (Burkina Faso). Mémoire : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 38 p.
- Owusu S., Anglaere 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.
- Panzou G.J.L., Doucet J-L., Loumeto J-J., Biwole A., Bauwens S., Fayolle A. 2016.** Biomasse et stocks de carbone des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **20** (4), 508-522.

- PDC-Ndiago. 2019.** Plan de développement communal de Ndiago, 73 p.
- Picard N., Saint-André L. et Henry M. 2012.** Manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres : de la mesure de terrain à la prédiction. Rome : FAO et CIRAD, 220 p.
- PNDL. 2010.** Plan local de développement de la communauté rurale de Ndiago. 144 p.
- Rabiou H., Diouf A., Inoussa M.M., Bakasso Y., Saadou M., Mamoudou M.B., Idi S.S., Laouali A. et Mahamane A. 2017.** Influence de la géomorphologie sur la distribution spatiale des peuplements de *Boscia Senegalensis* (Pers.) Lam. Ex Poir. dans la commune rurale de Simiri (Ouest Niger). *European Scientific Journal*, **13**(30), 230-249.
- Roose E. 1985.** Dégradation des terres et développement en Afrique de l'Ouest. *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, **20** (3-4) 505-537.
- Roquet D. 2008.** Partir pour mieux durer : la migration comme réponse à la sécheresse au Sénégal ? *Espace Populations Sociétés*, 37-53.
- Sall S.N., Ndour N.Y.B., Diedhiou-Sall S., Dick D. and Chotte J-C. 2015.** Microbial response to salinity stress in a tropical sandy soil amended with native shrub residues or inorganic fertilizer. *Journal of Environmental Management*, **161**, 30-37.
- Sambou B. 2004.** Evaluation de l'état, de la dynamique et des tendances évolutives de la flore et de la végétation ligneuses dans les domaines soudanien et subguinéen au Sénégal. Thèse de doctorat : Université Cheikh Anta Diop, 248 p.
- Sarr O., Ngom D., Bakhom A., et Akpo L. E. 2013a.** Dynamique du peuplement ligneux dans un parcours agrosylvopastoral du Sénégal. *La revue électronique en sciences de l'environnement*, **13** (2), 2-16.
- Sarr O., Diatta S., Gueye M., Ndiaye P.M., Guisse A. et Akpo L.E. 2013b.** 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., Ngaryo F.D., Diatta S., et Akpo L.E. 2014.** Etat de la végétation ligneuse dans trois unités d'utilisation des terres d'une zone agropastorale au Sénégal (région de Kaffrine). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(6), 2669-2684.

- Savadogo O. M., Ouattara K., Pare S., Ouedraogo I., Sawadogo-Kaboré S., Barron J. et Zombre N.P. 2016.** Structure, composition spécifique et diversité des ligneux dans deux zones contrastées en zone Sahélienne du Burkina Faso. [*VertigO*] *La Revue Electronique en Sciences de l'Environnement*, **16** (1), 1-46.
- Savadogo P., Tigabu M., Sawadogo L. and Odén P.C. 2007.** Woody species composition, structure and diversity of vegetation patches of a Sudanian savanna in Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, **294** (4), 5-20.
- Seghier J., Simier M., Mahamane A., Hiernaux P. and Rambal S. 2005.** Adaptative above-ground biomass, stand density and leaf water potential to droughts and clearing in *Guiera senegalensis*, a dominant shrub in Sahelian fallows (Niger). *Journal of Tropical Ecology*, **21**, 203-213.
- Sita S. 2015.** *Piliostigma reticulatum* (D.C) Hoscht. : Potentialités fourragères et essai d'amélioration de la valeur nutritive des gousses. Mémoire : Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, 57 p.
- Sola G., Picard N., Saint-André L. et Henry M. 2012.** Résumé du manuel de construction d'équations allométriques pour l'estimation du volume et la biomasse des arbres : de la mesure de terrain à la prédiction. Rome : FAO, CIRAD, 20 p.
- Soulé M., Bassirou I.D., Saley K., Matalabi A.A., Oumani A.A., Mahamane A. and Mahamane S. 2017.** Floristic composition, structural analysis and socio-economic importance of legume flora of the commune of Mayahi, Niger, West Africa. *IJEAB*, **2**(3), 1322-1329.
- Thiombiano A., Schmidt M., Kreft H. et Guinko S. 2006.** Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Candollea*, **61**(1), 189-213.
- Traore K. 2000.** Place du parc mixte *Faidherbia albida* et *Guiera senegalensis* sur la régénération des écosystèmes dégradés : cas des villages de Thyllabouhou et Ndiané. Mémoire : Ecole Supérieure d'Agronomie Tropicale (ESAT), 105 p.
- Usman H.D. 2010.** *Guiera senegalensis*: An important nectar plant in the Savanna. *Bee World*, **77**, 1-2.
- Wezel A. and Rath T. 2002.** Resource conservation strategies in agro-ecosystems of semi-arid West Africa. *Journal of Arid Environments*, 383-400.

- Yelemou B., Bationo B.A., Yameogo G. et Millogo-Rasolodimby J. 2007.** Gestion traditionnelle et usages de *Piliostigma reticulatum* sur le Plateau Central du Burkina Faso. *Bois et Forêt des Tropiques*, **29** (1), 55-66.
- Yelemou B., Savadogo P., Traore S., Millogo-Rasolodimby J. and Hien V. 2015.** Floristic diversity of *Piliostigma* associations in relation to latitudinal gradient, soil and climate variables in Burkina Faso, West Africa. *Tropical Ecology*, **56** (1), 57-76.
- Yossi, H. et Dembele, F., 1991.** Dynamique de la végétation post-culturale en zone Soudanienne au Mali : Evolution de la composition floristique et de la strate ligneuse.
- Zerbo D. 2011.** Gestion paysanne, densités et production de biomasse aérienne de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht dans les agrosystèmes du Centre Nord : cas des villages de Yilou et de Barsa dans la province du Barn. Mémoire : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso Burkina Faso, 62 p.
- Zongo E. 2009.** Inventaire des pratiques d'amendement par les bois raméaux fragmentés au Burkina Faso : caractérisation et impacts sur les rendements agricoles et les ressources naturelles. Mémoire : Université de Ouagadougou Burkina Faso, 62 p.