

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE VEGETALE

Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme de Master en Agroforesterie, Ecologie et Adaptation (AFECA)

Par

Mme Ramata NDIANOR

Sur le sujet :

ETUDE COMPAREE DE L'INFLUENCE DU MODE DE GESTION DES PARCOURS NATURELS ET PLANTES SUR LA REGENERATION NATURELLE DES LIGNEUX DANS LE FERLO SABLEUX

Soutenu publiquement le 12/01/2023

Devant le jury composé de :

Président : Aboubacry KANE	Maître de conférence	BV/UCAD
Membres : Douada NGOM	Professeur Titulaire	BV/UCAD
Sékouna DIATTA	Maître Assistant	BV/UCAD
Oumar SARR	Assistant	BV/UCAD
Simon TAUGOURDEAU	Chargé de recherche	CIRAD
Morgane DENDONCKER	Chargée de recherche	UC Louvain

Directeur de mémoire : Pr Daouda NGOM, Professeur titulaire BV/UCAD

Co-directeurs : Dr Simon TAUGOURDEAU, Chargé de recherche CIRAD

Dr Morgane DENDONCKER, Chargée de recherche UC Louvain

DEDICACES

Ce mémoire qui est le fruit d'un travail de dur labeur est dédié :

- ❖ A ma famille en particulier à mes parents et à mon cher mari qui ont été d'un soutien indéfectible depuis le début ;
- ❖ A mes frères et sœurs qui par leur présence ont été d'une grande aide ;
- ❖ A tout le département de Biologie Végétale spécialement au corps professoral et à mes camarades du master Agroforesterie Ecologie Adaptation.

REMERCIEMENTS

Je rends grâce à Allah, Seigneur des premiers hommes et des derniers. Louange à Allah qui m'a octroyé la santé, les moyens ainsi que le savoir nécessaire pour la réussite de mon travail.

En effet, un mémoire de ce type est une longue aventure tant scientifique qu'humaine qui ne pourrait être réussi sans l'aide d'Allah le Facilitateur.

Ce travail a été mené à son terme grâce à l'appui scientifique, moral et physique et aux encouragements d'un certain nombre de personnes. Ainsi je tiens à remercier vivement :

- Mes encadreurs du projet CASSECS Dr Simon TAUGOURDEAU et Dr Morgane DENDONCKER qui ont su m'appuyer convenablement et de manière irréprochable en m'apportant leur appui scientifique et des conseils qui m'ont été d'une grande utilité pour la réussite de ce travail ;
- Le Centre de Suivie Ecologique (CSE) qui m'a accompagné, plus particulièrement Dr Aziz DIOUF pour l'organisation des missions de terrain et le Capitaine Ibrahima DIOP pour sa disponibilité et son aide précieuse pour la collecte de mes données sur le terrain ;
- Dr Daouda NGOM, mon encadreur à l'Université qui par ses conseils et son regard scientifique a cadré mon mémoire et son soutien tout au long de ma formation et lors de ma soutenance ;
- A Dr Oumar SARR pour sa disponibilité et sa rigueur pour la correction de mon mémoire et de son rôle d'examineur lors de ma soutenance ;
- Dr Sékouna DIATTA pour la qualité de sa gestion du master et de son accompagnement tout au long du master ainsi que de sa présence lors de ma soutenance en tant que membre de jury ;
- Tout le corps professoral du master Agroforesterie Ecologie et Adaptation pour la formation de qualité ;
- Au Chef de Département de Biologie Végétale Aboubacry Kane qui m'a accordé l'honneur de présider ma soutenance ;
- A tout le département de Biologie Végétale pour leur soutien, leur accompagnement durant tout le master ;
- Mr Amadou SOW qui m'a servi de guide lors de mes travaux de terrain, sa connaissance du milieu et de la végétation du Ferlo m'a été d'une grande aide pour l'identification des espèces rencontrées lors de la collecte de données.

Liste des Tableaux

Tableau 1: Nombre de placette par site, par topographie et par mode de gestions des parcours.	12
Tableau 2: Espèces ligneuses rencontrées et leur fréquence de présence selon leur statut de régénération (plantules et jeunes plants).	16
Tableau 3: Fréquence relative des régénérations (jeunes plants et plantules) de chaque espèces rencontrées.	17
Tableau 4: Indice spécifique de régénération de chaque espèce	18
Tableau 5: Densités de espèces selon leur statut de régénération et leur origine hors couvert et sous couvert.....	19
Tableau 6: Densités par espèces des régénérations issues germination et de souche sous couvert et hors couvert.	21
Tableau 7: Résumé sur les différences significatives des densités de jeunes plants entre mode gestion avec effet topographie.....	25
Tableau 8: Résumé sur les différences significatives des densités de plantules entre mode gestion avec effet topographie.....	27
Tableau 9: Résumé sur les différences significatives de richesse spécifique entre mode gestion avec effet topographie.	28

Liste des photos

Photo 1: Matérialisation d'une placette de 50 m X 50 m	13
Photo 2: (A) jeune plant de <i>Balanites aegyptiaca</i> (B) plantule de <i>Boscia senegalensis</i>	20

Liste des Figures

Figure 1: Localisation du Sahel en Afrique (CICR, 2017).....	3
Figure 2: Station de Louga : a/ précipitations annuelles (trait plein) et moyennes mobiles sur trois ans (en tiretés) et b/ indice standardisé des précipitations entre 1950 et 2010 (Fall, 2017).	10
Figure 3: Localisation des deux sites d'études.	11
Figure 4: Localisation des placettes d'inventaires au sein de la zone d'étude dans la zone sylvo pastorale du Sénégal.	13
Figure 5: Histogramme des moyennes et des écart-types des densités de jeunes plants en dépression et en sommet.	22
Figure 6: Histogramme des moyennes et des écart-types des densités de plantule en dépression et en sommet.....	23
Figure 7: Histogramme des moyennes et des écart-types de la richesse spécifique en dépression et sur sommet	24
Figure 8: Densité moyennes des jeunes plants entre les modes de gestion et éléments de la topographie.....	25
Figure 9: Densité moyenne des plantules entre modes de gestion et entre éléments de topographie.....	26
Figure 10: Les richesses spécifiques entre les modes de gestion avec effet topographie.....	27
Figure 11: Histogramme sur les densités moyennes de régénérations issues de germinations et de rejets de souches.	29
Figure 12: Histogramme de la régénération sous couvert et hors couvert.	29

Liste des Sigles et Acronymes

GMV : Grande Muraille Verte

PC : Parcours Contrôlé

PLW : Parcours Libre Widou

PLF : Parcours Libre Fété olé

GTZ : Gessekschaft fur Technische Zusammenarbert

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

FAO : Food and Agriculture Organisation

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

RNA : Régénération Naturelle Assistée

RBF : Reserve de Biosphère du Ferlo

RESUME

Le Ferlo est la zone sylvopastorale du Sénégal avec une végétation composée d'espèces herbacées et ligneuses principalement épineuses. En plus de jouer un rôle de subsistance pour le bétail surtout en saison sèche, l'arbre participe au maintien de l'équilibre de l'écosystème. Cependant, des années de sécheresse dues à l'impact des changements climatiques et l'action anthropique ont contribué à la dégradation des écosystèmes pastoraux du Ferlo et leur résilience passe par la régénération naturelle des espèces végétales. Ce travail s'intéresse à l'influence des modes de gestions des parcours et de la topographie sur la régénération naturelle des ligneux. L'objectif principal est de contribuer à l'amélioration des connaissances sur la régénération naturelle des ligneux du Ferlo sableux. Pour ce faire deux sites ont été choisis : Widou Thiengoly et Fété Olé et trois modes de gestions ont été étudiés : parcours libres en communs, d'anciens parcours contrôlés et des plantations de la grande muraille verte. Afin de caractériser les sites, un inventaire de la régénération des ligneux a été effectué et les paramètres suivant ont été déterminés : la densité de la régénération issue de graines ou de rejets souches suivant la topographie et la position sous-couvert ou hors-couvert ligneux. La distinction des jeunes plants et des plantules a été faite sur la base de la hauteur. En effet une régénération est un jeune plant si sa hauteur est supérieure à 30cm et une régénération est considérée comme plantule si sa hauteur est inférieure à 30 cm. Onze espèces ont été recensées dont deux se démarquent par leur forte présence, ce sont notamment *Balanites aegyptiaca* et *Boscia senegalensis* avec respectivement 197 régénérations/ha et 2535 régénérations/ha. La régénération est plus importante sous couvert que hors couvert. Sous couvert il y a 1188 jeunes plants/ha et 1651 plantules/ha. Hors couvert il y a 30 jeunes plants/ha et 13 plantules/ha. Suivant la topographie nous avons des densités moyennes de 197,88 jeunes plants/ha et 218 plantules/ha en dépression et pour les sommets de dunes 9,18 jeunes plants/ha et 6,74 plantules /ha. Concernant l'origine des régénérations on a 2752 régénérations/ha issues de germination et 129 régénérations/ha issues de rejets de souches. L'étude montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les modes de gestion concernant la régénération naturelle des ligneux, mais de manière générale la topographie influence la régénération et la couverture végétale favorise la régénération naturelle. Pour ce qui est de la grande muraille verte la régénération naturelle est très faible.

Mots clés : Ligneux, parcours, GMV, régénération naturelle, jeune plant, plantule

ABSTRACT

The Ferlo is the sylvopastoral zone of Senegal with a vegetation composed of herbaceous species and woody mainly thorny. In addition to playing a subsistence role for livestock, especially in the dry season, trees help maintain the balance of the ecosystem. However, years of drought, the impact of climate change and anthropogenic action have contributed to the degradation of Ferlo's pastoral ecosystems. Their resilience depends on the natural regeneration of plant species. This work focuses on the natural regeneration of woody trees and the influence of the management and planting methods (GMV) on them. The main objective is to contribute to the improvement of knowledge on the natural regeneration of woody sandy Ferlo. To do this two sites were chosen: Widou Thiengoly and Fété Olé and three modes of management were studied, free pastorals areas in common, old controlled pastorals areas and plantations of the great green wall. In order to characterize the sites, an inventory of the regeneration of the woody trees was carried out and the following parameters were determined: the density of the regeneration from seeds or stem discharges according to the topography and the subheading or uncovered head. In order to be able to distinguish between young plants and seedlings we have based ourselves on height, we consider a regeneration as a young plant if its height exceeds 30cm and a regeneration seedling if its height is less than 30cm. Eleven species have been identified, two of which stand out for their strong presence, namely *Balanites aegyptiaca* and *Boscia senegalensis* with 197 regenerations/ha and 2535 regenerations/ha respectively. It was noted that there are more regenerations undercover than outside cover, with densities of 30 young plant seedlings not covered against 1188 young plants/ha under cover and 13 seedlings/ha not covered and 1651 seedlings/ha undercover. According to the topography we have average densities of 197.88 young plants/ha and 218 seedlings/ha in depression and for the top 9.18 young plants/ha and 6,74 seedlings/ha. Concerning the origin of regenerations, there are 2752 regenerations/ha from germination and 129 regenerations/ha from strain rejection. The study shows that there is no significant difference between management methods for the natural regeneration of woody trees, but in general topography influences, regeneration and vegetation cover favors natural regeneration. As for the great green wall, natural regeneration is very low.

Table des matières

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
Liste des Tableaux	iii
Liste des Figures	iv
Liste des Sigles et Acronymes	v
RESUME	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1-1- Généralités au Sahel	3
1-1-1- Présentation de la zone sahélienne	3
1-1-2- Conditions pédoclimatiques	4
1-1-3- Pastoralisme et ressources végétales	4
1-1-4- Ecosystème et végétation sahélienne	4
1-2- Régénération naturelle des ligneux.....	5
1-2-1- Définition	5
1-2-2- Régénérations des ligneux au sahel.....	5
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES	9
2-1- Présentation de la zone d'étude.....	9
2-1-1- Localisation dans la zone sylvopastorale.....	9
2-1-2 - Aspects pédoclimatiques.....	9

2-1-3- Végétation ligneuse du Ferlo-Nord.....	10
2-2- Collecte et traitement de données	11
2-2-2- Estimation de la régénération.....	14
2-2-3- Le traitement de données	14
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	16
3-1-1- Description de la régénération naturelle des ligneux du Ferlo.....	16
a) Fréquence de présence de chaque espèce	16
b) Fréquence relative.....	17
c) Indice spécifique de régénération	18
d) Densités par hectare des jeunes plants et plantules des différentes espèces sous couvert et hors couvert dans les placettes.	19
e) Densités des régénérations naturelles issues de germinations et des rejets de souche des espèces sous couvert et hors couvert dans les placettes.	21
3-1-2- Influence de la topographie sur la régénération	22
a) Jeunes plants	22
b) Plantules.....	23
c) Richesse spécifique.....	24
3-1-3- Influence des modes de gestion des parcours sur la régénération.....	24
a) La régénération des jeunes plants entre modes de gestion en suivant la topographie.....	24
b) La régénération de plantules entre modes de gestion suivant la topographie	26
c) La richesse spécifique entre les modes de gestion avec effet dépression.....	27

3-1-4-Comparaison des moyennes de la régénération des différents modes de gestion de parcours et plantation	28
a) Comparaison des moyennes de la régénération issue de germination et de rejet de souche des différents modes de gestion de parcours.....	28
b) Comparaison des moyennes de la régénération sous couvert et hors couvert.....	29
3-2- Discussion	30
3-2-1- Origine de la régénération naturelle des ligneux (germination ou rejet)	30
3-2-2- Le potentiel de régénération des espèces rencontrées.....	30
3-2-3- Influence de la topographie sur la régénération naturelle des ligneux.....	32
3-2-4- Importance du couvert pour la régénération naturelle des ligneux	32
3-2-5- Influence des modes de gestion des parcours et des plantations de la Grande muraille verte sur la régénération	33
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36

INTRODUCTION

Zone de transition entre le Sahara aride et la savane subhumide, le Sahel est caractérisé par un gradient de précipitation latitudinal de l'ordre de 1mm par km (Cissé, 2016). Ce gradient de précipitations se traduit par un continuum de changement de formes et d'espèces végétales (Conedera et al., 2010). Dans les parcours du Sahel on rencontre une végétation composée d'une strate herbacée dominée par des plantes annuelles, principalement de graminées et un peuplement de plantes ligneuses éparses, de hauteurs et de phénologies variées.

Le Ferlo étant une zone sylvopastorale du Sénégal appartenant à la zone sahélienne, la végétation joue un rôle primordial pour l'élevage pastoral, en effet il participe à l'alimentation du bétail en saison sèche comme en saison des pluies. Les steppes de cette région sont dominées par des graminées annuelles (*Aristida sp.*, *Brachiaria sp.*, *Cenchrus sp.*) parsemées de ligneux épineux (*Acacia sp.*, *Balanites aegyptiaca*) typiques du domaine Sahélo-soudanien (Diouf et al., 2005). Cette végétation est exploitée par un élevage extensif exploitant les pâturages naturels et fonctionnant suivant les deux saisons (Akpo et al., 1995). Lors de la saison des pluies, la strate herbacée représente l'essentiel du pâturage alors qu'en saison sèche la strate ligneuse contribue fortement à l'alimentation du bétail (Ndiaye et al., 2014).

Dans les années allant de 1970 à 1980, le Ferlo, tout comme l'ensemble du Sahel, a subi une série de sécheresses importantes, avec des déficits pluviométriques de 50 à 60 % dans la partie nord de la région. La durée et l'intensité restent inégales (Sikhakhane, 2018). Ces dizaines d'années sèches ont contribué à la dégradation des écosystèmes sahéliens entraînant ainsi des difficultés pour la restauration de ces écosystèmes (Ouango, 2015) avec pour conséquences une baisse de la biomasse des plantes annuelles, une forte mortalité de nombreux ligneux, épuisés par la succession d'années sèches (Descroix & Diedhiou, 2012).

Dans ces écosystèmes, l'arbre joue plusieurs rôles : il participe à la restitution de la fertilité des sols, en assurant un couvert végétal, à la protection du sol et au relèvement du niveau trophique, à la complémentation de l'alimentation du bétail et des populations.

Etant un écosystème fragile, le Sahel doit trouver des stratégies pour faciliter sa résilience et son reverdissement. Parmi ces stratégies on peut citer : la Grande Muraille Verte d'Afrique (GMV). C'est une initiative panafricaine qui vise à lutter contre la désertification au Sahel. A l'origine le projet a été pensé comme une plantation massive d'arbres traversant le continent africain d'Ouest en Est avec 15 km de large et 7000 km de long. Parmi les actions du projet on peut citer : la clôture de parcelles pour permettre la régénération naturelle des arbres et la

protection contre le surpâturage (Goffner & Peiry, 2019). En adoptant une approche multisectorielle et écosystémique, la GMV a pour vision la transformation des zones sahélo-saharienne en Pôles économiques viables. Pour ce faire elle associe des activités de gestion durable des terres, de restauration des bases de production et activités de développement économique local (Dia & Niang, 2012).

En plus des actions dans le domaine du reverdissement, certains projets ont travaillé sur la gestion des ressources pastorales. C'est le cas du projet de la coopération allemande Gessekschaft fur Technische Zusammenarbert (GTZ), mené dans les années 1980-1990 à Widou Thiengoly, dans le nord du Ferlo (Hiernaux, 2006). Ce projet scientifique a eu pour but d'étudier l'impact de la densité du pâturage sur les ressources pastorales. Pour ce faire il a testé un modèle original de gestion des ressources pastorales autour du forage de Widou. Le modèle qui a été établi auprès des pasteurs reposait sur le principe d'un équilibre durable et les charges animales à l'intérieure d'un espace pastoral fortement privatisé. Ce modèle visait à lutter contre le surpâturage (Thébaud et al., 1995).

Vu l'importance du pastoralisme dans cette zone et la fragilité des ressources végétale, étudier la régénération naturelle est d'un intérêt scientifique majeur. En effet la régénération naturelle des ligneux est primordiale pour la résilience des écosystèmes. On peut définir la régénération naturelle comme étant une capacité qui permet à un écosystème (forestier) de se reconstituer spontanément après une perturbation (naturelle ou anthropique). Cette régénération est un processus complexe qui est contrôlé par plusieurs facteurs biologiques, écologiques, démographiques et historiques (Bucci & Borguetti, 1997).

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif d'approfondir les connaissances sur la régénération naturelle des ligneux dans la zone sylvopastorale sahélienne sableuse du Sénégal (Ferlo). Il s'agit spécifiquement :

- (i) de caractériser l'état actuel de la régénération ligneuse en termes de densités, de composition spécifique et d'origine de la régénération ;
- (ii) de déterminer l'influence de la topographie sur la régénération naturelle des ligneux.
- (iii) d'étudier l'influence des différents modes de gestion des parcours sur cette régénération.

Ce mémoire est structuré en 3 chapitres : le premier est une synthèse bibliographique, le deuxième présente le matériel et les méthodes utilisées le troisième est consacré à la présentation des résultats ainsi qu'à leurs discussions.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1-1- Généralités au Sahel

1-1-1- Présentation de la zone sahélienne

Le Sahel (Es-Sahel en arabe, littéralement « rivage » ou « bordure ») est une entité biogéographique définie en première instance par ses précipitations annuelles, comprises entre 100 mm et 600 mm, son climat est tropical aride à semi-aride, contrôlé par la mousson du golfe de Guinée et le Harmattan (alizé) saharien (Hiernaux & Le Houérou 2006). C'est une zone de transition entre le désert saharien, au nord, et la zone soudanienne, au sud. Cette zone se présente sous la forme d'une bande d'environ 5 500 kilomètres de longueur sur 400 à 500 kilomètres de largeur. Le Sahel traverse une dizaine de pays africains, depuis l'embouchure du fleuve Sénégal jusqu'à la Djézireh soudanaise (Haut Nil), sur environ 3 millions de kilomètres carrés (Bost, 2022).

Territoire de bergers par excellence, le Sahel est une des principales régions d'élevage en Afrique, essentiellement pour, la viande et, dans une moindre mesure, la traction. Mené essentiellement dans un cadre extensif (sauf autour de certaines grandes villes où des formes plus intensives existent déjà), l'élevage transhumant est une forme d'adaptation des populations face à la variabilité pluviométriques (Bost, 2022).



Figure 1: Localisation du Sahel en Afrique (CICR, 2017).

1-1-2- Conditions pédoclimatiques

Le climat sahélien est caractérisé par une saison des pluies de 2 à 4 mois, en été boréal suivie d'une longue saison sèche de 9 mois. Les précipitations sont très variables dans l'espace et le temps (Cissé, 2016). Associée au climat, la qualité des sols détermine largement les potentialités agronomiques. Près des deux tiers des terres de la région sahélienne et sahélo soudanienne s'avèrent très fragiles du fait de sols globalement pauvres et très sensibles à l'érosion. En revanche, les sols des zones situées au sud du 10ème parallèle sont en général plus riches en azote et en phosphore et bénéficient d'un climat tropical favorable à la constitution d'une biomasse beaucoup plus importante qu'en milieu sahélien. Ils disposent ainsi d'une meilleure capacité de reconstitution de la base organique et donc de leur fertilité (OCDE, 2008).

1-1-3- Pastoralisme et ressources végétales

Vu les contraintes climatiques et la disponibilité des ressources (eau et pâturage), le pastoralisme en Afrique de l'ouest apparaît comme étant une adaptation à ces conditions. En effet le pastoralisme est caractérisé par la transhumance du bétail. Celle-ci se traduit par d'importants mouvements saisonniers reliant les bassins de production aux centres de consommation, situés dans les grandes villes de la sous-région et les pays côtiers. Ce système de production est une source de résilience pour les populations et constitue un pilier économique majeur du Sahel. Tandis que la production animale contribue en moyenne à 40 % du PIB agricole en Afrique de l'Ouest (Royer & Brunelin, 2020).

Dans les pays sahéliens, le pastoralisme apparaît comme la principale activité de valorisation durable d'une végétation naturelle fragile et irrégulière. En effet grâce à la transhumance les éleveurs s'adaptent aux variations temporelles des ressources végétales et des ressources en eau. La disponibilité fourragère dépend de la qualité de la saison des pluies (FAO & CIRAD, 2012). En saison sèche, les plantes ligneuses constituent une source de fourrage supplémentaire. Pour les petits ruminants et particulièrement les caprins, cette ressource peut représenter jusqu'à 85 % de la composition de la ration (Guérin et al., 1989).

1-1-4- Ecosystème et végétation sahélienne

La composition de la végétation du Sahel est différente de celles de deux zones biogéographiques voisines la zone soudanienne et le désert saharien, mais aussi d'autres écosystèmes arides et semi-arides. Les formations végétales du Sahel ressemblent à des forêts par la densité du peuplement des plantes ligneuses. Ces écosystèmes forestiers sahéliens se

rencontrent dans des situations topographiques distinctes. Sur glacis cuirassés des interfluves du sud Sahel, les fourrés de la « brousse tigrée », linéaires et disposés perpendiculairement à la pente, sont des forêts basses, mais denses, dans lesquelles les herbacées n'ont qu'une place restreinte en sous-bois ou sur les marges. De telles densités ne sont possibles qu'à l'aide des transferts d'eau et d'éléments minéraux par ruissellement sur la surface très peu perméables des impluviums qui séparent les fourrés. Grace aux transferts par ruissellement on note aussi la présence de deux autres formations forestières dans les dépressions : il s'agit des fourrés galeries rivulaires qui bordent les mares et les cours d'eau temporaires, et aussi des forêts claires des dépressions argileuses inondées en saison des pluies. La densité et la composition floristique de ces forêts claires dépendent de la texture des sols et du régime de l'inondation (Hiernaux & Le Houérou 2006). Au ferlo Nord plus précisément Tatki, Thieul et Révance qui sont des sites assez représentatifs de la diversité et du gradient du Ferlo, les familles les plus représentées sont les Mimosacées et les Combrétacées avec 6 espèces chacune. *Senegalia* et *Combretum* sont les genres les plus représentatifs en termes de nombre d'espèces. Les espèces les plus fréquentes sont : *Balanites aegyptiaca* (L.), *Boscia senegalensis* (Lam), *Calotropis procera* (Aiton.), *Guiera senegalensis* (G.F.Gmel.), *Combretum glutinosum* (Perr. ex DC.), *Senegalia senegal* (L.), *Grewia bicolor* (Juss.) et *Adenium obesum* (Schinz) (Diouf et al., 2005).

1-2- Régénération naturelle des ligneux

1-2-1- Définition

En foresterie, la "régénération naturelle" fait appel à l'ensemencement spontané : elle s'oppose aux techniques d'enrichissement ou de plantation. En écologie, c'est l'ensemble des processus dynamiques qui permettent de reconstituer un couvert qui a été entamé. La régénération naturelle est souvent associée à l'idée de succession (Lepart, 1983). L'un des aspects essentiels de la biologie des écosystèmes sont les mécanismes de la régénération naturelle. Une meilleure connaissance des mécanismes est primordiale sur le plan scientifique et pratique pour faciliter la gestion des ressources naturelles et orienter la reconstitution des forêts perturbées par les activités anthropiques (Daniel-Yves, 1977).

1-2-2- Régénérations des ligneux au sahel

Dans les écosystèmes sahéliens où l'élevage est l'activité principale des populations, l'herbe assure l'alimentation du bétail durant la saison des pluies et en début de la saison sèche puis après l'arbre prend la relève en assurant l'alimentation du bétail et participe à celle des

populations. L'arbre subit alors une forte sollicitation combinée à la baisse constante de précipitation, aux différents modes d'occupations et de gestion de l'espace et à l'accroissement du cheptel et de la population. Cette pression participe à la dégradation de l'écosystème sahélien et à la réduction de la biodiversité. L'une des solutions pour lutter contre la dégradation est la restauration des milieux. Celle-ci doit reposer sur les capacités de régénération naturelle ou de régénération naturelle assistée (RNA) des différentes composantes en particulier les ligneux (Diatta et al., 2007).

Les espèces ligneuses sont très appréciées par les populations sahéliennes et les communautés rurales en particulier. Cependant, une forte demande conduit souvent à la surexploitation d'arbres multifonctionnels. En conséquence, il y a une diminution de la régénération naturelle et une réduction du nombre et de la gamme d'espèces ligneuses (Idrissa et al., 2018).

Le bétail exerce un effet direct sur cette végétation, en effet certaines graines se retrouvent dans leur alimentation, qui après la digestion se retrouvent dans les fèces dispersées un peu partout. Ce qui joue un rôle important dans la dissémination des graines. En raison de la forte influence directe ou indirecte de l'élevage sur le maintien et la régénération des ligneux dans les parcours, cet indicateur est très important pour le suivi de l'impact de l'élevage sur l'environnement (Carriere & Toutain, 1995).

Dans les écosystèmes semi-arides la régénération des ligneux est liée à la biologie des espèces et aux facteurs pédoclimatiques. La raréfaction du recrutement de nouveaux sujets susceptibles de remplacer les sujets vieillissants de ligneux est l'une des principales causes de changements des formations des ligneux en zone tropicale sèches (Lykke, 1998). Au Sahel il y a quatre facteurs importants pour la régénération des légumineuses ligneuses : les voies de dissémination des graines, les prédateurs des graines, la germination et la croissance des semis. Les arbres et les arbustes adaptés à un environnement semi-aride, ont une caractéristique qui devrait favoriser leur dispersion par le vent pour environ 50% des espèces. La transhumance peut aussi atténuer la pression sur les ressources et favoriser indirectement une régénération de la végétation avec la dispersion des graines par zoochorie (Carriere & Toutain, 1995). Quelques espèces peuvent également être adaptées à la dispersion dans l'eau (Tybirk, 1991). Une banque de semences viables de légumineuses à graines dures est censée exister dans le sol jusqu'à ce que les conditions propices à la germination soient réunies. Selon Delwaulle (1975) la régénération va se heurter à certains facteurs :

- La première saison sèche : si les racines des plants ne s'implantent pas correctement ils dessècheront et la régénération sera perdue ;
- La concurrence pour les éléments nutritifs va réduire la densité de régénération ;

- Les risques de feu de brousse à cause de l'herbe sèche ;
- Le bétail qui peut piétiner les jeunes pousses ou les manger.

Dans la réserve de biosphère du Ferlo, il s'est avéré qu'elle a des potentialités d'assurer le double rôle de conservation de la biodiversité et de fourniture de services écosystémiques, grâce en partie à la capacité de régénération du peuplement végétal qui est de 72% dans l'ensemble de la réserve (Ngom et al., 2013). Mais la sécheresse des années 80 a grandement participé à la disparition de certaines espèces. Cette période est marquée par la disparition de *Combretum aculeatum*, *Adenium obesum*, et la réduction de *Balanites aegyptiaca*, *Sclerocarya birrea*, *Adansonia digitata* et *Ziziphus mauritiana*, qui résulteraient des défrichements de la période d'extension et d'intensification de l'agriculture (période 1975). Mais le retour d'une bonne pluviométrie combiné à la dissémination des graines par les animaux (zoochorie) ont favorisé la régénération des ligneux en milieu strictement pastorale, alors que l'agriculture et l'exploitation forestière sont des bloqueurs de la régénération dans la zone agropastorale humide (Diouf, 2011).

Les travaux de Bakhoum (2013) démontrent plusieurs comportements de la régénération, en effet il en ressort que les pratiques pastorales favorisent la régénération des ligneux et que la topographie n'influence pas la régénération mais c'est l'écologie des espèces en régénération. Malheureusement le pâturage a également contribué à la disparition de *Combretum aculeatum* qui est une espèce très appréciée par les ruminants, à travers les coupes opérées par les éleveurs. L'élimination d'*Adenium obesum* dans certaines zones est encore favorisée par la toxicité de son latex et le danger que cette espèce représente pour l'homme et ses animaux (Diouf, 2011). Certains auteurs comme Charahabil (2006) et Diouf et al (2004) se sont intéressés à la régénération de certaines espèces. L'*Acacia seyal* a un faible pouvoir régénératif du fait de son utilité pour les populations et les animaux, en effet les fruits et les graines sont ramassées par les populations et broutés par les animaux. Selon Albergel et Grouzis (1988) qui sont cités par Gning (2008), au sahel, les aptitudes de régénérations se trouvent dans les caractères d'adaptation des espèces et des structures de végétations face à la sécheresse et à la variabilité des conditions édapho-climatiques. Aussi, il est important de noter que le passage du feu stimule le rejet de souches chez certaines espèces notamment *Guiera senegalensis* et *Boscia senegalensis*. Certaines espèces sont rares ou représentées par de faibles densités, comme l'*Adansonia digitata*, *Sclerocarya birrea* et *Balanites aegyptiaca*, ceux qui peut être dû à la pression qu'elles subissent de la part des populations.

Dans la réserve de biosphère du ferlo (RBF) la régénération naturelle a été étudié par Ngom et al (2013), le taux de régénération du peuplement végétal est de 72% dans l'ensemble de la

réserve et parmi les espèces inventoriées que le *Boscia senegalensis* à le taux le plus faible avec 16,38% et l'espèce qui a le meilleur potentiel de régénération naturelle de la RBF est *Guiera senegalensis* avec indice spécifique de régénération de 62,37%. Elle est suivie de *Boscia senegalensis* avec 16,38%. Ces deux espèces représentent près de 78% des jeunes plants inventoriés dans la RBF. Globalement, les espèces qui présentent les indices spécifiques de régénération les plus élevés sont les arbustes notamment les Combretaceae qui régénèrent facilement par rejets de souche en l'absence des feux de brousse. Il est aussi noté que dans certains la densité de régénération est supérieure à celles des arbres adultes c'est notamment, cette situation est observée par Niang (2009) ou les effectifs de régénération à Tessekéré, labgar et Lougré sont supérieure aux effectifs des arbres adultes, et Widou présente une forte densité de régénération des ligneux. Les espèces ligneuses qu'on a l'habitude de rencontrer à Widou et Tessekéré en régénération sont : *Balanites aegyptiaca*, *Boscia Senegalensis*, *Vachellia seyal*, *Vachellia tortilis*, *Senegalia senegal*, *Grewia bicolor*, *Calotropis procera*, *Ziziphus mauritiana*, *leptadania pyrotechnica*. Le *Balanites aegyptiaca*, le *Boscia senegalensis* et le *Calotropis procera* sont les espèces qui représentent l'essentiel des régénérations dans un peuplement à Widou et Tessekéré (Niang, 2009).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2-1- Présentation de la zone d'étude

2-1-1- Localisation dans la zone sylvopastorale

La zone d'étude est située dans le Ferlo en zone sylvopastorale dans le Nord du Sénégal (Figure 2). Le Ferlo couvre une superficie de 78.600 km², soit 40% du territoire national. Il est limité à l'Est et au Nord par la vallée du fleuve Sénégal, à l'Ouest par les Niayes et au Sud par le bassin arachidier et le Sénégal Oriental (Seck, 2013). Plus précisément, la zone d'étude est localisée dans le Ferlo dit « sableux », par opposition au Ferlo latéritique, plus à l'Est (Tappan et al., 2004) (voir Figure 2).

L'élevage y est de type extensif, pratiqué principalement par l'ethnie Peulh. Longtemps exploité comme pâturage de saison des pluies en raison de l'inexistence avant les années 1950 de points d'eau permanents, le Ferlo est, de nos jours, soumis à une exploitation permanente, rendue possible avec l'implantation de nombreux forages dans les parcours naturels (Dieye, 2021). Les marres temporaires, formées dans certaines dépressions, constituent une autre source d'eau pour abreuver les animaux en saison des pluies et en début de saison sèche.

2-1-2 - Aspects pédoclimatiques

Le climat du Ferlo est caractérisé par des précipitations moyennes faibles et instables concentrées entre juillet et septembre et variant entre 300mm et 800mm. Les variations annuelles des précipitations dans le Ferlo sont marquées par de forts écarts, alternant périodes sèches et périodes humides. Les températures moyennes varient entre 20°C (janvier/février) et 38°C au cœur de la saison chaude, avec, également de fortes variations selon les années. Les vagues de chaleur, tout comme les vagues de froid en contre-saison, sont fréquentes (Seck, 2013).

La pluviométrie moyenne annuelle augmente de 300 mm au nord à 500 mm au sud. Les données pluviométriques (Fig. 3-a et 3-b) mettent en évidence, d'abord une réduction des volumes totaux précipités annuellement des années 1950 à 2000 et, une opposition bien marquée entre une série d'années humides allant de 1950 à la fin des années 60, une période caractérisée par des phases de sécheresse récurrentes des années 70 à la fin du 20^{ème} siècle, et une tendance à la faible reprise des pluies depuis le début du 21^{ème} siècle.

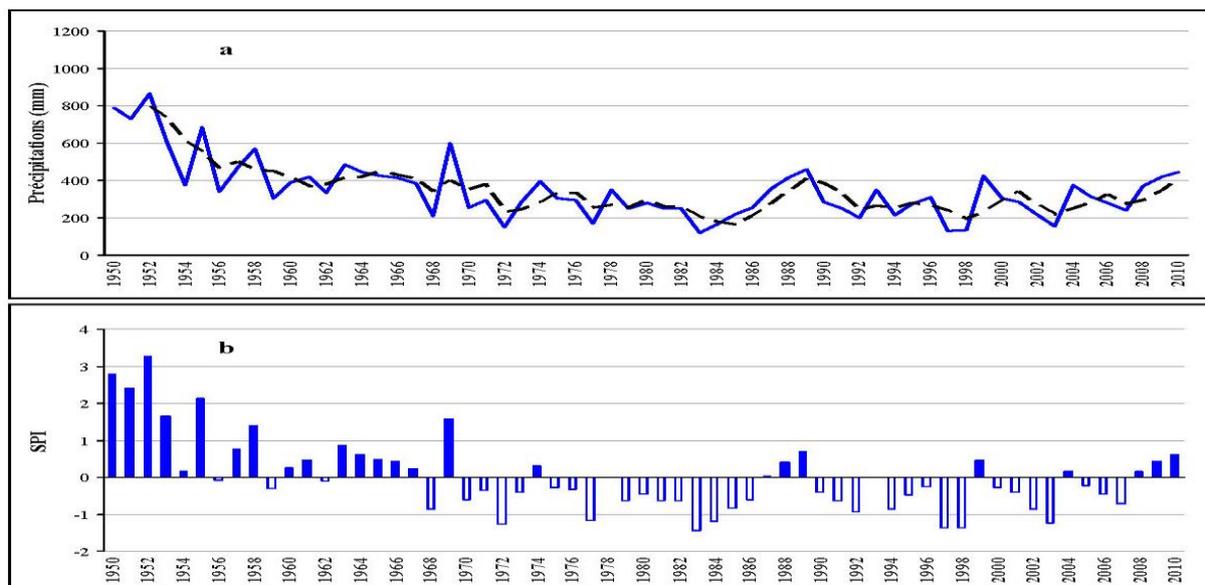


Figure 2: Station de Louga : a/ précipitations annuelles (trait plein) et moyennes mobiles sur trois ans (en tiretés) et b/ indice standardisé des précipitations entre 1950 et 2010 (Fall, 2017).

Les années 1980 se sont montrées particulièrement déficitaires, en particulier l'année climatique 1983-84, qui reste dans la mémoire des populations du Ferlo, comme étant une année très sèche. Au Ferlo deux types de sols sont distingués (Lebrun & Stork, 1997):

- Les sols sableux du système dunaire constitués de sols brun-rouge subarides neutres à faiblement acides ; ils contiennent 80 à 85% de sable et 3,5% d'argile en surface. Ils sont pauvres en matières organiques ;
- Les sols ferrugineux tropicaux, sont de texture sableuse à sablo-argileuse, de couleur rouge, plus ou moins lessivés et pauvres en matières organiques.

2-1-3- Végétation ligneuse du Ferlo-Nord

La végétation est une steppe herbeuse à steppe arbustive lâche (Barral et al 1983). Cette végétation apparaît, en fin de saison des pluies, à l'apogée de développement, sous la forme d'un tapis herbacé, plus ou moins continu, pouvant atteindre 50 cm à 1 m, composé essentiellement d'espèces annuelles. Ce tapis est parsemé d'arbres et d'arbustes fréquemment épineux, ne formant jamais une strate continue (Akpo, 1993)

Au niveau de la strate arborée la végétation est marquée par une forte présence parfois monospécifique de *Balanites aegyptiaca* dans les cuvettes, sur les dunes on retrouve le *Vachellia tortilis* et le *Vachellia seyal* et occasionnellement dans les cuvettes évasées en association avec le *Balanites aegyptiaca*. Sur les dunes *Sclerocarya birea* et *Combretum glutinosum* ne sont visibles qu'à Widou alors que *Andosonia digitata* est observé aussi bien à Widou qu'à Tessekere mais avec une faible densité. Toujours à Widou au niveau de la strate

arbustive *Calotropis procera* a dominé *Boscia senegalensis* qui est devenu rare voire inexistant par rapport à Tessekéré (Niang, 2009).

2-2- Collecte et traitement de données

2-2-1- Echantillonnage

Dans le but d'étudier l'influence de la topographie et des types de gestion sur la régénération, nous avons retenu deux sites : Widou Thiengoly et Fété Olé.

- **Widou Thiengoly**

- Placettes issues de la thèse de Morgane Dendoncker pour lesquelles des données sur le peuplement adulte et la régénération datant de 2015 sont disponibles (Dendoncker et Vincke 2020) ;
- Placettes localisées dans les parcelles de la Grande Muraille Verte. Ces placettes devront être localisées dans des plantations « anciennes », afin de ne pas risquer de confondre la régénération naturelle, des plantations nouvelles.

- **Fété-Olé :**

- Quadra expérimental installé en 1969 par le Programme Biologique International, Poupon y a réalisé sa thèse (Poupon, 1980). Des données de régénération datant de 1995 (mémoire de C. Vincke : Vincke *et al.*, 2010) sont disponibles sur ce quadra.

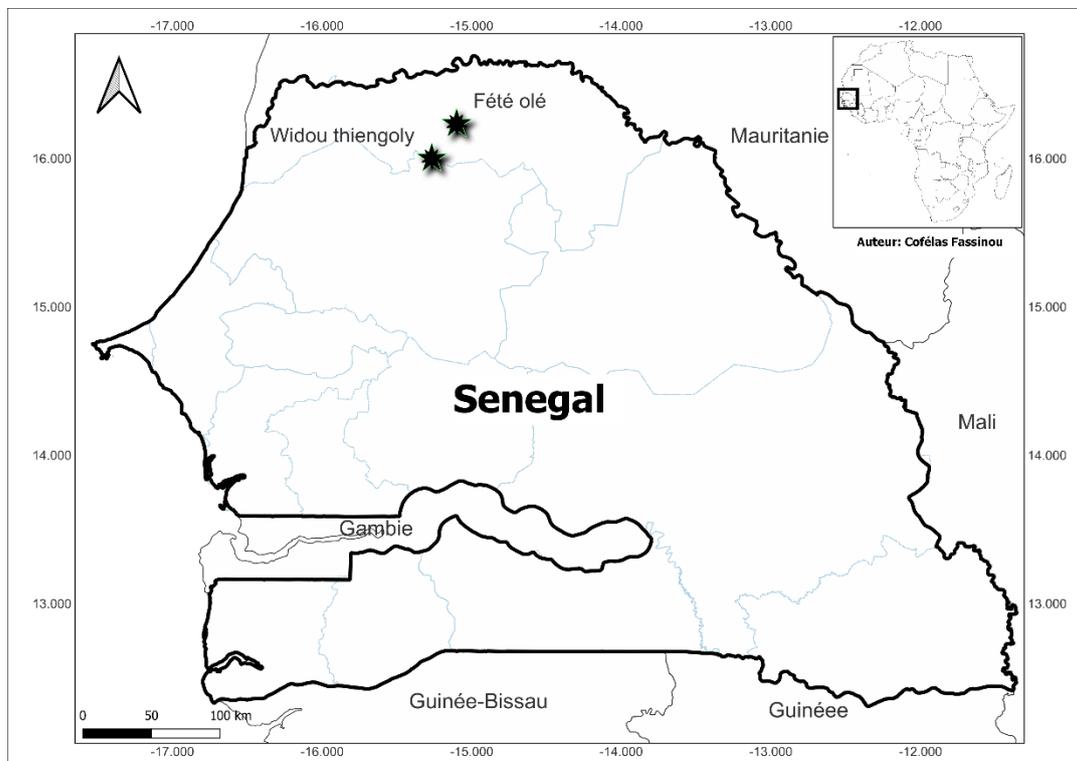


Figure 3: Localisation des deux sites d'études.

Trois types de gestion ont été étudiés : des parcours communs libres, des anciens parcours contrôlés qui restent gérés individuellement et des plantations. Les parcours libres correspondent à des parcours où aucune restriction d'accès et aucune gestion particulière n'est appliquée. Les anciens parcours contrôlés sont d'anciennes placettes expérimentales du dispositif des allemands (Thébaud, Grell, et Miehe 1995) . Enfin, les plantations correspondent à des parcelles de la Grande Muraille Verte, dont les plants présentaient une taille suffisante pour ne pas être confondus avec la régénération naturelle. Les trois types de gestion ne se rencontrant pas dans les deux sites, il y a au total 4 situations étudiées : anciens parcours contrôlés à Widou ; parcours libres à Widou ; plantation (GMV) à Widou ; parcours libres à Fété Olé.

Au total, 58 placettes carrées de 50 m x 50 m, soit une surface de 2500 m² ont été inventoriées durant l'été 2021 de juillet à août, avec 12 placettes à Fété-Olé, 20 à Widou sur parcours libres, 14 à Widou sur d'anciens parcours contrôlés et 12 dans les plantations de la GMV (Tableau 1). Afin de tenir compte de l'influence de la topographie, dans chaque situation, les placettes étaient réparties entre sommets de dunes et dépressions.

Etant donné que les placettes ont été choisies préalablement à notre mission de terrain, nous avons utilisé un GPS pour localiser le centre de chaque placette avant de délimiter une surface de 2500 m² avec un ruban mètre et des jalons.

Tableau 1: Nombre de placette par site, par topographie et par mode de gestions des parcours.

Localisation	Type de gestion	Topographie	Nombre de placettes	Total par zone-gestion
Fété Olé	Parcours libres	Dépressions	6	12
		Sommets de dunes	6	
Widou	Parcours libres	Dépressions	10	20
		Sommets de dunes	10	
	Anciens parcours contrôlés	Dépressions	4	14
		Sommets de dunes	10	
	Plantation (Grande Muraille Verte)	Dépressions	6	12
		Sommets de dunes	6	
TOTAL			58	

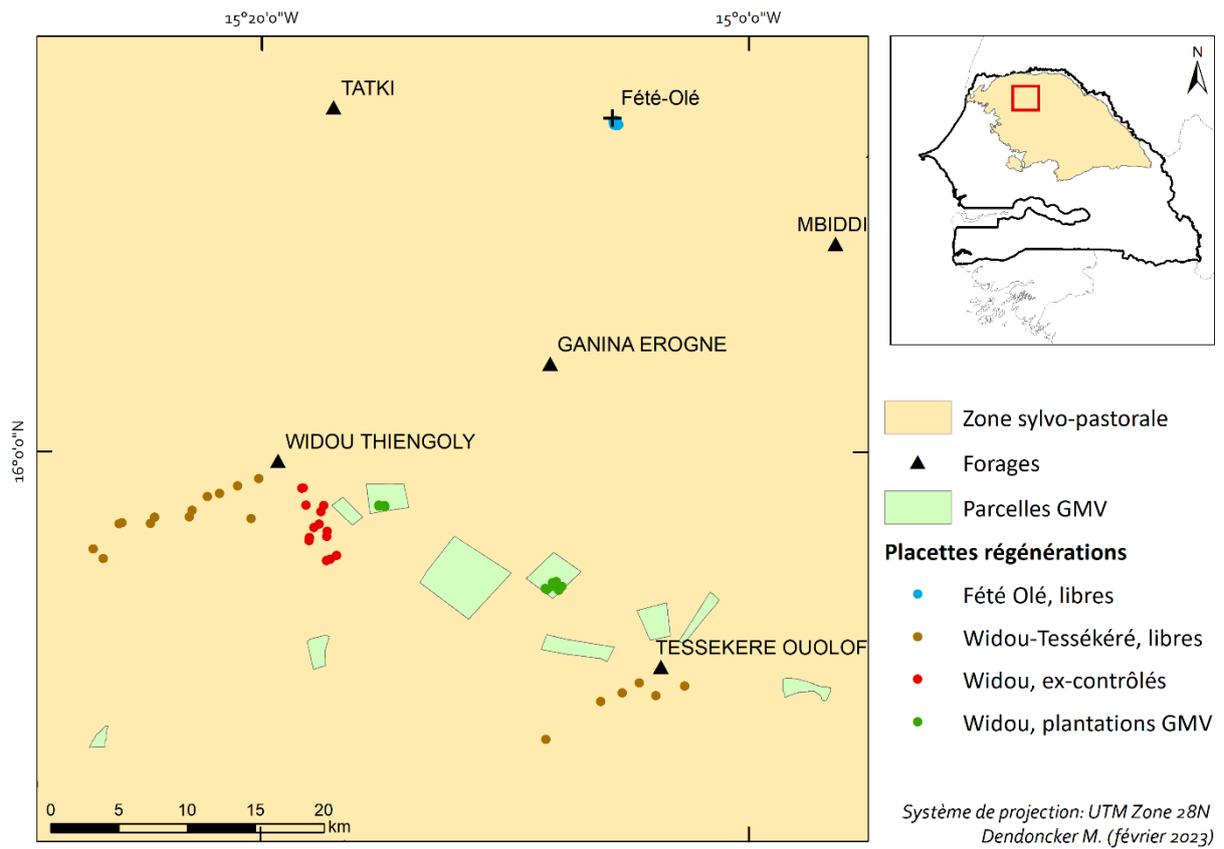


Figure 4: Localisation des placettes d'inventaires au sein de la zone d'étude dans la zone sylvopastorale du Sénégal.



Photo 1: Matérialisation d'une placette de 50 m X 50 m

2-2-2- Estimation de la régénération

A l'aide d'une fiche d'inventaire, tous les rejets, c'est-à-dire tous les individus dont la circonférence est inférieure à 10 cm ont été recensés. Les régénérations considérées comme plantules ont des hauteurs inférieures à 30 cm et les jeunes plants des hauteurs supérieures à 30 cm avec moins de 10 cm de circonférence. Pour la distinction entre jeune plant et plantule selon la hauteur, l'étude s'est basée sur les travaux de Dendoncker et Vincke (2020). Le choix de la hauteur pour la distinction s'explique par la différence écologique entre jeune plant et plantule qui réside sur le fait que les jeunes plants sont bien installés et ont un taux de survie beaucoup plus élevé que les plantules, qui en général ont un ou deux ans seulement et sont nombreuses à mourir durant leur première saison sèche.

Pour chaque jeune individu, sa position sous houppier ou hors houppier est notée. Dans le cas où il est sous couvert ligneux, l'espèce de l'arbre/arbuste adulte est encodée. Il est aussi noté avec si le rejet est naturel, c'est-à-dire provenant d'une germination ou d'un rejet souche. Au sens botanique, un rejet est une nouvelle pousse feuillée apparaissant sur une plante ligneuse à la suite d'une cassure naturelle ou d'une coupe d'origine anthropique.

2-2-3- Le traitement de données

Pour les espèces rencontrées nous les avons réparties suivant la classification APG IV. Cette dernière est la quatrième version de la classification botanique des angiospermes établie par l'Angiosperm Phylogeny Group. C'est une modification de la classification APG III.

Les données ont été traitées par étapes selon nos questions de recherches.

Question 1 : Quel est l'état actuel de la régénération des ligneux dans le Ferlo sableux ?

Pour répondre à cette question, nous avons calculé la fréquence de présence de régénération de chaque espèce, cette fréquence renseigne sur la distribution d'une espèce dans un peuplement. Elle peut être exprimée en valeur absolue ou en pourcentage (%). Elle est estimée par la formule suivante (Roberts-Pichette et Gillespie, 2002).

$$\mathbf{Fr} = \frac{\text{Nombre de placettes ou les régénération (jeune plant ou plantule) de l'espèce ont été rencontrés}}{\text{Nombre total de placettes}} \times 100$$

En utilisant la fréquence de présence nous allons aussi calculer la fréquence relative de régénération (jeune plant et plantule) de chaque espèce. Cette fréquence désigne la distribution d'une espèce par rapport à la distribution de toutes les espèces de l'échantillon. Elle est donnée par le rapport en % entre la fréquence présence de l'espèce considérée et le total des fréquences de présence de toutes les espèces des placettes.

$$\mathbf{Frelative} = \frac{\text{Fréquence de présence des régénération (jeune plant ou plantule) de l'espèce}}{\text{Somme des fréquences de toutes les espèces (jeunes plants ou plantules)}} \times 100$$

Pour chaque espèce nous avons calculé la densité de jeunes plants, plantules, de régénérations issues de germination et de rejet souche à l'hectare. Pour mieux apprécier le poids de régénération de chaque espèce nous avons calculé l'indice spécifique de régénération.

Nous avons utilisé la formule suivante pour calculer l'indice spécifique de régénération, elle est obtenue à partir du rapport en pourcentage entre l'effectif des jeunes plants d'une espèce et l'effectif total des jeunes plants dénombrés (Akpo & Grouzis, 1996).

$$\text{ISRi} = \frac{\text{Nombre de régénération (jeunes plants ou plantules) de l'espèce}}{\text{Nombre total de régénération (jeunes plants plantules)}} \times 100$$

Pour le calcul de densité nous avons utilisé la formule suivante :

$$\text{Densité} = \frac{\text{Effectif de l'espèce}}{\text{Surface de toutes les placettes (ha)}}$$

Question 2 : Quelle est l'influence de la topographie sur la régénération des ligneux du Ferlo sableux ?

Pour répondre à cette deuxième question nous avons comparé les moyennes des densités des jeunes plants et plantules sur sommets de dunes et en dépressions par un test non paramétrique de Kruskal Wallis avec le logiciel R. L'usage d'un test non paramétrique se justifie vu la non-normalité de nos données, mise en évidence par un test de normalité avec le logiciel XLSTAT. Nous avons comparé les moyennes de densité de jeunes plants et plantules des placettes localisées en sommet de dunes et en dépression. Nous avons également comparé les moyennes de richesse spécifique en sommet et dépression.

Question 3 : Quelle est l'influence des différents modes de gestion des parcours sur la régénération des ligneux du Ferlo sableux ?

Pour répondre à cette question, nous avons comparé les moyennes des densités des jeunes plants et des plantules dans les placettes présentant les différents modes de gestion en utilisant le test de Kruskal Wallis. Pour tenir compte de l'effet topographie, nous avons séparé les deux éléments de relief au sein de chaque type de gestion. Nous avons aussi comparé les moyennes des densités des régénérations issues de germination et de rejet de souche ainsi que les richesses spécifiques des différents modes de gestions (Parcours contrôlé, parcours libre et plantation de la grande muraille verte).

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3-1- Résultats

3-1-1- Description de la régénération naturelle des ligneux du Ferlo.

Nous avons rencontré onze espèces ligneuses, elles sont réparties en dix genres et huit familles suivant la classification APG IV.

a) Fréquence de présence de chaque espèce

Lors de notre étude nous avons rencontré 8 familles d'espèces, 10 genres répartis en 11 espèces. Les familles de Fabaceae et Combretaceae sont plus représentées avec deux genres dans chaque famille. Pour le Fabaceae nous avons retrouvé les genres *Senegalia* et *Vachellia* et pour le Combretaceae nous avons retrouvé le *Combretum* et *Guiera*. Et parmi les genres un se démarque par la présence de deux espèces : *Vachellia seyal* et *Vachellia tortilis*. Pour les autres genres ils ne sont représentés que par une espèce. D'après le tableau 2 les espèces *Balanites aegyptiaca* et *Boscia senegalensis* ont une forte présence de plantules et de jeunes plants avec respectivement 57% et 60% de jeunes plants et 48% et 57% de plantules. Les espèces qui ont la plus faible présence de jeunes plants et de plantules, sont le *Sclerocarya birrea*, *Jatropha chevalieri*, *Guiera senegalensis* et le *Combretum aculeatum* avec des présences varient entre 0% et 3%.

Tableau 2: Espèces ligneuses rencontrées et leurs fréquences de présences selon leur statut de régénération (plantules et jeunes plants).

Famille	Genre	Espèce	Fr Jeune plant	Fr Plantule
Fabaceae	Senegalia	<i>Senegalia senegal</i> (L.)	7%	9%
	Vachellia	<i>Vachellia seyal</i> (Delile.)	2%	2%
		<i>Vachellia tortilis</i> (Forssk.)	12%	19%
Combretaceae	Combretum	<i>Combretum aculeatum</i> (Vent.)	3%	3%
	Guiera	<i>Guiera senegalensis</i> (G.F.Gmel.)	2%	2%
Zygophyllaceae	Balanites	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.)	57%	48%
Capparaceae	Boscia	<i>Boscia senegalensis</i> (Lam.)	60%	57%
Apocynaceae	Calotropis	<i>Calotropis procera</i> (Aiton.)	19%	2%
Malvaceae	Grewia	<i>Grewia bicolor</i> (Juss.)	12%	5%
Euphorbiaceae	Jatropha	<i>Jatropha chevalieri</i> (Beille.)	2%	2%
Anacardiaceae	Sclerocarya	<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich.)	0%	2%

b) Fréquence relative

Les données de la fréquence de présence sont corroborées par ceux de la fréquence relative (Tableau 3). En effet le *Balanites aegyptiaca* et le *Boscia senegalensis* ont respectivement 32% et 34% de jeunes plants et 32% et 38% de plantules. Parmi les espèces qui ont les plus faibles fréquences relatives sont le *Sclerocarya birrea* avec 0% de fréquence de relative pour les jeunes plants et 1% pour les plantules. *Guiera senegalensis*, *Jatropha chevalieri* et *Vachellia seyal* ont des fréquences de 1% pour les jeunes plants et les plantules.

Tableau 3: Fréquence relative des régénérations (jeunes plants et plantules) de chaque espèces rencontrées.

Espèce	Fr Jeune plant	Fr plantule
<i>Boscia senegalensis</i>	34%	38%
<i>Balanites aegyptiaca</i>	32%	32%
<i>Vachellia tortilis</i>	7%	13%
<i>Calotropis procera</i>	11%	1%
<i>Grewia bicolor</i>	7%	3%
<i>Senegalia senegal</i>	4%	6%
<i>Combretum aculeatum</i>	2%	2%
<i>Vachellia seyal</i>	1%	1%
<i>Guiera senegalensis</i>	1%	1%
<i>Jatropha chevalieri</i>	1%	1%
<i>Sclerocarya birrea</i>	0%	1%

c) Indice spécifique de régénération

Le Tableau 4 ci-dessous nous renseigne sur le poids de régénération de chaque espèce rencontrée. L'analyse de ce tableau nous montre que parmi les espèces rencontrées, le *Boscia senegalensis* a un potentiel de régénération très élevé (78%) suivi de *Balanites aegyptiaca* (13%) puis par *Calotropis procera* avec (6%). Mais il y a certaines espèces qui ont un très faible potentiel de régénération de 1% ce sont : *Senegalia senegal*, *Vachellia tortilis*, *Combretum aculeatum* et *Grewia bicolor*. Les espèces restantes des indices inférieures à 1%.

Tableau 4: Indice spécifique de régénération de chaque espèce

Espèces	Indice spécifique de régénération
<i>Boscia senegalensis</i>	78%
<i>Balanites aegyptiaca</i>	13%
<i>Calotropis procera</i>	6%
<i>Senegalia senegal</i>	1%
<i>Vachellia tortilis</i>	1%
<i>Combretum aculeatum</i>	1%
<i>Grewia bicolor</i>	1%
<i>Jatropha chevalieri</i>	0,14%
<i>Guiera senegalensis</i>	0,06%
<i>Vachellia seyal</i>	0,06%
<i>Sclerocarya birea</i>	0,03%

- d) Densités par hectare des jeunes plants et plantules des différentes espèces sous couvert et hors couvert dans les placettes.

Les densités de régénération hors couvert de jeunes plants, de chaque espèce sont consignées dans le Tableau 5. Hors couvert huit espèces sont recensées avec de très faibles densités voire pas de présence pour certaines espèces (*Senegalia senegal*, *Vachellia seyal*, *Guiera senegalensis* et *Jatropha chevalieri*). Seulement le *Boscia senegalensis* se démarque avec 19 jeunes plants/ha et 9 plantules/ha. Sous couvert, onze espèces sont rencontrées parmi ces onze seuls trois présentent des densités de jeunes plants et de plantules importantes par rapport aux autres espèces : *Balanites aegyptiaca* (88 jeunes plants/ha et 101 plantules/ha), *Boscia senegalensis* (988 jeunes plants/ha et 1519 plantules/ha), et *Calotropis procera* (69 jeunes plants/ha). Les densités de plantules de *Balanites aegyptiaca* et *Boscia senegalensis* sont supérieures à leurs densités de jeunes plants, concernant *Calotropis procera* toutes les régénérations sont des jeunes plants.

Tableau 5: Densités de espèces selon leur statut de régénération et leur origine hors couvert et sous couvert..

Espèces	Densité par hectare			
	Hors couvert		Sous couvert	
	Jeunes plants	Plantules	Jeunes plants	Plantules
<i>Senegalia senegal</i>	0	0	17	6
<i>Vachellia seyal</i>	0	0	1	0
<i>Vachellia tortilis</i>	1	1	4	8
<i>Balanites aegyptiaca</i>	5	3	88	101
<i>Boscia senegalensis</i>	19	9	988	1519
<i>Calotropis procera</i>	5	0	69	0
<i>Combretum aculeatum</i>	0	0	3	3
<i>Grewia bicolor</i>	0	0	21	10
<i>Guiera senegalensis</i>	0	0	0	1
<i>Jatropha chevalieri</i>	0	0	1	3
<i>Sclerocarya birrea</i>	0	0	0	1
Total des régénérations	30	13	1188	1651



A



B

Photo 2: (A) jeune plant de Balanites aegyptiaca (B) plantule de Boscia senegalensis

- e) Densités des régénérations naturelles issues de germinations et des rejets de souche des espèces sous couvert et hors couvert dans les placettes.

Les densités de régénérations issues de germination et de rejet souche de chaque espèce ont été retranscrites dans le Tableau 6, en séparant la régénération hors couvert et sous couvert. Hors couvert comme sous couvert il y a plus de régénérations issues de germination que de régénérations issues de souches. En effet au total hors couvert 41 régénérations/ha sont issues de germinations et 2 régénérations/ha sont issues de rejets de souches, sous couvert 2711 régénérations/ha sont issues de germination et 127 régénération/ha sont issues de rejet de souches. Vu la faible présence de régénération hors couvert, les seules espèces présentes ont la majorité de leurs régénérations qui sont issues de germination c'est le cas du *Boscia senegalensis* avec 27 régénérations/ha issues de germination. Sous couvert toutes les espèces présentes ont une densité de régénérations issues de germinations supérieure à la densité de régénérations issues de rejets de souches à l'hectare comme le *Boscia senegalensis* avec 2437 régénérations/ha issues de germination et 69 régénérations/ha issues de rejets de souches, excepté le *Senegalia senegal* sous couvert qui a 15 régénérations/ha issues de rejets de souches et seulement 7 régénérations/ha issues de germinations.

Tableau 6: Densités par espèces des régénérations issues germination et de souche sous couvert et hors couvert

Espèces	Densité par hectare			
	Hors couvert		Sous couvert	
	Régénérations issues de germination	Régénérations issues de rejets de souches	Régénérations issues de germination	Régénérations issues de rejets de souches
<i>Senegalia senegal</i>	0	0	7	15
<i>Vachellia seyal</i>	0	0	1	0
<i>Vachellia tortilis</i>	2	0	12	0
<i>Balanites aegyptiaca</i>	8	0	174	12
<i>Boscia senegalensis</i>	27	1	2437	69
<i>Calotropis procera</i>	4	1	39	30
<i>Combretum aculeatum</i>	0	0	6	0
<i>Grewia bicolor</i>	0	0	30	0
<i>Guiera senegalensis</i>	0	0	0	1
<i>Jatropha chevalieri</i>	0	0	4	0
<i>Sclerocarya birrea</i>	0	0	1	0
Total des régénérations	41	2	2711	127

3-1-2- Influence de la topographie sur la régénération

a) Jeunes plants

Le test de Kruskal Wallis effectué montre qu'il y a une différence significative entre les densités moyennes de jeunes plants sur sommet et en dépression. Les placettes localisées en dépression présentent en moyenne une densité de 195,88 jeunes plants par hectare avec un écart-type élevé de 276,43, tandis que les placettes sur sommets ont une moyenne de 9,18 jeunes plants par hectare et un écart-type faible de 3,8.

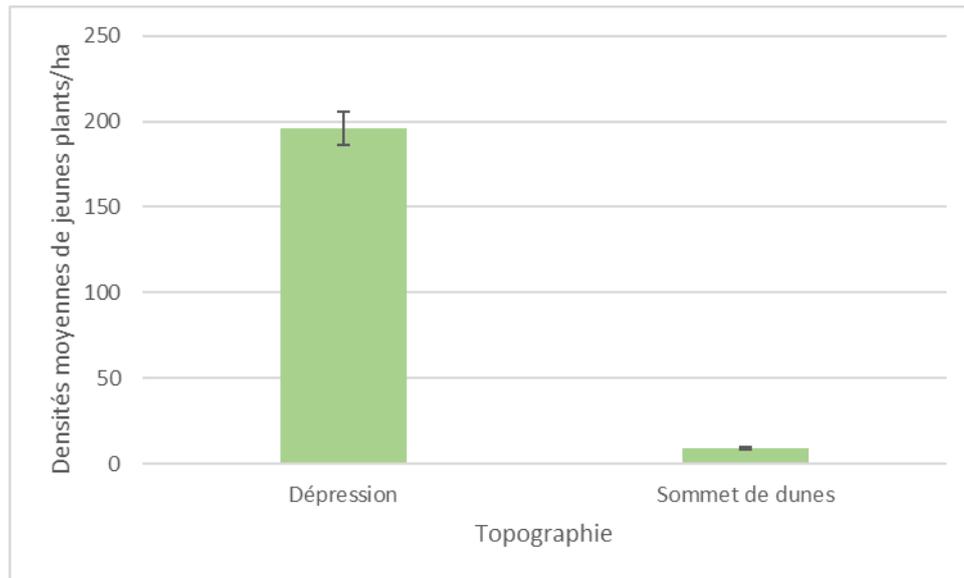


Figure 5: Histogramme des moyennes et des écart-types des densités de jeunes plants en dépression et en sommet

b) Plantules

Le test de Kruskal Wallis effectué montre qu'il y a une différence significative entre les densités moyennes de plantules sur sommet et en dépression. Avec une densité moyenne de 218 plantules par hectare et un écart-type élevé de 337,17, les dépressions contiennent beaucoup plus de plantules que les sommets, qui présentent une densité moyenne de 6,74 plantules à l'hectare avec un écart-type faible de 3,01.

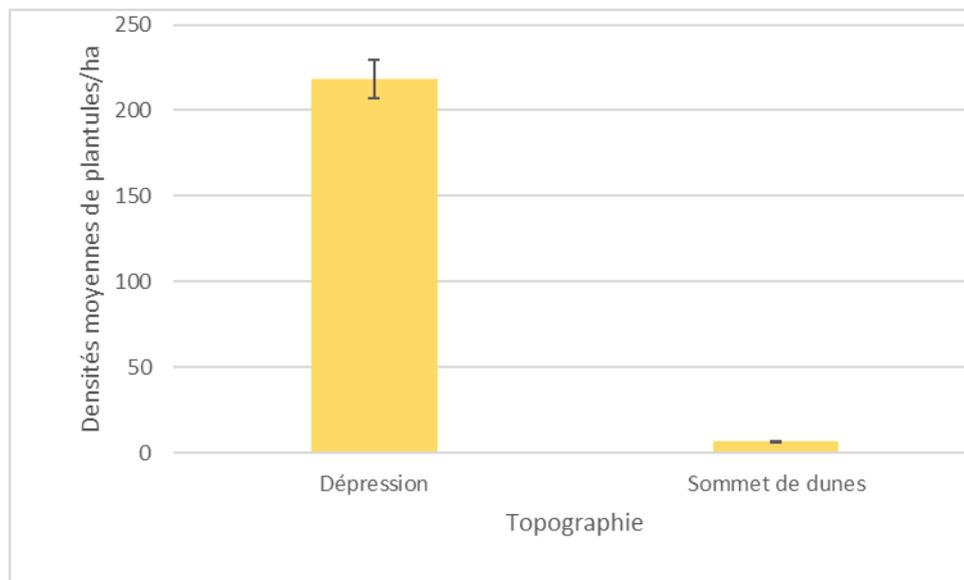


Figure 6: Histogramme des moyennes et des écart-types des densités de plantule en dépression et en sommet.

c) Richesse spécifique

Le test de Kruskal Wallis effectué montre qu'il y a une différence significative entre les moyennes des richesses spécifiques sur sommet et en dépression. Les placettes localisées en dépression présentent une richesse spécifique moyenne de 4 espèces et un écart-type de 0,53, tandis que les placettes localisées sur sommet présentent une moyenne de 1,41 espèces et un écart-type de 0,51.

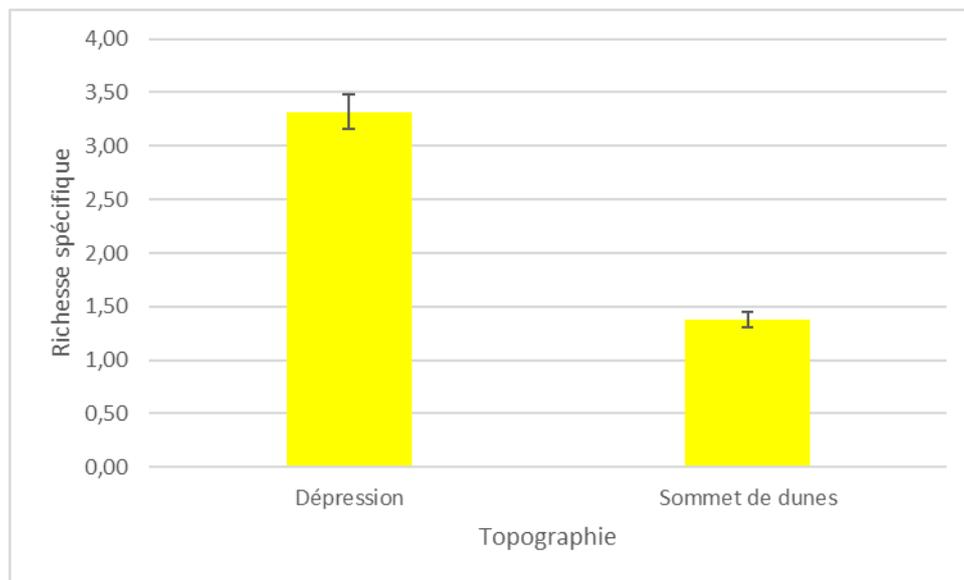


Figure 7: Histogramme des moyennes et des écart-types de la richesse spécifique en dépression et sur sommet

3-1-3- Influence des modes de gestion des parcours sur la régénération

a) La régénération des jeunes plants entre modes de gestion en suivant la topographie

La Figure 6 montre les moyennes des densités de jeunes plants selon la topographie et selon le mode de gestion. Le test de Kruskal Wallis montre qu'il y a au moins deux modes de gestion qui sont différents, et qu'au sein d'un mode de gestion le sommet est différent de la dépression. A Fété olé les parcours libres présentent une densité moyenne de 676,66 jeunes plants/ha en dépression et 4 jeunes plants/ha. A Widou les parcours contrôlés ont une densité moyenne de 40 jeunes plants/ha en dépression et 8,8 jeunes plants en sommet ; pour les parcours libres, on retrouve une densité moyenne de 34,22 jeunes plants/ha en dépression et 11,27 jeunes plants/ha en sommet. Pour la grande muraille verte on y trouve une densité moyenne de 34,66 jeunes plants/ha en dépression et 12,66 jeunes plants/ha en sommet.

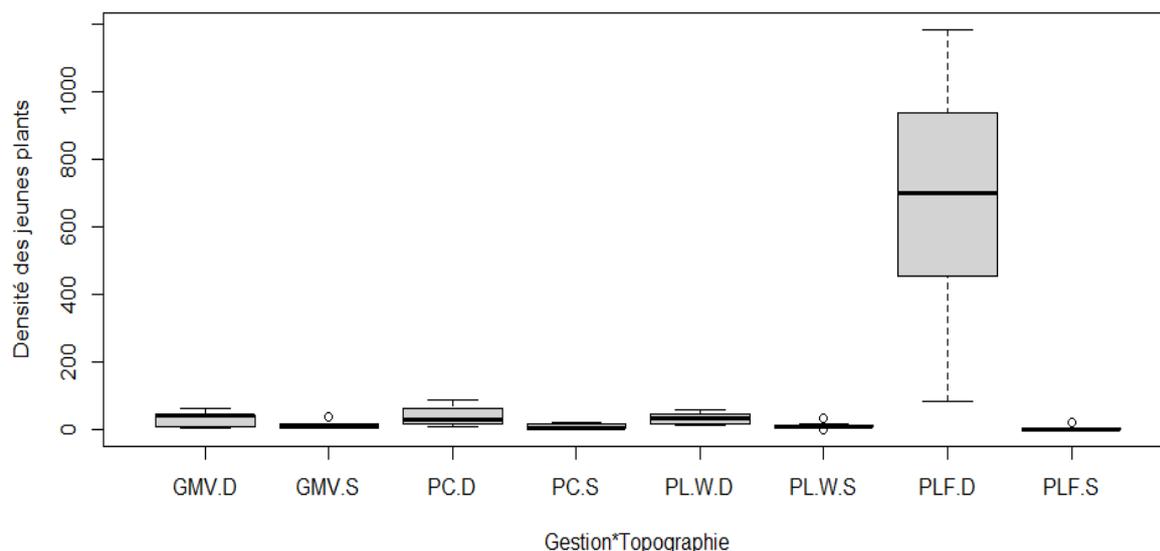


Figure 8: Densité moyennes des jeunes plants entre les modes de gestion et éléments de la topographie. *GMV.D* : Grande Muraille Verte Dépression, *GMV.S* : Grande Muraille Verte Sommet, *PC.D* : Parcours Contrôlé Dépression, *PC.S* : Parcours Contrôlé Sommet, *PLF.D* : Parcours Libre Fété Olé Dépression, *PLF.S* : Parcours Libre Fété Olé Sommet, *PLW.D* : Parcours Libre Widou Dépression, *PLW.S* : Parcours Libre Widou Sommet.

Le Tableau 7 indique pour chaque densité de jeunes plants, si les différentes moyennes observées entre mode de gestion et entre éléments de la topographie sont significatives. Nous pouvons voir qu'il y'a une différence significative entre les densités de jeunes de plants entre les sommets et les dépressions de chaque mode de gestion excepté pour les plantations de la GMV. En comparant les sommets des différents modes de gestion on note qu'il n'y pas de différence significative et il en est de même pour les dépressions des différents modes de gestion.

Tableau 7: Résumé sur les différences significatives des densités de jeunes plants entre mode gestion avec effet topographie. Un « Oui » indique qu'il y a une différence significative et un « Non » qu'il n'y a pas de différence significative.

MODE DE GESTION	GMVD	GMVS	PCD	PCS	PLFD	PLFS
GMVS	NON					
PCD	NON	NON				
PCS	OUI	NON	OUI			
PLFD	NON	OUI	NON	OUI		
PLFS	OUI	NON	OUI	NON	OUI	
PLWD	NON	NON	NON	OUI	NON	OUI
PLWS	NON	NON	NON	NON	OUI	NON

b) La régénération de plantules entre modes de gestion suivant la topographie

La figure 7 montre les moyennes de densités de plantules selon la topographie et le mode de gestion. Le test de Kruskal Wallis montre qu'il y a au moins deux modes gestions différents les uns des autres. Nous pouvons voir que le parcours libre à Fété Olé se démarquent des autres modes de gestion par une forte concentration de plantules en dépression 724 plantules/ha et 8,66 plantules/ha en sommet. A Widou les parcours contrôlés ont des densités moyennes de 47 plantules/ha en dépression et 5,2 plantules/ha en sommet, concernant les parcours libres on a des densités de 52 plantules en dépression et 9,81 plantules/ha en sommet. Pour les plantations de la GMV il y a des densités moyennes de 50 plantules/ha en dépression et 3,3 plantules/ha en sommet.

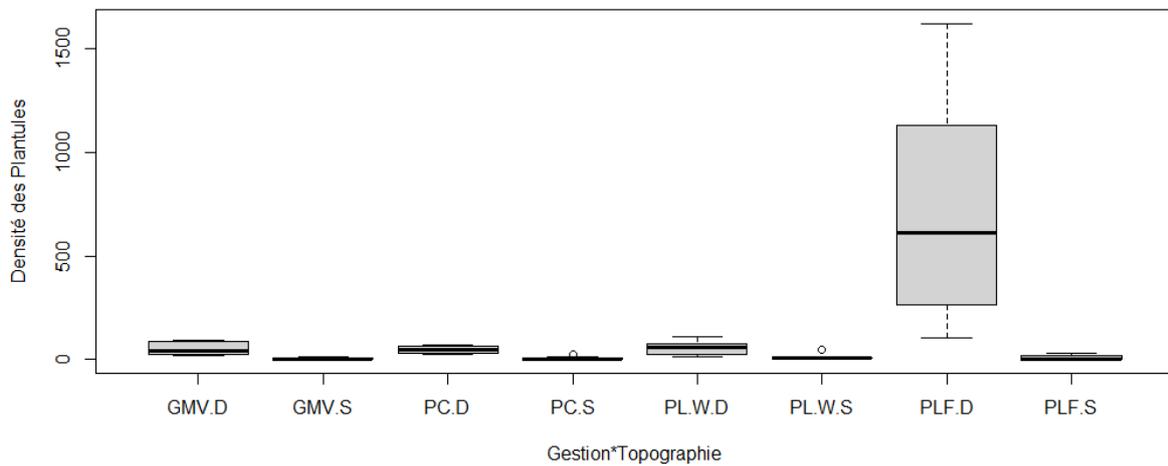


Figure 9: Densité moyenne des plantules entre modes de gestion et entre éléments de topographie. **GMV.D** : Grande Muraille Verte Dépression, **GMV.S** : Grande Muraille Verte Sommet, **PC.D** : Parcours Contrôlé Dépression, **PC.S** : Parcours Contrôlé Sommet, **PLF.D** : Parcours Libre Fété Olé Dépression, **PLF.S** : Parcours Libre Fété Olé Sommet, **PLW.D** : Parcours Libre Widou Dépression, **PLW.S** : Parcours Libre Widou Sommet.

Le Tableau 8 indique pour chaque densité de plantules, si les différences de moyennes observées entre les modes de gestion et entre les éléments de topographie sont significatives. Il nous montre que les moyennes des densités des plantules ne sont pas significativement différentes entre les modes de gestion mais au sein de chaque mode de gestion le sommet est différent de dépression.

Tableau 8: Résumé sur les différences significatives des densités de plantules entre mode gestion avec effet topographie. Un « Oui » indique qu'il y a une différence significative et un « Non » qu'il n'y a pas de différence significative

MODE DE GESTION	GMVD	GMVS	PCD	PCS	PLFD	PLFS
GMVS	OUI					
PCD	NON	OUI				
PCS	OUI	NON	OUI			
PLFD	NON	OUI	NON	OUI		
PLFS	OUI	NON	OUI	NON	OUI	
PLWD	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
PLWS	NON	NON	NON	NON	OUI	NON

c) La richesse spécifique entre les modes de gestion avec effet dépression

La Figure 8 illustre les richesses spécifiques moyennes observées dans chaque mode de gestion et entre les éléments de topographie. Le test de Kruskal Wallis montre qu'au sein d'un mode de gestion il y a plus espèces en dépression qu'en sommet. En moyenne à Fété olé on a 4 espèces en dépression et 0,66 espèce en sommet. Pour le parcours libre à Widou en moyenne la dépression à 2,7 espèces et 1,63 espèces en sommet. En parcours contrôlé en moyenne il y a 3,25 espèces en dépression et 1,4 espèces en sommet. Pour la grande muraille verte on a en moyenne 3,33 espèces en dépression et seulement 1,83 espèces.

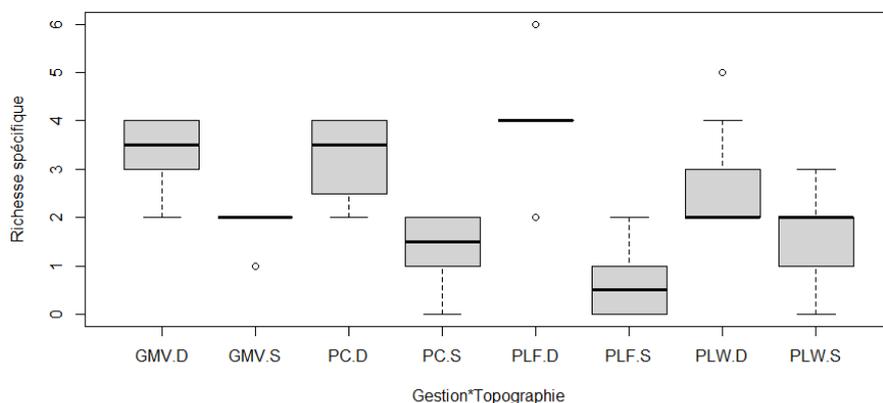


Figure 10: Les richesses spécifiques entre les modes de gestion avec effet topographie. **GMV.D** : Grande Muraille Verte Dépression, **GMV.S** : Grande Muraille Verte Sommet, **PC.D** : Parcours Contrôlé Dépression, **PC.S** : Parcours Contrôlé Sommet, **PLF.D** : Parcours Libre Fété Olé Dépression, **PLF.S** : Parcours Libre Fété Olé Sommet, **PLW.D** : Parcours Libre Widou Dépression, **PLW.S** : Parcours Libre Widou Sommet.

Le Tableau 9 sur les différences significatives de richesse spécifique entre les modes de gestion suivant la topographie, nous montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les modes de gestion. En effet en comparant les sommets des modes de gestion ainsi que leurs dépressions on remarque qu'il n'y a pas de différences. Mais au sein de chaque mode de gestion le sommet est significativement différent de la dépression.

Tableau 9: Résumé sur les différences significatives de richesse spécifique entre mode gestion avec effet topographie. Un « Oui » indique qu'il y a une différence significative et un « Non » qu'il n'y a pas de différence significative

MODE DE GESTION	GMVD	GMVS	PCD	PCS	PLFD	PLFS	PLWS
GMVS	OUI						
PCD	NON	OUI					
PCS	OUI	NON	OUI				
PLFD	NON	OUI	NON	OUI			
PLFS	OUI	NON	OUI	NON	OUI		
PLWD	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI
PLWS	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON

3-1-4-Comparaison des moyennes de la régénération des différents modes de gestion de parcours et plantation

- a) Comparaison des moyennes de la régénération issue de germination et de rejet de souche des différents modes de gestion de parcours

La Figure 9 nous permet de comparer les densités de régénérations issues de germination et de rejets de souches au niveau des placettes selon le mode de gestion et la topographie. En sommet comme en dépression, la régénération issue de germination est plus importante que la régénération issue de souche. En moyenne pour la GMV en dépression on a des densités de 357,13 régénérations issues de germinations/ha et 42,86 régénérations issues de rejets de souches/ha, pour le sommet on a 240,31 régénérations issues de germinations/ha contre 159,68 régénérations issues de rejets de souches/ha. Le parcours libre à Fété, au niveau des dépressions il y'a en moyenne 395,35 régénérations issues de germinations/ha et seulement 4,38 régénérations issues de rejets de souches/ha, pour les sommets il y'a en moyenne 117,94 régénérations issues de germinations/ha et 82,05 régénérations issues rejets de souches/ha. A Widou les parcours libres ont en moyennes au niveau des dépressions des densités de 426,87 régénérations issues de germinations/ha et 57 régénérations issues rejets de souches/ha, et sur les sommets on a des densités de 347,27 régénérations issues de germinations/ha et 23,63 régénérations issues de rejets de souches/ha. Pour les parcours contrôlés en dépression en moyenne il y a 384,48 régénérations issues de germinations/ha et 10,25 régénérations issues rejets de souches/ha, en sommet il y'a 319,69 régénérations issues de germinations/ha et 93,63

régénération issues rejets de souches/ha. Pour les régénérations issues de germinations on a un écart-type élevé de 100,32 et pour ceux issues de rejets de souches on a un écart-type faible de 34,64.

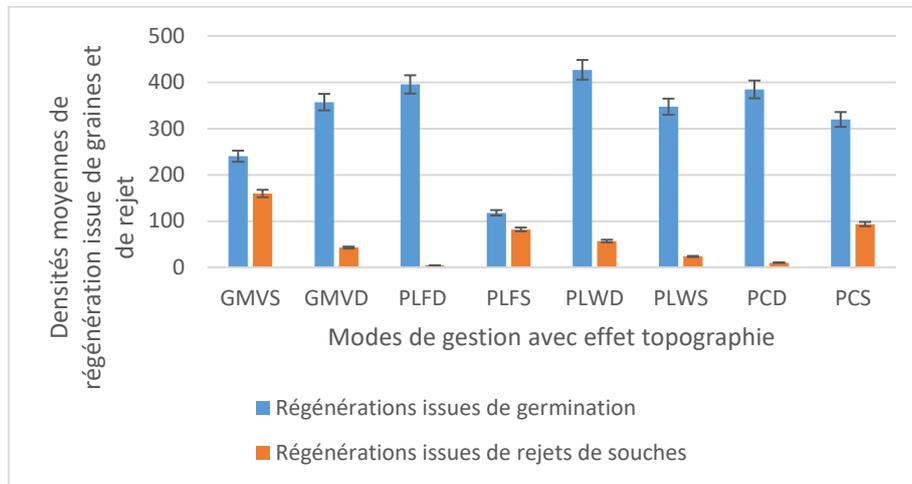


Figure 11: Histogramme sur les densités moyennes de régénérations issues de germinations et de rejets de souches.

b) Comparaison des moyennes de la régénération sous couvert et hors couvert

La comparaison des moyennes indique que la régénération est plus importante sous couvert que hors couvert pour plusieurs modes de gestion, mais c'est différent pour la régénération en sommet du parcours contrôlé et du parcours libre à Widou (Figure 10). En sommet des parcours libre à Widou la densité moyenne hors couvert est de 189,61 régénérations/ha et 174,02 régénérations/ha sous couvert. Pour les parcours contrôlés on retrouve en moyenne au sommet 194,28 régénérations/ha hors couvert et 165,71 régénérations/ha sous couvert. Pour les régénérations sous couvert on a un écart-type de 69,72 et pour les régénérations hors couvert on a un écart-type 60,94.

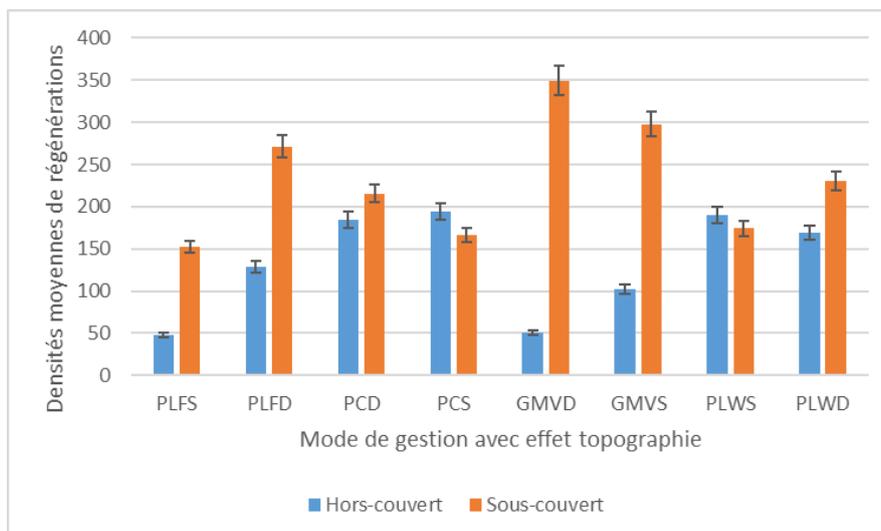


Figure 12: Histogramme de la régénération sous couvert et hors couvert.

3-2- Discussion

La régénération des ligneux est soit naturelle ou assistée mais quel que soit sa nature elle est primordiale pour la survie de l'espèce végétale et de son écosystème. En effet la survie d'une espèce passe par le recrutement de nouveaux sujets. Ce recrutement peut être influencé par divers facteurs tels que la topographie, les modes de disséminations des graines, les changements climatiques et les activités anthropiques. L'étude a porté sur la régénération ligneuse dans le Ferlo sableux en fonction de la topographie et des modes de gestion de parcours. Cette étude a été menée à Widou, Fété Olé et au sein des parcelles de la grande muraille verte.

3-2-1- Origine de la régénération naturelle des ligneux (germination ou rejet)

Dans cette étude deux origines de la régénération ont été distinguées : la régénération par germination et la régénération par rejet de souche. Au Ferlo la dissémination par l'intermédiaire d'animaux est très importante, en effet de nombreux fruits sont mangés par les herbivores, faisant d'eux les acteurs majeurs de la dispersion des semences par endozoochorie pour certaines espèces (Diouf 2011). Cependant, peu d'études se sont intéressées à l'effet du potentiel séminal des fèces des animaux dans la régénération agroécosystèmes (Ouédraogo et al., 2021). La densité de régénération recensé lors de l'étude indique qu'il y'a 2752 régénérations/ha issues germination et seulement 129 régénérations/ha issues rejets de souches. Vu les résultats obtenus il apparait que l'endozoochorie participe fortement à la régénération des espèces ligneuse surtout celles qui sont appréciées par les animaux. En zones tropicales sèches, si la germination des graines disséminées est très importante pendant la saison des pluies, de nombreuses études ont prouvé qu'après six ou dix mois de sécheresse, voire après la deuxième année, la part de plants issus de semis naturels est très faible, pour ne pas dire insignifiante ou nulle (Catinot, 1994).

3-2-2- Le potentiel de régénération des espèces rencontrées

Les espèces les plus recensées dans les différents types de parcours et les plantations de la Grande Muraille Verte sont : le *Boscia senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Calotropis procera* (Tableau 4). Ces dernières sont utilisées dans plusieurs domaines d'activité, plus particulièrement dans l'alimentation animale et humaine ou encore dans la pharmacopée (Ndong et al., 2015). Malgré la pression, ces espèces se régénèrent facilement surtout le *Boscia senegalensis*. En zone sahélienne le *Boscia senegalensis* présente une très large distribution

géographique. Cette espèce a une grande résistance à la sécheresse et aux hautes températures une grande capacité de survie sur les sols pauvres et très dégradé et ceci grâce à ses structures anatomiques (Habou, 2014). Les données qui sont recueillis ont montré que le *Boscia* a un fort potentiel de régénération expliqué d'une part par sa capacité d'adaptation et par l'endozoochorie du fait que ça soit une espèce appréciée parce qu'elle est devenue la plus recherchée des bovins dans certaines régions du Sénégal comme le ferlo (Baumer, 1981). Dès lors il est possible de supposer que l'endozoochorie joue un rôle dans la dissémination des graines. Grouzis et Akpo (1997) qui ont étudié l'influence de couvert sur la régénération ont montré que *Boscia senegalensis* est l'espèce la plus favorisée, suivie par *Balanites aegyptiaca*. La forte présence de régénération sous couvert peut s'expliquer par la barochorie qui peut fortement jouer sur la germination sous arbre. La faible régénération de certaines espèces comme le *Vachellia tortilis* peut s'expliquer par son exploitation pour le bois et ces jeunes pousses servent parfois d'alimentation pour le bétail ce qui constitue une inhibition de la régénération (Diouf, 2011). Pour le *Balanites aegyptiaca* même si son potentiel de régénération est élevé mais comparé au *Boscia senegalensis* son potentiel est faible (21% contre 65%). Ceci peut s'expliquer par la forte pression qu'elle subit du fait de son utilité dans l'alimentation de l'homme. En effet les graines sont recueillies par les populations pour la consommation et la vente ce qui constitue un facteur limitant pour la régénération des ligneux. Le ramassage des fruits entraîne une réduction de la banque de semence dans le sol ce qui peut ainsi compromettre la régénération de l'espèce (Habou et al. 2020). Ce qui peut expliquer le recul de son potentiel de régénération dans le zone de Tessekéré, Ce qui contredit les travaux de Niang (2009) qui stipule que le *Balanites* est de loin l'espèce qui se régénère le mieux dans cette zone, puisqu'elle couvre près de 65% des régénérations. Le *Boscia senegalensis* est de loin la plus représentée avec 2056 régénérations à l'hectare sous couvert et 28 régénérations à l'hectare hors couvert. Sa forte présence peut être un indicateur d'aridité de la zone. Les travaux de Diallo, Faye, et Guisse (2011) montrent que la forte adaptabilité aux conditions de sécheresse de *Boscia senegalensis* et de *Balanites aegyptiaca*, ce qui pourrait expliquer le fort taux de régénération de ces deux espèces. Floret et Pontanier (1984) stipulent que l'invasion d'espèces désertiques serait possible suite à une augmentation rapide de l'érosion à plus grande échelle. La présence de *Calotropis procera* et *Balanites aegyptiaca* pourrait traduire un état de dégradation du milieu. Vu la faible régénération naturelle des ligneux au sein de la grande muraille verte et le retard du reverdissement au Sahel, il devient important de trouver une alternative.

3-2-3- Influence de la topographie sur la régénération naturelle des ligneux

Dans notre étude nous avons observé que les moyennes de régénérations de jeunes plants et de plantules étaient plus élevées en dépression qu'en sommet (Figures 3 et 4). D'après Boudet (1977) la régénération des ligneux a tendance à se localiser en situation basse. Ce phénomène peut s'expliquer par ruissellement et l'accumulation d'éléments nutritifs en dépression ainsi qu'une inondation temporaire lors de la saison des pluies, en plus les facteurs micro-topographiques (tels que l'aspect, le gradient et la position de la pente) exercent une forte influence sur la structure de la communauté végétale et la répartition des espèces (Lin et al., 2014). Lors de notre étude les dépressions ont présenté une forte densité d'arbres d'adultes ce qui peut expliquer la forte régénération et sa diversité floristique et l'importance de densité sous couvert est aussi expliquée par cette forte présence d'arbres adultes d'arbres en situation basse. L'accumulation d'éléments nutritifs et d'inondation temporaire rendent les dépressions des lieux propices pour une diversification floristique. La très faible densité de régénération en sommet de dunes est expliquée par le phénomène de ruissellement qui d'une part transporte les éléments nutritifs nécessaires pour la régénération et d'autre part il transporte également les graines en situation basse. Le fait qu'on a retrouvé très peu d'arbres adultes explique aussi la faible régénération en situation haute. Nos résultats indiquent également une plus forte diversité spécifique en dépressions que sur sommets (Figure 5), et ce, pour tous les modes de gestion excepté pour celui des plantations. En effet, dans les parcelles de la Grande muraille verte, les moyennes des densités des régénérations (jeunes plants et plantules) ne sont pas significativement différentes entre sommets et dépressions.

3-2-4- Importance du couvert pour la régénération naturelle des ligneux

Le couvert ligneux joue un rôle dans la régénération. En effet selon Akpo et Grouzis (1996), le couvert favorise la régénération des ligneux, avec près de 7 fois plus de levées observées que dans les sites hors couvert, ce qui corrobore nos données. Nos observations ont confirmé ce phénomène étant donné que 97,57% de jeunes plants et 99,21% de plantules sont localisés sous couvert ligneux. L'ombrage d'un arbre fournit de meilleures conditions édapho-climatiques pour la végétation. D'après Grouzis et Akpo (2006), l'ombrage permet de réduire l'évapotranspiration, grâce à l'écoulement le long des troncs et des racines principales, l'infiltration est meilleure et le sol est sensiblement plus humide sous ombrage. La fertilité est aussi plus importante sous l'arbre. Selon Bernhard et Poupon (1980) la décomposition de la végétation herbacée pourrait participer à l'enrichissement du sol. La capacité de fixation d'azote

atmosphérique des légumineuses a été citée à plusieurs reprises pour interpréter le relèvement du niveau de fertilité du sol sous ombrage. En plus de ces éléments, les phénomènes d'autochorie et de zoochorie peuvent aussi expliquer la forte concentration de régénérations sous couvert. (Grouzis and Akpo, 2006). En effet les animaux ont tendance à se reposer sous l'ombre des arbres pour ruminer.

3-2-5- Influence des modes de gestion des parcours et des plantations de la Grande muraille verte sur la régénération

On a observé qu'il y a plus de régénération en dépression qu'en sommet pour les deux modes de gestions des parcours (libres et contrôlés). Les anciens parcours contrôlés étudiés sont localisés dans les parcelles du projet GTZ à Widou Thiengoly. Ces parcours ont eu la particularité de reposer sur un équilibre durable entre les pâturages et les charges animales sur toute la durée du projet de la GTZ. De façon générale, les sècheresses de 1983-84 et de 1990-92 semblent avoir beaucoup plus affecté les ligneux que le niveau de la charge animale, en effet durant les douze années du projet, ils ont noté que la régénération des ligneux était plus influencée par les conditions climatiques que par le pâturage (Thébaud, Grell, and Miehle, 1995). Toujours dans la zone de Widou, les parcours libres étudiés montrent qu'il n'y a pas de différence significative avec les parcours contrôlés (Tableau 7 et Tableau 8). Etant des parcours où il y a un vestige de contrôle de la charge animale et où il y a moins de pression humaine la régénération aurait pu être importante comme le cas explique Ngom et al (2013). Ces auteurs ont montré que dans l'aire central de la RBF le taux de régénération est de 79% et les zones tampon de 36% et l'aire de transition de 39%. Le pourcentage élevé dans l'aire central est expliqué par le fait que cette zone bénéficie d'un statut légal de protection et subit moins de pression contrairement aux autres zones. Contrairement à Widou, les parcours libres à Fété Olé montrent une forte densité de régénération. Ce type de parcours n'est pas privatisé et il n'y a pas un équilibre comme avec le parcours contrôlé concernant les ressources fourragères et la charge animale. Et selon nos données on a très forte densité de régénération dans les dépressions et très peu en sommet. Au niveau des parcours les bêtes qui y pâturent vont se rassembler autour de ces abris pour profiter de l'ombre ou de la protection contre le vent et la pluie (Renaud, 2019). La mobilité est une autre forme de gestion des pâturages qui atténue la pression sur les ressources et favorise indirectement une régénération de la végétation avec la dispersion des graines par zoochorie (Carrière & Toutain, 1995).

En comparant les deux modes de parcours, ainsi que la régénération suivant la topographie il en ressort que les parcours n'influencent pas la régénération naturelle des ligneux, mais c'est la topographie qui exercent une certaine influence sur la régénération.

Au niveau de la grande muraille verte, nous avons noté une faible régénération de ligneux au niveau des plantations de *Senegalia senegal*. En sommet comme en dépression la régénération de cette espèce n'a pas été recensée, seul le *Boscia senegalensis* a été trouvé dans ces plantations. Et l'indice spécifique de régénération de cette espèce est de 2% ce qui est très faible et montre un faible potentiel de régénération. On peut en déduire que *Senegalia senegal* ne se régénère pas naturellement au sein de la Grande muraille verte. Mais aussi au niveau des parcours contrôlés et libres on a rencontré une faible densité de *Senegalia senegal* sous couvert (Tableau 5) et une absence de cette espèce en sommet. Selon (Giffard 1966) les gommier se multiplient facilement lorsque le milieu est favorable, mais vu le climat du Sahel les conditions nécessaire à la régénération naturelle sont rarement réunies.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La régénération naturelle des ligneux, est très importante pour la reconstitution et la résilience d'un écosystème forestier. Au Ferlo, l'arbre joue un rôle très important notamment pour le pastoralisme, mais sa régénération peut être influencée par divers facteurs : le bétail, le climat, la topographie par exemple. Lors de cette étude l'influence des différents modes de gestions des parcours n'a pas pu être établit, mais il en est ressorti que les zones de dépression favorisent la régénération et la diversité, avec des régénérations des ligneux fortement concentrées en bas de pente. En sommet comme en dépression tout mode de gestion confondus, le couvert des arbres favorise aussi la régénération des ligneux. Parmi les espèces présentes, le *Boscia senegalensis* est de loin la plus représentée avec une très forte densité, suivie par le *Balanites aegyptiaca* et le *Calotropis procera*. Au sein de la Grande Muraille Verte on a noté une très faible régénération des ligneux et une absence totale de *Senegalia senegal*, en dehors de la GMV, cette espèce a une très faible densité dans les modes de parcours. On peut en déduire que l'espèce a une très faible capacité de régénération et que la densité des plantations de la GMV ne favorise pas la régénération naturelle des ligneux. Malgré l'importance écologique de la régénération des ligneux pour un écosystème aussi fragile que celui du Ferlo, à part la GMV très peu d'actions sont entreprises pour favoriser la régénération des ligneux. De plus peu d'auteurs se sont intéressés à la régénération au Ferlo et à l'impact du pastoralisme. Face à cette situation, des actions sont nécessaires, pour améliorer la capacité régénération des espèces ligneuses et favoriser la résilience de l'écosystème. Sur la base de ces résultats nous pouvons suggérer de renforcer les connaissances sur les capacités et les potentialités de régénération des espèces ligneuses au Ferlo, de faire une étude comparative très poussée sur l'état de la régénération dans les mises en défens et les parcours libres à Fété et promouvoir la régénération naturelle assistée comme alternative au reverdissement du Ferlo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akpo L. E.** (1992). Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. Les déterminant écologiques. ORSTOM, 2-30.
- Akpo L. E., Gaston, A., & Grouzis M.** (1995). Structure spécifique d'une végétation sahélienne. Cas de Wiidu Thiengoli (Ferlo, Sénégal). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle. Section B : Adansonia, 17 (1-2), 1-2.
- Akpo L. E., & Grouzis M.** (1996). Influence Du Couvert Sur La Régénération de Quelques Espèces Ligneuses Sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique Occidentale). Webbia 50 (2): 247–63. <https://doi.org/10.1080/00837792.1996.10670605>.
- Bakhoum A.** (2013). Dynamique des Ressources Fourragères : Indicateur de Résilience Des Parcours Communautaires de Tessekere Au Ferlo, (Nord-Sénégal), 118.
- Bernhard-Reversat F., & Poupon H.** (1980). Nitrogen Cycling in a Soil-Tree System in a Sahelian Savanna. Example of Acacia Senegal. Nitrogen Cycling in West African Ecosystems 2 (4): 363–69. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21514716>.
- Boudet G.** (1977). Désertification ou remontée biologique au Sahel. Cahiers - ORSTOM. Biologie, 12 (4) , 293-300.
- Bost, F.** (2022). Sahel. Encyclopædia Universalis: www.universalis.fr
- Bucci G., & Borguetti M.** (1997). Understory vegetation as a useful predictor of natural regeneration and canopy dynamics in Pinus sylvestris forests in Italy. Acta Oecologica Volume 18, Issue 4, 1997, 485-501.
- Cavanagh A.** (1980). A review of some aspect of germination of Acacias. Proc. Soc. Victoria 91,161-180.
- Catinot R.** (1994). Aménager les savanes boisées africaines un tel objectifs semble désormais à notre portée. Bois et Forêts des Tropiques, 2-18.
- Carriere M., & Toutain B.** (1995). “Utilisation Des Terres de Parcours Par l'élevage et Interactions Avec l'environnement: Outils d'évaluation et Indicateurs, 93 Pages,” 93.
- CICR.** (2017) Sahel: les problèmes de sécurité occultent une grave crise humanitaire dans cinq pays. Récupéré sur L'humanitaire dans tous ses Etats: <https://blogs.icrc.org/hdtse/2017/11/15/>
- Conedera M., Bomio P.N., Sciacca S., Grandi L., Boureima A., & Vettraino A.M.** (2010). “Des Écosystèmes Dégradés Sahéliens Restoring Degraded Ecosystems.” Bois et Forêts des Tropiques 304 (2): 61–71.
- Daniel-Yves A.** (1977). Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de Côte d'ivoire *Turraeanthus africana* Pellegr. Oecologia plantarum, vol. 12, 241-262.

- Delwaulle J.** (1975). Le rôle du forestier dans l'aménagement du Sahel. Bois et Foêts des Tropiques, 3-20.
- Descroix L., & Diedhiou A.** (2012). État des sols et évolution dans un contexte de changements climatiques. IRD édition 2012, 161-198.
- Dendoncker, M., & Vincke, C.** (2020). Low topographic position enhance woody vegetation stability in the Ferlo (Senegalese Sahel). Journal of Arid Envrionments 175.
- Diatta S., Douma S., Houmey V., Banoïn M., & Akpo L.E.** (2007). Potentiel de régénération d'un ligneux fourrager (*Maerua crassifolia*) en zone sahélienne. Revue Africaine de Santé et de Productions Animales, 23-28.
- Diallo Aly.** (2011). Structure des peuplements ligneux dans les plantations d'Acacia senegal (L.) Willd dans la zone de Dahra (Ferlo, Sénégal). Revue d'écologie.
- Dia A., & Niang A. M.** (2012). Introduction. L'Initiative africaine de la Grande Muraille Verte (IAGMV) : contexte, vision et opérationnalisation. IRD Éditions, 2012, 9-35. Récupéré sur Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte: <http://grandemurailleverte.org/>
- Dieye P.** (2021). Sunudaara une vision numérique de l'école moderne.
Sunudaara: <https://sunudaara.com/>
- Diop A. T.** (1989). Les ressources ligneuse de la zone sylvo-pastorale du Sénégal: Evolution, Gestion et Perspectives de Développement . Communication présentée à l'atelier tenu l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar sur « Forêt, Environnement et Développement », 1-2.
- Diouf J.C., Akpo L.E., Ickowicz A., & Lesueur D.** (2005). "Dynamique Des Peuplements Ligneux et Pratiques Pastorales Au Sahel (Ferlo, Sénégal)," 1–9.
- Diouf J.C** (2011). Dynamique Du Peuplement Ligneux Au Ferlo (Nord-Sénégal), Conséquences et Perspectives Pour Une Gestion Durable., 263.
- Botoni E, Larwanou M., & Reij C.** (2010). La régénération naturelle assistée (RNA) : une opportunité pour reverdir le Sahel et réduire la vulnérabilité des populations rurales. sur IRD Editions, 2010: <https://books.openedition.org/>
- FAO., & CIRAD.** (2012). "Système d'Information Sur Le Pastoralisme Au Sahel."
- Giffard P L.** (1966). "Les Gommiers: Acacia Senegal Willd., Acacia Laeta R. Br." Bois et Forêts Tropiques.
- Goffner D., & Peiry J.L.** (2019). La Grande Muraille Verte : un espoir pour reverdir le Sahel ? Encyclopédie de l'environnement: <https://www.encyclopedie-environnement.org/>
- Grouzis M., & Akpo L.E.** (2006). "Interactions Arbre-Herbe Au Sahel" Sécheresse 17: 318–25.

- Guérin H., Friot D., M'Baye N., & Richard D.** (1989). Le régime alimentaire des ruminants domestiques sur les pâturages naturels sahéliens et soudano-sahéliens. *Revue Sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques* 2(1), 48–67.
- Habou, R.** (2014). Structure de la population de *Boscia senegalensis* (Pers) Lam. Ex Poir suivant la toposéquence dans la commune de Simiri (Niger). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2014. Vol.23, Issue 3: 3657-3669, 1-13.
- Habou R., Massaoudou M., Tougiani A., Mahamane A., Mahamane L., & Van-Damme P.** (2020). “Structure et Régénération des Peuplements Naturels de *Balanites Aegyptiaca* (L.) Del. et *Ziziphus Mauritiana* Lam. Suivant Un Gradient Écologique Dans La Région de Maradi Au Niger.” *Afrika Focus* 33 (1): 83–104. <https://doi.org/10.21825/af.v33i1.16560>.
- Hiernaux P., & Le Houérou H.N.** (2006). “Les Parcours Du Sahel.” *Secheresse* 17 (1–2): 51–71.
- Hiernaux P.** (2006). Le suivi écologique de Widu Thiengoly: un patrimoine scientifique à préserver et valoriser. Rapport de mission PAPF, Saint-louis, Sénégal, 47.
- Idrissa B., Soumana I., Issiaka Y., Ambouta K., Mahamane A., Mahamane S., & Weber J.** (2018). Trend and Structure of Populations of *Balanites Aegyptiaca* in Parkland Agroforestin Western Niger. *Annual Research & Review in Biology* 22 (4): 1–12. <https://doi.org/10.9734/arrb/2018/38650>.
- Bille J.C.** (1971). Principaux caractères de la végétation herbacée du sahel sénégalais. ORSTOM, 1-51.
- Lebrun J. P., & Stork, A.** (1997). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale Vol 4. Genève: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- Lepart, J. E.** (1983). La succession végétale, mécanismes et modèles: analyse bibliographique. *Bull. Ecol.* 14 (3), 133-178.
- Lin Y-M., Cui P., Ge Y-G., Chen C., Wang D-J., Wu G-Z., Li J., Yu W., Zhang G-S., & Lin H.** (2014). Succession characteristics of soil erosion during different vegetation succession stages in dry-hot river valley of Jinsha River, upper reaches of Yangtze River. Elsevier B.V., 13-26.
- Lykke, A.M.** (1998). Assessment of species composition change in savanna vegetation by means of woody plants' size class distributions and local information. *Biodiversity & Conservation*, 1261-1275.
- Seck M., Laubin V.** (2013). Atlas des vulnérabilités territoriales du Ferlo face aux changements climatiques. ClimTerr. Geres.

- Ndiaye I.** (2008). Flore et végétation ligneuse du terroir de katane dans la réserve de faune du ferlo-nord. Diplômes d'études approfondies (DEA) de Biologie Végétale, Option Ecologie, 14p.
- Ndiaye O., Diallo A., Sagna M. B., & Guissé A.** (2014). Diversité floristique des peuplements ligneux du Ferlo, Sénégal. *Vertigo* la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 13 Numéro 3: <https://doi.org/10.4000/vertigo.14352>
- Ndong A.T., Ndiaye O., Faye M.N., Galop D., & Guisse A.** (2015). Espèces ligneuses du Ferlo Nord, Sénégal :état actuel et usage. *Open Edition journals*: <https://doi.org/10.4000/com.7557>
- Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S., & Akpo L.E.** (2013). Caractéristiques Écologiques Du Peuplement Ligneux de La Réserve de Biosphère Du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences* 65 (0): 5008–23. <https://doi.org/10.4314/jab.v65i0.89644>.
- Niang, K.** (2009). L'arbre dans le parcours communautaire du Ferlo-Nord (Sénégal). Dakar: Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Département Biologie Végétal.
- OCDE.** (2008). Rapport de l'Afrique de l'Ouest 2007-2008.
- Ouango A.** (2015). Etats des écosystèmes sahéliens : reverdissement, perte de la diversité et qualité des sols. *Researchgate*, 433-446.
- Ndiaye O., Diallo A., Sagna M.B., & Guissé A** (2013). Diversité floristique des peuplements ligneux du Ferlo, Sénégal. *Vertigo*, 2.
- Ouédraogo P., Traoré S., Nacoulma B.M.I., Daboue E., & Bationo B.A.** (2022). Dissémination et Germination de Semences Issues Des Fèces de Bétail Au Sahel Du Burkina Faso. *Bois & Forêts Des Tropiques* 350: 15–27. <https://doi.org/10.19182/bft2021.350.a36826>.
- Renaud, P.** (2019). Agroforesterie et élevage. Un gain de GMQ moyen plus important avec la présence d'ombre dans les prairies. *Web-agri*: <https://www.web-agri.fr/>
- Réseau Sahel Désertification.** (2019). L'Appui au Développement d'un Pastoralisme Durable Constitue une Voie Nécessaire de Déploiement de la Grande Muraille Verte. *Monde*.
- Royer L., & Brunelin S.** (2020). Le pastoralisme, un facteur de stabilité essentiel dans le Sahel. Récupéré sur *Le media du développement durable*: <https://ideas4development.org/>
- Sikhakhane J.** (2018). Au Sahel, pas de retour à la normale après la « grande sécheresse ». *The Conversation*: <https://theconversation.com/>
- Cissé S.** 2016. Etude de la Variabilité Intra Saisonnière des Précipitations Au Sahel : Impacts sur la Végétation (Cas Du Ferlo Au Sénégal). HAL Id : Tel-01407442.

- Tappan G, Sall M, Wood E., & Cushing, M.** (2004). Ecoregions and land cover trends in Senegal. *Journal of Arid Environments* 59, 427-462.
- Thébaud B., Grell H., & Mieke S.** (1995). Vers une reconnaissance de l'efficacité pastorale traditionnelle : les leçons d'une expérience de pâturage contrôlé dans le nord du Sénégal. International Institute for Environment and Development, 1-9.
- Tybirk K.** (1991). Regeneration of Woody Legumes in Sahel. Au Report 27, 1-18.
- Wang B., Guanghui Z., & Jian D.** (2015). "Relationship between Topography and the Distribution of Understory Vegetation in a *Pinus Massoniana* Forest in Southern China." *International Soil and Water Conservation Research* 3 (4): 291–304. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.10.002>.