

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT D'AGROFORESTERIE

Mémoire de Master

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

Thème :

Caractérisation et production des herbages de la Réserve Communautaire Naturelle de Koyli Alpha et sa périphérie au Ferlo (Nord-Sénégal)

Présenté par :

M. Babacar NDIAYE

Sous la supervision de **Pr Aliou GUISSÉ**, Professeur titulaire (UCAD) :

Encadrants : **Dr Aly DIALLO**, Maître-Assistant (UASZ) et

Dr Moustapha Bassimbé SAGNA, Maître-Assistant (UCAD)

Mémoire présenté et soutenu publiquement le 30 avril 2024 pour l'obtention du diplôme de Master

Composition du jury :

| | | | |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| Président : | Pr Ngor NDOUR | Maître de conférences | UFR-ST / UASZ |
| Membres : | Dr Aly DIALLO | Maître Assistant | UFR-ST / UASZ |
| | Dr Moustapha Bassimbé SAGNA | Maître Assistant | FST /UCAD |
| | Pr Ismaila COLY | Maître de conférences | UFR-ST / UASZ |
| | Dr Joseph Saturnin DIEME | Maître Assistant | UFR-ST / UASZ |

Année Universitaire : 2022-2023

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À ma très chère mère, **Kadidiatou WADE**

À mon très cher père, **Birane NDIAYE**

Pour leur amour, leurs sacrifices, leurs encouragements pour notre éducation et notre réussite

À mes frères et sœurs

Pour leur amour, en témoignage de la fraternité

À toute ma famille

Pour tout soutien et encouragement

À Dr **Famara Alassane DIEME** et toute la famille **DIEME** de Ziguinchor

Pour m'avoir accueilli dans leur foyer durant toutes ces années et de m'avoir considéré comme leur propre enfant

À mes amis, particulièrement à **Sahidou Nourou DIOP**

Pour avoir été là durant les moments de bonheur comme de chagrin

À tous mes camarades de promotion

Pour tous ces moments de partage et d'entraide durant ce parcours universitaire

À toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce travail

Remerciements

Je rends d'abord grâce à DIEU le TOUT-UISSANT de m'avoir donné la santé et la force d'entamer et de terminer ce mémoire.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon cher professeur et encadrant Dr Aly DIALLO enseignant-chercheur à l'Université Assane SECK de Ziguinchor (UASZ) pour l'encadrement et pour son soutien, tout au long de mes années de formation et de la période de réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à l'endroit du Dr Moustapha Bassimbé SAGNA enseignant-chercheur à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) pour l'encadrement et d'avoir participé à la réalisation de ce travail.

Au Pr Doyle McKey professeur émérite à l'université de Montpellier, je dis merci pour sa participation à cette étude notamment pour les analyses chimiques et ses suggestions dans la rédaction du document.

Je remercie toutes les institutions qui nous ont accompagné et facilité la réalisation de ce travail, je veux citer l'université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ), l'université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) à travers le laboratoire d'Ecologie Végétale et d'Hydroécologie du département de Biologie végétale, l'Observatoire Homme Milieux Internationale (OHMi) et l'Agence Sénégalaise de la Reforestation et de la Grande Muraille Verte (ASERGMV).

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres du jury pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Je tiens également à remercier l'ensemble des enseignants du département d'Agroforesterie de l'Université Assane SECK de Ziguinchor (UASZ) : Dr Djibril SARR, Pr. Ismaila COLY, Pr Ngor NDOUR, Pr Siré DIEDHIOU, Pr Mohamed Mahmoud CHARAHABIL, Dr Antoine SAMBOU, Dr Boubacar CAMARA, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Aly DIALLO, Dr Abdoulaye SOUMARE, Dr Saboury NDIAYE et Dr Oulimata DIATTA.

Je ne peux terminer sans pour autant remercier Dr Ndiabou FAYE, M. Eric Sylvain BADJI et M. Ibrahima KEBE pour leur disponibilité durant les moments de terrain et de rédaction de ce travail.

A tous nos camarades de promotion, je vous dis merci pour ces années de partage.

Résumé

Créer une aire protégée dans un écosystème en dégradation revient à assurer la restauration de ce dernier à long terme. Cependant, un suivi évaluation est nécessaire pour vérifier sa performance. C'est dans ce cadre que cette présente étude vise à contribuer à une meilleure connaissance sur la qualité des herbages de la réserve naturelle communautaire de Koyli Alpha en comparaison avec le parcours périphérique. Les inventaires effectués sur les espèces herbagères dans la zone montre une richesse de 60 espèces, réparties en 45 genres et 21 familles avec plus d'espèces dans la réserve (zone protégée) (57 espèces) que dans la zone périphérique (44 espèces). Les familles les plus représentées sont respectivement les Poacées avec 9 genres et 11 espèces, et les Fabacées avec 6 genres et 10 espèces. La production de fourrage qualifié est plus importante dans la réserve avec 4,18 tonnes MS/ha en août et 8,64 tonnes MS/ha en octobre contre 0,53 tonnes MS/ha en août et 0,74 tonnes MS/ha en octobre en zone non protégée. La capacité de charge en août et octobre de la réserve (0,84 UBT/ha/an) et (1,73UBT/ha/an) est supérieur à celle de la zone de parcours non protégées (0,11 UBT/ha/an) et (0,15 UBT/ha/an). Concernant les analyses bromatologiques, les résultats montrent qu'on obtient les teneurs en azote et calcium les plus élevées dans la réserve avec respectivement 2,13% et 0.82%. C'est le mois d'août qui enregistre les teneurs les plus importantes pour l'azote (2,55%), le calcium (1,26%), le phosphore (0,16%) et octobre pour le carbone (41,07%). Les légumineuses enregistrent les taux les plus élevés sauf pour le Carbone qui est plus pour les graminées. L'analyse de la digestibilité indique que les espèces avec les plus grands taux d'azote présentent une digestibilité plus importante. Globalement, le bilan fourrager établi est plus important dans la réserve qu'à la périphérie de cette dernière. Tous ces résultats constituent un outil important pour une meilleure gestion des ressources fourragères.

Mots clés : aire protégée, réserve, valeur pastorale, capacité de charge, analyse bromatologique, fourrage.

Abstract

Establishing a protected area in a degraded ecosystem is tantamount to ensuring its long-term restoration. However, monitoring and evaluation are needed to verify its performance. In this context, this study aims to contribute to a better understanding of the quality of the grasslands in the Koyli Alpha Community Nature Reserve compared to the surrounding grazing lands. The grassland species inventories carried out in the area show a richness of 60 species, divided into 45 genera and 21 families, with more species in the reserve (57 species) than in the peripheral area (44 species). The most represented families are Poaceae, with 9 genera and 11 species, and Fabaceae, with 6 genera and 10 species. Qualified forage production was higher in the reserve, with 4.18 t DM/ha in August and 8.64 t DM/ha in October, compared to 0.53 t DM/ha in August and 0.74 t DM/ha in October in the unprotected zone. The stocking rate in August and October of the reserve (0.84 LU/ha/yr) and (1.73 LU/ha/yr) is higher than that of the unprotected pasture (0.11 LU/ha/yr) and (0.15 LU/ha/yr). The results of the bromatological analyses show that the reserve has the highest levels of nitrogen and calcium, with 2.13% and 0.82% respectively. August recorded the highest nitrogen (2.55%), calcium (1.26%) and phosphorus (0.16%), while October recorded the highest carbon (41.07%). Legumes recorded the highest values, except for carbon, which was higher in grasses. An analysis of digestibility shows that the species with the highest nitrogen content are more digestible. Overall, the forage balance established is greater in the reserve than in its periphery. All these results provide an important tool for better management of forage resources.

Key words: protected area, reserve, pastoral value, carrying capacity, bromatological analysis, fodder.

Table des matières

| | |
|--|------|
| Dédicaces | i |
| Résumé | iii |
| Abstract | iv |
| Sigles et Abréviations | vii |
| Liste des figures | viii |
| Liste des Tableaux..... | viii |
| Introduction | 1 |
| Chapitre 1 : Synthèse bibliographique..... | 3 |
| 1.1. Définition des concepts utilisés..... | 4 |
| 1.1.1. Changement climatique | 4 |
| 1.1.2. La phytosociologie | 4 |
| 1.1.3. La richesse floristique | 5 |
| 1.1.4. La phytomasse herbacées..... | 5 |
| 1.1.5. Capacité de charge | 5 |
| 1.1.6. Valeur bromatologique | 6 |
| 1.2. Importance des aires protégées dans la conservation et la protection des ressources au Sénégal..... | 6 |
| 1.3. Comportement alimentaire de l'Oryx Algazelle (<i>Oryx dammah</i>) | 8 |
| Chapitre 2 : Matériel et Méthodes..... | 10 |
| 2.1. Description de la zone d'étude | 11 |
| 2.2. Méthode d'échantillonnage | 12 |
| 2.2.1. Inventaire phytosociologique..... | 12 |
| 2.2.2. La collecte de biomasse herbacée | 13 |
| 2.3. Analyse bromatologique de la biomasse..... | 14 |
| 2.4. Traitements et analyse de données | 15 |
| Chapitre 3 : Résultats et discussion | 19 |
| 3.1. Résultats | 20 |
| 3.1.1. La composition herbagère | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.2. Comparaison de la diversité spécifique et similaire entre la réserve et la zone de pâture non protégée..... | 20 |
| 3.1.3. Production et qualité des herbages | 21 |
| 3.1.3.1. Valeur pastorale..... | 21 |
| 3.1.3.2. Production de phytomasse | 23 |
| 3.1.3.4. La capacité de charge..... | 24 |
| 3.1.5. La valeur bromatologique de la biomasse produite dans la réserve..... | 25 |
| 3.1.5.1. Variabilité des composantes chimiques en fonction des sites et des mois..... | 25 |
| 3.1.5.2. Variabilité des composantes chimiques en fonction de la forme de vie des espèces . | 26 |
| 3.1.5.3. Relation entre la teneur en azote et la digestibilité enzymatique | 28 |
| 3.2. Discussion | 28 |
| Conclusion..... | 31 |
| Références | 32 |
| Annexe | 38 |

Sigles et Abréviations

ASERGMV : Agence Sénégalaise de le Reforestation et de la Grande Muraille Verte

BVP : Bonne Valeur Pastorale

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CSE : Centre de Suivi Ecologique

Csi : Contribution spécifique

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FVP : Faible Valeur Pastorale

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

GMV : Grande Muraille Verte

IGQ : Indice Globale de Qualité

Isi : Indice de qualité spécifique

MVP : Moyenne Valeur Pastorale

Pfq : Production de fourrage qualifié

RCNK : Réserve Communautaire Naturelle de Koyli Alpha

RG : Recouvrement Global

SVP : Sans Valeur Pastorale

UA : Union Africaine

UCAD : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

UASZ : Université Assane Seck de Ziguinchor

UBT : Unité Bétail Tropical

UICN : Union Internationale pour la Conservation de Nature

Vpb : Valeur pastorale brute

Vpn : Valeur pastorale nette

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Aires protégées du Sénégal..... | 7 |
| Figure 2 : carte de localisation de réserve naturelle communautaire de Koyli-Alpha. | 11 |
| Figure 3 : Dispositif d'échantillonnage de la biomasse herbacée | 13 |
| Figure 4 : Récolte intégrale de la biomasse..... | 13 |
| Figure 6 : Etuve | 14 |
| Figure 7 : Analyseur élémentaire Thermo-Finnigan Flash 2000 NC HPAR. | 14 |
| Figure 8 : Spectre des fréquences des familles les plus représentées..... | 20 |
| Figure 9 : Phytomasse produite dans les deux zones de collecte | 24 |
| Figure 10 : Production de phytomasse qualifiée | 24 |
| Figure 11 : Capacité de charge des deux zones de collecte | 25 |
| Figure 12 : Analyse de la variance des composantes chimiques en fonction de la forme de vie des espèces | 27 |
| Figure 13 : Relation entre la teneur en azote et la digestibilité enzymatique..... | 28 |

Liste des Tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Transformation du coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet | 12 |
| Tableau 2 : Comparaison de la diversité entre la réserve et en dehors de la réserve | 20 |
| Tableau 3 : Matrice de similarité entre les différents niveaux de collecte | 21 |
| Tableau 4 : Proportion des espèces dans les catégories fourragères | 21 |
| Tableau 5 : Cortège floristique et Valeur pastorale..... | 22 |
| Tableau 6 : Bilans fourragers annuels entre la zone de mise en défend et la zone de parcours non protégée | 38 |
| Tableau 7 : Analyse de la variance des composantes chimiques en fonction des sites et des mois | 25 |

Introduction

Le pastoralisme est l'une des plus anciennes formes d'activité agricole et les éleveurs pastoraux maintiennent jusqu'à présent diverses cultures, des adaptations écologiques, et la flexibilité des systèmes de gestion (UICN, 2021). Les pâturages naturels sahéliens jouent un rôle indispensable dans l'alimentation du bétail ; ils constituent la base et le plus souvent la totalité des ressources alimentaires des ruminants en élevage extensif voire même semi-intensif (Agonyissa et Sinsin, 1998). Cependant, l'accroissement du cheptel et la réduction des espaces pastoraux créent une surcharge animale qui, combinée à un surpâturage surtout en période de végétation active, entraîne la dégradation de ces espaces sahéliens déjà confrontés à des sévères épisodes de sécheresse (Bourbouze et *al.*, 2001). D'après Fouad (2015), pour maintenir un écosystème de parcours sain et productif, la charge ne doit pas dépasser la capacité de charge de la terre. La réduction des aires pâturables, l'expansion de l'agriculture, l'augmentation du bétail et la saturation de l'espace ont considérablement accru la pression sur les ressources fourragères, accentuant ainsi leur dégradation et la diminution (quantité et qualité) de la biomasse disponible pour les troupeaux (Hiernaux, 2006). Ainsi, les pâturages et leur gestion constituent un défi majeur en zone sahélienne (Béchir et Mopaté, 2015).

Au Sénégal, la Grande Muraille Verte (GMV) traverse le Ferlo, qui est la zone climatique la plus hostile du pays dans les parties septentrionales. Le Ferlo fait partie des milieux semi-arides, très fortement contraints en termes de ressources (eau, biomasses herbagère et ligneuse, fertilité des sols...). Souvent, ces milieux correspondent à ceux où les activités culturelles sont réduites et où les activités d'élevage pastoral dominant (MAEH, 2004). Cette zone a connu deux longues périodes de sécheresse en 1973-1974 et 1985-1986 (Ngom et *al.*, 2012). Ces sécheresses ont entraîné des déséquilibres écologiques, économiques et sociaux. La mise en œuvre de la GMV a contribué de manière notable à la restauration des écosystèmes d'origine et à la relance des activités économiques et sociales des populations locales de cette région. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a également soutenu les populations locales et l'administration sénégalaise à travers l'Agence Nationale de la Grande Muraille Verte (ANGMV) pour la création de la Réserve Naturelle Communautaire (RNC) de Koyli Alpha, également appelée "Réserve de Faune de la FAO", en réponse à la longue sécheresse. L'objectif principal de la création de cette aire protégée était de restaurer les écosystèmes dégradés, de promouvoir la résilience et la productivité des systèmes agro-sylvo-pastoraux à travers l'implication des communautés locales dans la gestion de la biodiversité et des habitats fauniques (Niang et *al.*, 2020). Ainsi en 2019 six (6) individus de l'espèce Oryx Algazelle (*Oryx*

dammah), qui est éteinte à l'état sauvage, ont été introduits dans la réserve pour assurer leur protection et leur conservation. Aujourd'hui ils sont au nombre de 18, ce qui témoigne de l'écosystème favorable que joue la réserve. En revanche peu d'études ont été menées pour connaître la charge que peut supporter cette aire protégée compte tenu de la multiplication rapide des oryx.

Cette présente étude vise alors à contribuer à une meilleure compréhension de l'impact des de la réserve naturelle communautaire de Koyli Alpha sur les ressources herbagères. Il s'agit en particulier :

- (i) d'évaluer la diversité floristique des herbages de la réserve et de son environnement ;
- (ii) de déterminer la valeur pastorale et bromatologique de ces herbages et
- (iii) d'estimer la production de biomasse et la capacité de charge de la réserve

Le mémoire comprend trois (3) chapitres hormis l'introduction et la conclusion. Le premier chapitre présente une revue bibliographique. Le chapitre 2 présente la méthodologie adoptée pour la collecte et le traitement des données, tandis que le troisième chapitre présente, et discute les résultats obtenus.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1.1. Définition des concepts utilisés

1.1.1. Changement climatique

Les changements climatiques sont des variations de l'état du climat, qu'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus (GIEC, 2013). Selon la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), les changements climatiques sont définis comme des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale par l'augmentation exponentielle des gaz à effet de serre comme le CO₂ (principal gaz à effet de serre) et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». Par ailleurs, le maintien de la végétation naturelle permet de réduire les émissions de CO₂, d'éviter la déforestation et la dégradation des forêts tout en garantissant une sécurité alimentaire durable pour le paysan (Amougou et *al.*, 2018).

1.1.2. La phytosociologie

De nombreuses méthodes d'analyse de la végétation sont utilisées depuis les méthodes physiologiques jusqu'aux méthodes quantitatives des points-quadrats. Parmi les plus utilisées, la phytosociologie est la science des groupements végétaux. Elle est ordonnée en un système hiérarchisé dans lequel l'association est l'unité la plus souvent courante.

Cette discipline s'attache tout d'abord à définir ces unités en faisant intervenir un double processus, analytique puis synthétique. L'objet de la phytosociologie concerne l'étude des communautés végétales (Ingrouille et Eddie, 2006).

L'analyse de la végétation est requise dans de nombreux cas :

- études d'incidences préalables à la réalisation de divers projets (infrastructures diverses, bâtiments, RaVel, TGV...).
- aménagement du territoire (application aux problèmes relatifs aux défrichements, implantation de rideaux boisés, etc).
- description de sites (conservation de la biodiversité)
- recherches des causes de la variation dans la végétation (gestion de réserves naturelles).
- étude de production (définition des aptitudes des stations forestières mais surtout à présent, plans d'aménagement forestier obligatoires dans tous les cantonnements).

1.1.3. La richesse floristique

La richesse floristique est l'un des aspects essentiels du suivi du changement de l'état de la végétation herbagère. Elle est un indicateur écologique de l'état et de la diversité biologique d'un écosystème. C'est un indicateur valable au point de vue analytique, précis, quantifiable, simple et compréhensible. Les espèces reflètent par leur présence les conditions écologiques stationnelles mais traduisent aussi biologiquement par leur réponse les effets des perturbations (ROSELT/OSS, 2004). La stabilité de la richesse spécifique est conditionnée par une adaptation des différentes espèces à une amplitude plus ou moins grande des conditions de sol et de climat (Rey, 1997), mais également par une utilisation rationnelle des ressources par les populations. À équilibre climat-sol-plante-usage donné, le cortège floristique est stable. Dès qu'un des facteurs climatiques, édaphiques ou anthropiques varie, l'équilibre est virtuellement rompu, et toute espèce qui n'est plus dans son champ d'adaptabilité disparaît.

1.1.4. La phytomasse herbacées

Elle permet d'évaluer la productivité des pâturages. Elle correspond à la somme de la masse verte (biomasse épigée) et la masse sèche sur pied (nécromasse). La connaissance de cette phytomasse est nécessaire à la compréhension du fonctionnement de l'écosystème pastoral (Ibrahim-Naim et *al.*, 2021). Ainsi la phytomasse épigée est exprimée en kg MS/ha ou Tonnes MS/ha (Ngom et *al.*, 2012).

Dans la zone sylvopastorale du Ferlo, la phytomasse herbacée constitue la base de l'alimentation du bétail. Elle reflète les conditions écologiques stationnelles et traduit les effets des perturbations dues aux activités d'élevage (Fall, 2013). Aussi, l'évolution de la phytomasse épigée et de ses principales composantes au cours de la reconstitution des écosystèmes forestiers rend assez bien compte des étapes de l'évolution floristique et structurale (Alexandre et *al.*, 1978).

1.1.5. Capacité de charge

La notion de capacité de charge est familière des parcs nationaux, mobilisée dès les années 1930 comme concept de gestion (Göktuğ et *al.*, 2015). Elle est née de considérations relatives aux surpopulations animales et au caractère limité des ressources alimentaires. Elle est rapidement transposée à la régulation des activités humaines (Ginelli et *al.*, 2018). Selon Hervé et Rivière (1998), la capacité de charge est un ratio, défini par le nombre maximum d'herbivores qui peuvent pâturer une surface donnée sans détérioration de la végétation. C'est un indicateur qui renseigne sur les fonctions de production des écosystèmes sylvopastoraux. Le suivi de cet

indicateur très pertinent en zone sylvopastorale permet également d'établir l'équilibre entre les besoins alimentaires des animaux et le potentiel fourrager disponible.

La détermination d'une capacité de charge globale permet d'évaluer à l'échelle villageoise un niveau de pression sur les ressources. Ainsi, il devient possible de comparer, pour un même système d'élevage, les communautés à pression faible et à pression forte sur leurs ressources fourragères (Fall, 2013).

1.1.6. Valeur bromatologique

Les fourrages constituent l'essentiel de l'alimentation de tout système de production animale durable. L'analyse des fourrages est un outil précieux d'aide à la gestion de la production fourragère. La valeur alimentaire d'un aliment permet d'évaluer la contribution d'un aliment à la couverture des besoins nutritionnels de l'animal. Les taux de matières sèches, de matière azotée totale, de fibres, de cellulose et de cendres constituent les éléments de calcul de la valeur bromatologique (Fall, 2013).

1.2. Importance des aires protégées dans la conservation et la protection des ressources au Sénégal

Au Sénégal, un important réseau d'aires protégées est mis en place pour sauvegarder les milieux naturels dégradés par les aléas climatiques et/ou des modes d'utilisation inadéquats (Niang 2009 ; Diallo et *al.*, 2011 ; Ndong et *al.*, 2015). Grâce à un réseau d'aires protégées représentatif de la quasi-totalité des écosystèmes du pays, le Sénégal a conservé une riche biodiversité. Dans le cadre de la mise en œuvre de conventions internationales, beaucoup d'instruments de gestion ont été appliqués (Kane, 2005).

Les aires protégées au Sénégal peuvent être classées en deux groupes. Un premier groupe créé par décret, constitué par le domaine classé, est composé des Parcs Nationaux, des Forêts Classées, des Aires Marines Protégées, de Réserves (R. naturelles, R. de Biosphère, R. spéciales), et des périmètres de reboisement. Un second groupe d'aires protégées localisé dans le domaine protégé, est formé par les forêts sacrées, les Réserves Naturelles Communautaires et les Aires du Patrimoine Autochtone Communautaire.

Dans le domaine classé, le Sénégal compte 06 parcs nationaux, 12 Aires Marines Communautaires Protégées, 05 Réserves de Biosphère, environ 200 Forêts Classées, 02 Réserves Spéciales de faune, une Réserve Spéciale Botanique.

Dans le domaine protégé ou domaine non classé, les populations locales ont appliqué une réglementation sur des aires riches en biodiversité. Les règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles appliquées sur ces aires expliquent la bonne conservation de la

biodiversité dans la plupart de ces sites. Ces aires sont essentiellement composées de Réserves Naturelles Communautaires (RNC).

Les réserves sylvopastorales sont des formations naturelles où des restrictions sont apportées, notamment sur les cultures, afin de permettre l'exploitation de la ressource par les pasteurs (Fall, 2014).

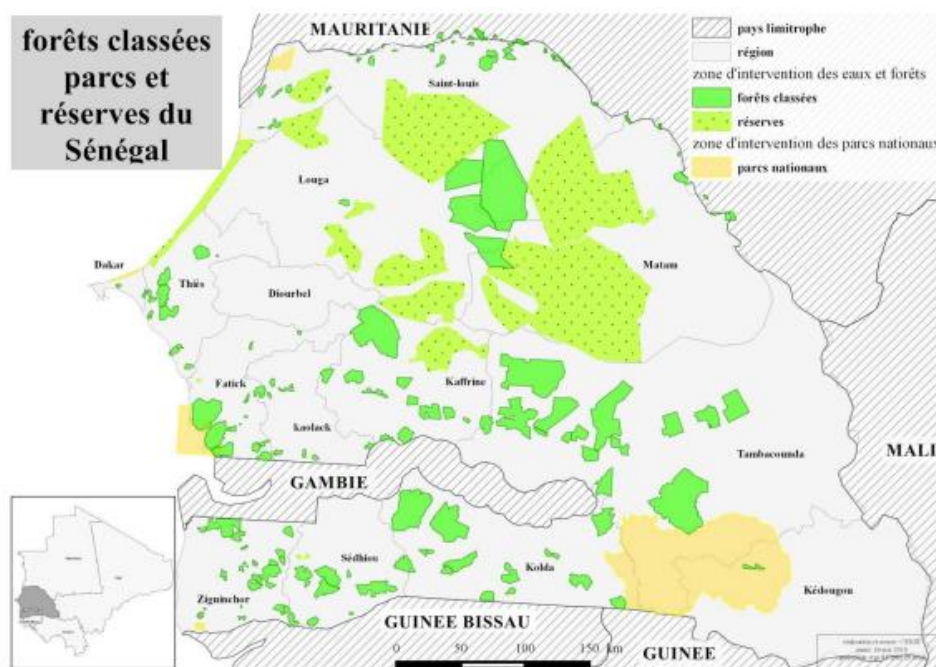


Figure 1: Aires protégées du Sénégal (Source : <http://snsig.blogspot.com/2018/02/carte-des-forets-classees-reserves-et.html>, 2018)

Les zones clés de conservation se situent au nombre de vingt-deux, réparties dans les systèmes terrestres et/ou marins : le Ferlo Sud, le Ferlo nord, les Niayes, la Réserve ornithologique de Kalissaye, le Parc national du Niokolo koba, la Partie marine du Delta du Saloum, le Delta du Saloum, la petite côte, le Bassin de Ndiayel, la Zone humide du Dioudj, le Lac de Guiers, le fleuve Sénégal (de Tinagard à Richard-Toll), la Rere daifane de Gueumbeul et lagune de Saint-Louis, la Réserve naturelle de Dindifelo, le parc national de la Langue de Barbarie en zone marine, le Parc national de la langue de Barbarie en zone terrestre, Joal-Fadiouth, la Rupture du plateau nord du Sénégal, le Parc national de la Basse Casamance, le Parc national des îles de la Madeleine, la Presque-île du Cap-Vert.

Dans le cadre des objectifs fixés par l'Union africaine (UA) pour le projet de reboisement de la Grande Muraille verte (GMV), différentes parcelles ont été reboisées et mises en défens dans le Ferlo Nord. De là est née la création de la réserve naturelle communautaire de Koyli Alpha afin de conserver les grands mammifères sauvages qui existent encore dans cette région (Niang

et al., 2020), procéder à une réintroduction de la faune mammalienne disparue (*Oryx dammah*, *Nanger dama*, *Gazella dorcas*) et permettre la restauration des habitats dégradés.

1.3. Comportement alimentaire de l'Oryx Algazelle (*Oryx dammah*)

Avant sa disparition à l'état sauvage, l'oryx algazelle habitait des steppes herbacées arides entourant le Sahara (Newby, 1988b). La vie dans cet environnement explique que le comportement de l'espèce se caractérise par des profils d'activité crépusculaire, une tendance à la migration et une aptitude à adopter des stratégies flexibles en ce qui concerne la recherche de nourriture et l'organisation sociale.

L'oryx algazelle est essentiellement un paisseur, se nourrissant de graminées et de plantes herbacées quand celles-ci sont disponibles, mais il peut adopter un comportement brouteur si les conditions l'imposent. Dans son aire de répartition sahélienne, il est établi que l'espèce migrait sur de vastes distances à la recherche de ressources en nourriture et en eau adéquates. Des migrations d'une amplitude allant jusqu'à 1 300 km par an ont été enregistrées en République du Tchad (Gillet, 1965, 1966b).

L'oryx algazelle est également physiologiquement adapté aux environnements arides et peut rester de nombreux jours sans boire (Dolan, 1966). Durant ces périodes, il tire l'eau nécessaire à sa survie des plantes dont il se nourrit, la citrouille sauvage (*Colocynthis vulgaris*) représentant un aliment de base essentiel (Barzdo, 1982 ; Newby, 1988). Tard la nuit et tôt le matin, les animaux recherchent également des plantes comme *Indigofera viscosa*, qui sont couvertes de poils glandulaires et produisent une sécrétion hygroscopique contribuant à couvrir les besoins en eau (Gillet, 1965, 1966a).

La distribution naturelle de l'oryx algazelle dépend de trois saisons distinctes : une saison pluvieuse ; une saison froide et plus sèche ; et une saison chaude et sèche. La saison pluvieuse dure de juillet à septembre dans la zone sahélienne (Devillers & Devillers-Terschuren, 2003), mais elle débute en septembre dans les pays de la frange septentrionale du Sahara (Flach & Wakefield, comm. pers.). Durant cette période, les populations sahéliennes utilisaient principalement les gagnages temporaires formés par des émergences d'annuelles et les jeunes pousses vertes d'arbustes tels que *Indigofera* sp. et *Cordia sinensis*. Des touffes herbeuses comprenant *Cymbopogon schoenanthus* offraient un gagnage immédiatement après les pluies, mais l'oryx abandonnait ensuite ces formations herbeuses et feuillages en faveur d'herbes d'un goût plus agréable comme *Cenchrus biflorus*, *Panicum laetum* et *Dactyloctenium aegyptium*

dès que celles-ci devenaient disponibles (Newby, 1975). L'oryx algazelle migrait vers le Nord en fonction des pluies et des gagnages temporaires formés (Gillet, 1965 ; Newby, 1974).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

La réserve naturelle communautaire de Koyli Alpha (RNCK) ($15^{\circ}40'43.23''N$; $15^{\circ}31'9.91''O$) se trouve dans le Ferlo, au nord du Sénégal précisément dans la commune de Mboula, arrondissement de Yang-Yang, département de Linguère, région de Louga (figure 2).

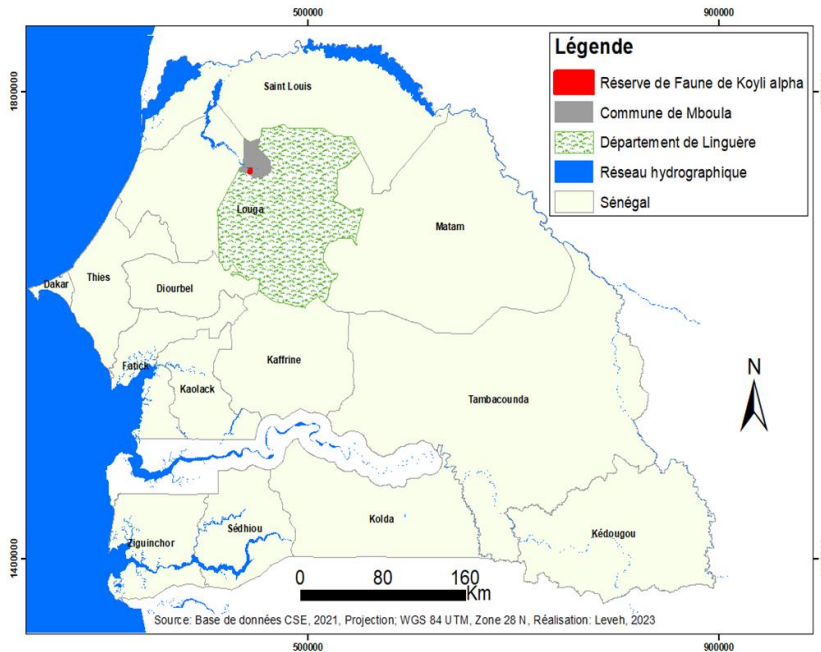


Figure 2 : carte de localisation de réserve naturelle communautaire de Koyli-Alpha (Source : base de données CSE, 2021).

Dans cette région écogéographique, le climat est tropical chaud et sec, caractéristique du domaine continental sahélien qui se situe entre les isohyètes 100 et 500 mm avec des moyennes annuelles de température qui avoisinent $30^{\circ}C$ et une pluviométrie annuelle comprise entre 200 et 400 mm de pluies (Niang et *al.*, 2020 : CSE, 2018). La saison sèche s'étend d'octobre à juin et la saison des pluies de juillet à septembre (Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Sénégal, 2018). Elle se trouve dans la zone d'extension du projet de reboisement de la Grande Muraille Verte (GMV). La végétation est constituée d'espèces ligneuses avec une prédominance de *Balanites aegyptiaca*, d'*Acacia radiana*. et de *Combretum glutinosum*. La Réserve naturelle communautaire de Koyli Alpha (RNCK) a pour vocation de permettre la restauration des terres, la régénération naturelle de la végétation, et la réintroduction d'espèces de la faune sahélienne disparues de la zone. Le niveau de dégradation de la végétation sous l'effet de la sécheresse était très élevé. La mise en défens dans le cadre du projet de la GMV et l'appui de la FAO ont permis la mise en place de la réserve avec une forte

implication des populations locales afin de restaurer l’habitat pour la conservation de la biodiversité animale et végétale dans cet écosystème particulier du Sahel (FAO, 2019).

2.2. Méthode d’échantillonnage

2.2.1. Inventaire phytosociologique

L’inventaire phytosociologique est effectué suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1932). Il porte sur les plantes herbacées dans des sous-placettes de 10 m × 10 m (Polo-Akpisso et *al.*, 2016). Les placettes sont installées au hasard sans tenir compte du type de végétation avec une équidistance minimale de 500 m et une alternance hors couverture et sous couverture de ligneux en deux temps, à savoir au mois d’août (pleine saison de pluies) et au mois d’octobre (fin de saison de pluies). L’inventaire en ces deux périodes permet de prendre en compte les espèces à très court cycle de vie (1 mois) et les espèces qui apparaissent tardivement. Au total 60 placettes sont utilisées, dont la moitié (30) des placettes est mise en place dans la réserve et la seconde moitié hors de la réserve.

Les échantillons botaniques sont identifiés sur le terrain ou au laboratoire à l’aide de la flore du Sénégal (Berhaut, 1967). Les dénominations ont été actualisées sur la base de l’Enumération des plantes à fleurs d’Afrique tropicale de Lebrun et Stork (1992).

Les inventaires phytosociologiques sont couplés aux inventaires écologiques. Les paramètres considérés sont : les types de formations végétales, la couverture des ligneux, le type de sol, l’hydromorphie. Les empreintes des éventuelles activités anthropiques, les passages du feu, le pâturage, la présence de points d’eau sont aussi notés.

Pour chaque espèce inventoriée, un coefficient d’abondance-dominance a été affecté, qui est l’expression de l’espace relatif occupé par l’ensemble des individus de chaque espèce. Les coefficients généralement admis sont dans le tableau 1.

Tableau 1 : Transformation du coefficient d’abondance-dominance de Braun-Blanquet

| Recouvrement de l’espèce | Recouvrement moyen | Coefficient d’abondance |
|---|---------------------------|--------------------------------|
| Supérieur à 75% | 87,5 | 5 |
| Compris entre 50% et 75% | 62,5 | 4 |
| Compris entre 25% et 50% | 37,5 | 3 |
| Compris entre 5% et 25% | 15 | 2 |
| Inférieur à 5% | 2,5 | 1 |
| Très peu abondant | 0,1 | + |
| Espèce très rare | - | r |
| Espèce représentée par un individu unique | - | i |

Le matériel qui nous a permis de réaliser l'inventaire de la strate herbacée comprend :

- un GPS pour localiser les sites d'inventaire ;
- des piquets métalliques et un ruban métrique pour la délimitation de la placette d'inventaire

2.2.2. La collecte de biomasse herbacée

Elle est faite selon la méthode des points quadrats. Le matériel utilisé est constitué d'un cadre métallique de 1 m² de surface (1 m x 1 m) disposé suivant les quatre angles et le centre de la placette (Atakpama et al., 2019). Toutes les espèces herbacées seront prélevées par la méthode de la récolte intégrale et pesées directement avec une balance électronique et les échantillons sont mis dans des sachets. L'échantillonnage est composé ainsi de 300 carrées de 1 m² dont 150 à l'intérieur de la réserve et 150 en dehors de la réserve.

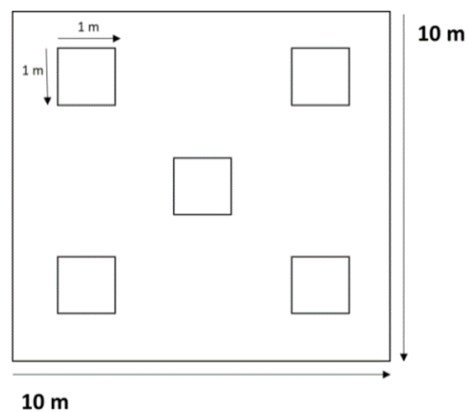


Figure 3 : Dispositif d'échantillonnage de la biomasse herbacée



Figure 4 : Récolte intégrale de la biomasse



Figure 5 : Pesage de la biomasse fraîche

Par la suite, ces échantillons ont été séchés à l'étuve à 60°C pendant 72 heures jusqu'à l'obtention du poids sec constant (Levang et Grouzis, 1980). Les échantillons ont ensuite été broyés (1 mm) à l'aide d'un mixeur et mis dans des sachets étiquetés.



Figure 6 : Etuve

2.3. Analyse bromatologique de la biomasse

Après le séchage à l'étuve à 60° C. Les espèces sont ensuite classées suivant leur forme de vie à savoir : la forme graminée (G), la forme légumineuse (L) et les forbes (ou phorbes) non légumineuses (FNL).

Les échantillons étiquetés ont ensuite été envoyés à Montpellier dans la Plateforme d'Analyse Chimique en Ecologie (PACE) en vue d'une analyse bromatologique.

Différents types d'échantillons sont soumis aux mêmes dosages qui permettent d'établir les taux de matière sèche, d'Azote (N), de Carbone (C), de Calcium (Ca^{2+}), de Phosphore (PO_4), de cendres et de fibre à l'aide de l'analyseur élémentaire Thermo-Finnigan Flash 2000 NC HPAR.



Figure 7 : Analyseur élémentaire Thermo-Finnigan Flash 2000 NC HPAR (Plateforme d'Analyse Chimique en Ecologie, 2023)

Les analyses chimiques pour déterminer la digestibilité ont ensuite été réalisées au laboratoire de chimie de l'URP3F (centre INRAE Nouvelle-Aquitaine-Poitiers/France). La digestibilité

enzymatique (DCS), est obtenue par hydrolyse puis séchage, la teneur en matière minérale est déterminée en passant les échantillons 3 h dans un four à 500 °C

2.4. Traitements et analyse de données

Toutes les données collectées sur le terrain sont enregistrées sur le tableur EXCEL et grâce auquel les calculs suivants sont effectués :

- La fréquence de la famille i (FFi) qui correspond à la famille de chaque groupe d'espèces

$$FFi = \frac{\text{nombre d'espèce de la famille } i}{\text{nombre total des espèces inventoriées}} * 100$$

- La fréquence spécifique de l'espèce i (FSi) qui correspond à l'ensemble des présences de l'espèce i ;

$$FSi = \frac{\text{nombre de relevés où l'espèce } i \text{ est présente}}{\text{nombre total de relevés}} * 100$$

- La fréquence centésimale de l'espèce i (FCi) qui traduit le recouvrement de l'espèce ;
- La contribution spécifique de l'espèce i (CSi) qui est définie comme le rapport de FCi à la somme des FCi de toutes les espèces n recensées

$$CSi = \frac{FCi}{\sum FCi} * 100$$

Les indices de diversité de Shannon-Weaver, d'équitabilité de Pielou et de similarité de Jaccard ont été utilisés pour évaluer la variabilité de composition floristique entre les deux zones de collecte.

- **L'indice de Shannon (H)**

Il permet d'évaluer la diversité floristique dans une zone donnée (qui s'exprime en bits et varie de 1 à 5). Cet indice indique, quand il est élevé (proche de 5), un nombre important d'espèces ou des fréquences peu différentes entre les espèces rencontrées dans une végétation.

$$H' = -\sum \frac{Ci}{C} \cdot \log_2 \frac{Ci}{C}$$

H : Indice de Shannon

Ci : Contribution spécifique de l'espèce i

C : Contribution totale des espèces

➤ **L'équitabilité de Piélou (E)**

Il correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale possible étant donné le nombre d'espèces S. Il varie entre 0 et 1. Plus les espèces rencontrées ont des fréquences similaires, plus le rapport se rapproche de 1. Il se rapproche de 0 si l'ensemble des relevés renferme des espèces dominantes ou très rares.

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

E : Indice de Piélou

H' : Indice de Shannon

Hmax : Diversité maximale = $\text{Log}_2 S$ avec S = nombre total des espèces

➤ **L'indice de similarité de Jaccard**

Il est utilisé en statistique pour étudier la similarité entre deux objets constitués d'attributs binaires. L'indice de Jaccard entre deux stations est donné par la formule suivante :

$$S_j = \frac{C}{A + B + C}$$

C = le nombre d'espèces communes aux deux axes ;

A = le nombre d'espèces propres au premier axe ;

B = le nombre d'espèces propres au second axe.

L'indice de Jaccard est sans unité et toujours compris entre 0 et 1. Il est construit de telle sorte à être nul si les deux axes n'ont aucune espèce en commun et à atteindre la valeur de 1 si toutes les espèces des deux axes sont identiques (Gosselin et Laroussinie, 2004).

➤ **Qualité fourragère**

L'appréciation de la qualité fourragère a été faite en prenant en compte deux paramètres à savoir l'indice de qualité spécifique (IS) et la valeur pastorale (Vp).

L'indice de qualité des espèces herbacées intègre la période d'appétibilité de la plante, le degré d'appétibilité lié à l'anatomie et à la morphologie des feuilles et des tiges, et la valeur fourragère. Dans les écosystèmes sahéliens du Ferlo, l'indice de qualité est établi sur une échelle de cotation de 0 à 3 (Barral et al., 1983 ; Akpo et Grouzis, 2000 ; Akpo et al., 2002), c'est-à-dire sur une échelle de quatre classes (0, 1, 2 et 3) de la manière suivante :

- Bonne valeur pastorale (Bvp), les espèces dont l'indice spécifique est égal à 3 ;
- Moyenne valeur pastorale (Mvp), les espèces dont l'indice spécifique est égal à 2 ;
- Faible valeur pastorale (Fvp), les espèces dont l'indice spécifique est égal à 1 ;
- Sans valeur pastorale (Svp), les espèces dont l'indice spécifique est égal à 0.

La valeur pastorale relative (Vpr) est obtenue en multipliant les contributions spécifiques (Csi) des espèces par les indices de qualité correspondants (Isi).

$$Vr = Csi * Isi$$

La valeur pastorale brute (Vpb) est la somme des produits des contributions des diverses espèces et indices spécifiques de qualité correspondants.

$$Vpb = \frac{1}{3} * \sum(CSi * ISi)$$

Avec 3 = Nombre de classes significatives d'indices (Isi ≠ 0)

Pour éviter la surestimation, elle (Vpb) est pondérée avec le recouvrement global (RG) de la végétation herbacée. On obtient alors la valeur pastorale nette ou Indice global de qualité (IGQ).

$$Vpn = IGQ = Vpb * RG$$

La phytomasse est obtenue en divisant le poids sec (g) total de l'échantillon issu de la récolte intégral par le nombre total de quadrats dans chaque zone de collecte (150) puis elle est rapportée à l'hectare. Elle s'exprime en Tonnes de MS/ha.

$$phytomasse (tMS/ ha) = \frac{poids\ sec(g/m^2) * 1ha}{10E6}$$

La phytomasse herbacée produite appliquée à l'indice global de qualité (IGQ) permet d'obtenir la production de fourrage qualifié (PFQ) qui est nécessaire à la compréhension du fonctionnement de l'écosystème pastoral (Ngom et al., 2012)

$$PFQ = Phytomasse * Vpn$$

La capacité de charge (CC) d'un pâturage est le nombre d'Unités de Bétail Tropical (UBT) qu'on peut y faire vivre de manière durable (Baumer, 1997). Elle s'exprime en UBT/ha/an. C'est une donnée qui peut permettre de réduire la dégradation des pâturages tout en sauvegardant les performances du bétail. Pour son évaluation, on fait généralement l'hypothèse que le bétail a besoin d'absorber chaque jour la matière sèche correspondant à 2,5% de son

poids vif. Ainsi, pour une UBT de 250 kg, le besoin alimentaire (Ba) de l'animal est de 6,25 kg de MS/j. Le nombre de jours de pâture est le rapport de la production de fourrage « qualifié » sur le besoin alimentaire de l'animal. La durée de la saison sèche étant en moyenne de 8 mois, donc le nombre de jours de saison sèche est de 240 j.

$$Ba = \frac{250 * 2,5}{100} = 6.25kg \text{ de MS/J}$$

$$\text{Nombre de jours de pâture} = \frac{PFQ}{Ba}$$

Dans le calcul de la capacité de charge (CC), on suppose que la biomasse potentielle était consommable au 1/3 au cours de l'année pour maintenir l'équilibre de l'écosystème pâturé. Cette proportion tient compte de la chute de productivité due au broutage pendant la croissance des espèces annuelles, des pertes par piétinement et de la nécessité d'un certain refus indispensable pour la protection du sol contre l'érosion éolienne et pluviale (Boudet, 1983).

$$CC = \frac{\frac{1}{3} * \text{Nbre de jours de pâture}}{\text{Nombre de jours de saison sèche}}$$

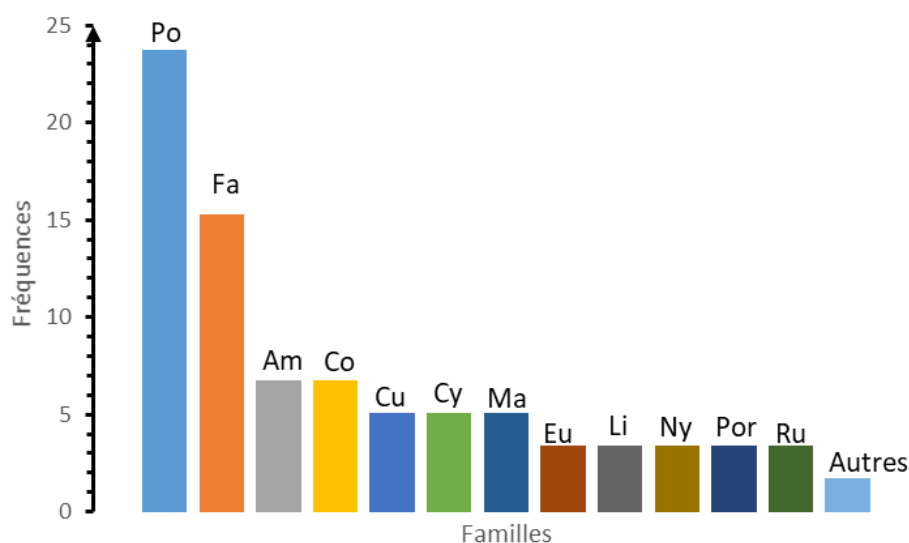
Les données obtenues après analyses bromatologiques sont analysées avec le logiciel R Studio version RStudio-2023.12.1-402. Ce dernier a permis de faire le test de normalité des données, les ANOVAs et le test de Tukey des composantes chimiques pour comparer les modalités des facteurs sites, mois et forme de vie des espèces herbagères.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. La composition herbagère

La flore herbagère inventoriée à l'intérieur de la réserve et aux alentours est riche de 60 espèces, réparties en 45 genres et 21 familles avec plus d'espèces dans la réserve (zone protégée) (57 espèces) que dans la zone périphérique (44 espèces). Les familles les plus représentées sont respectivement les Poacées avec 9 genres et 11 espèces, les Fabacées avec 6 genres et 10 espèces, les Amaranthacées avec 3 genres et 4 espèces et les Convolvulacées avec 2 genres et 4 espèces (figure 8). Les genres les mieux représentés sont *Indigofera* avec 4 espèces et *Ipomoea* avec 3 espèces.



Po: Poaceae, Fa: Fabaceae, Am: Amaranthaceae, Co: Convolvulaceae, Cu: Cucurbitaceae, Cy: Cyperaceae, Ma: Malvaceae, Eu: Euphorbiaceae, Li: Limeacées, Ny: Nyctaginacées, Por: Portulacacées, Ru: Rubiaceae

Figure 8 : Spectre des fréquences des familles les plus représentées

3.1.2. Comparaison de la diversité spécifique et similaire entre la réserve et la zone de pâture non protégée

Les indices de diversité de Shannon et de Piéluou sont élevés dans les deux niveaux de collecte comme l'indique le tableau (2). Cependant, ils sont plus élevés dans la réserve (4,98 et 0,86) qu'en dehors de la réserve (4,63 et 0,84).

Tableau 2 : Comparaison de la diversité entre la réserve et en dehors de la réserve

| Indices de diversité | Réserve | Hors réserve |
|----------------------------------|---------|--------------|
| Indice de Shannon-Weaver | 4,98 | 4,63 |
| Indice d'équitabilité de Piéluou | 0,86 | 0,84 |

L'indice de similarité de Jaccard a été calculé sur la base des relevés de végétation en présence-absence de chaque niveau (réserve et hors réserve). La matrice ci-dessous (tableau 3) indique que selon l'indice de Jaccard, la similarité entre les deux niveaux est de 31%.

Tableau 3 : Matrice de similarité entre les différents niveaux de collecte

| | Réserve | Hors réserve |
|--------------|---------|--------------|
| Réserve | 1 | 0,31 |
| Hors réserve | 0,31 | 1 |

3.1.3. Production et qualité des herbages

3.1.3.1. Valeur pastorale

Dans la réserve de Koyli Alpha, ce sont les catégories d'espèces de moyenne valeur pastorale et celles de faible valeur pastorale qui ont les proportions les plus élevées et représente pour chacune 29,82%. Les espèces de bonne valeur pastorale représentent le plus faible taux (17,54%). En dehors de la réserve ce sont les espèces de faible valeur pastorale qui ont la proportion la plus élevée (29,27%), suivi des espèces de moyenne valeur pastorale et celles sans valeur pastorale avec une proportion chacune de 26,83% (tableau4).

Tableau 4 : Proportion des espèces dans les catégories fourragères

| Catégories de fourrage | Isi | Proportions % | |
|------------------------|-----|---------------|--------------|
| | | Réserve | Hors réserve |
| BVP | 3 | 17,54 | 17,07 |
| MVP | 2 | 29,82 | 26,83 |
| FVP | 1 | 29,82 | 29,27 |
| SVP | 0 | 22,81 | 26,83 |

Les valeurs pastorales relatives des espèces quant à elles sont faibles. Quelques espèces seulement de la catégorie de bonne valeur pasteur (BVP) possèdent les valeurs relatives les plus élevées. Il s'agit de *Cenchrus biflorus* (19,55%), *Alysicarpus ovalifolius* (13,21%), *Enteropogon prieurii* (11,07%), dans la réserve et *Eragrostis tremula* (15,24%), *Enteropogon prieurii* (15,07%), *Alysicarpus ovalifolius* (13,48%) en zone de parcours non protégée. *Ipomoea coptica* qui est une *Convolvulacée* représente 12,24% dans la réserve contre 14,16% en dehors de la réserve (tableau5).

Tableau 5 : Cortège floristique et Valeur pastorale

| Espèces | Isi | Réserve | | | | Hors réserve | | | |
|--|-----|---------|------------|---------|------------|--------------|------------|---------|------------|
| | | Aout | | Octobre | | Aout | | Octobre | |
| | | Csi | Csi*Isi=Vr | Csi | Csi*Isi=Vr | Csi | Csi*Isi=Vr | Csi | Csi*Isi=Vr |
| <i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) C.E.Hubb. | 3 | 1,11 | 3,32 | 0,98 | 2,93 | 0,32 | 0,96 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Brachiaria ramosa</i> L. | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 2,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Cenchrus biflorus</i> Roxb | 3 | 5,54 | 16,62 | 7,49 | 22,48 | 1,61 | 4,82 | 5,22 | 15,65 |
| <i>Chloris pilosa</i> Sw. | 3 | 0,28 | 0,83 | 0,98 | 2,93 | 0,96 | 2,89 | 1,16 | 3,48 |
| <i>Echinochloa colona</i> (L.) Link | 3 | 0,28 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Enteropogon prierii</i> (Kunth) | 3 | 2,49 | 7,48 | 4,89 | 14,66 | 1,93 | 5,79 | 8,12 | 24,35 |
| <i>Eragrostis ciliaris</i> L. | 3 | 0,28 | 0,83 | 1,95 | 5,86 | 1,61 | 4,82 | 5,22 | 15,65 |
| <i>Eragrostis tremula</i> Lam. | 3 | 0,55 | 1,66 | 1,95 | 5,86 | 4,18 | 12,54 | 6,09 | 18,26 |
| <i>Pennisetum villosum</i> R.Br. ex Fresen. | 3 | 0,28 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth | 3 | 0,00 | 0,00 | 2,93 | 8,79 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 1,74 |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum.) Leonard | 2 | 6,37 | 12,74 | 6,84 | 13,68 | 7,40 | 14,79 | 6,09 | 12,17 |
| <i>Aristida mutabilis</i> T. & R. | 2 | 4,43 | 8,86 | 6,19 | 12,38 | 2,57 | 5,14 | 4,64 | 9,28 |
| <i>Commelina forskalaei</i> Vahl. | 2 | 0,28 | 0,55 | 0,65 | 1,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Crotalaria senegalensis</i> (Pers.) Bacle ex DC. | 2 | 0,83 | 1,66 | 0,65 | 1,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> L. | 2 | 1,94 | 3,88 | 6,51 | 13,03 | 7,40 | 14,79 | 8,12 | 16,23 |
| <i>Digitaria horizontalis</i> Willd. | 2 | 4,43 | 8,86 | 6,19 | 12,38 | 7,72 | 15,43 | 6,67 | 13,33 |
| <i>Indigofera aspera</i> Perr. Ex DC | 2 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Indigofera hircuta</i> L. | 2 | 6,65 | 13,30 | 5,21 | 10,42 | 1,29 | 2,57 | 2,03 | 4,06 |
| <i>Indigofera pulosa</i> Poir. | 2 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Indigofera senegalensis</i> Lam. | 2 | 0,00 | 0,00 | 1,63 | 3,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Ipomea optica</i> L. | 2 | 6,37 | 12,74 | 5,86 | 11,73 | 8,04 | 16,08 | 6,38 | 12,75 |
| <i>Ipomea pes-tigridis</i> L. | 2 | 0,83 | 1,66 | 0,98 | 1,95 | 0,32 | 0,64 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Ipomoeae vagans</i> L. | 2 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Merremia pinnata</i> L. | 2 | 0,83 | 1,66 | 0,98 | 1,95 | 4,82 | 9,65 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Tribulus terrestris</i> L. | 2 | 7,76 | 15,51 | 0,65 | 1,30 | 0,00 | 0,00 | 3,19 | 6,38 |
| <i>Tripogon minimis</i> A. Rich. | 2 | 4,16 | 8,31 | 5,21 | 10,42 | 7,40 | 14,79 | 3,48 | 6,96 |
| <i>Zornia glochidiata</i> Rchb. Ex DC | 2 | 5,26 | 10,53 | 5,86 | 11,72 | 3,22 | 6,43 | 8,12 | 16,23 |
| <i>Achyranthes aspera</i> | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Achyrentes argenteae</i> | 1 | 3,05 | 3,05 | 4,23 | 4,23 | 2,25 | 2,25 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Boerhavia difusa</i> | 1 | 0,96 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Boerhavia erecta</i> L. | 1 | 1,66 | 1,66 | 0,65 | 0,65 | 0,32 | 0,32 | 0,87 | 0,87 |
| <i>Corchorus olitorius</i> | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Corchorus tridens</i> L. | 1 | 2,77 | 2,77 | 2,61 | 2,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Cucumis melo</i> | 1 | 1,11 | 1,11 | 0,65 | 0,65 | 5,14 | 5,14 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Cyperus esculentus</i> L. | 1 | 0,28 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 6,11 | 6,11 | 0,87 | 0,87 |
| <i>Fimbristylis ferruginea</i> Vahl | 1 | 0,55 | 0,55 | 0,98 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 1,45 | 1,45 |
| <i>Gisekia pharnaceoides</i> | 1 | 4,16 | 4,16 | 2,61 | 2,61 | 0,32 | 0,32 | 4,64 | 4,64 |
| <i>Limeum diffusum</i> | 1 | 3,05 | 3,05 | 0,65 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,58 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Momordica basamina</i> L. | 1 | 1,11 | 1,11 | 0,98 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Momordica charan</i> L. | 1 | 0,28 | 0,28 | 0,65 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Senna obtusifolia</i> (L.) H. S. | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 0,29 | 0,29 |
| <i>Sesbania sesban</i> L. | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Spermacoce stachydea</i> DC. | 1 | 2,22 | 2,22 | 1,63 | 1,63 | 3,22 | 3,22 | 4,35 | 4,35 |
| <i>Pancreatium trianthum</i> | 1 | 1,66 | 1,66 | 0,33 | 0,33 | 1,93 | 1,93 | 0,00 | 0,00 |
| <i>triantema postulacastrum</i> L. | 1 | 0,83 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 0,58 | 0,58 |
| <i>Abildgaardia hispidula</i> Vahl | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,87 | 0,00 |
| <i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl. | 0 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Cleume viscosa</i> L. | 0 | 2,22 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 1,61 | 0,00 | 0,29 | 0,00 |
| <i>Datura metel</i> L. | 0 | 0,28 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Epilobium sp</i> | 0 | 1,94 | 0,00 | 1,30 | 0,00 | 0,64 | 0,00 | 0,29 | 0,00 |
| <i>Heliotropium bacciferum</i> | 0 | 0,28 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>limeum viscosum</i> J. Gay | 0 | 1,66 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 4,50 | 0,00 | 1,45 | 0,00 |
| <i>Mollugo nudicaulis</i> Lam. | 0 | 2,77 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 2,89 | 0,00 | 2,03 | 0,00 |
| <i>Oldenlandia corymbosa</i> | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,29 | 0,00 |
| <i>Phyllantus niruri</i> | 0 | 2,22 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 1,29 | 0,00 | 0,87 | 0,00 |
| <i>Phyllantus pentendrus</i> S. & T. | 0 | 1,29 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Portulaca foliosa</i> L. | 0 | 1,11 | 0,00 | 0,98 | 0,00 | 4,82 | 0,00 | 3,19 | 0,00 |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | 0 | 2,49 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 1,45 | 0,00 |
| <i>Sida rombufolia</i> | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,29 | 0,00 |
| <i>Stylochiton hypogaeus</i> Lepr. | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,00 |

3.1.3.2. Production de phytomasse

La phytomasse produite dans la zone de mise en défend est largement plus importante que celle produite dans la zone de parcours non protégée (figure 9). Elle représente respectivement en août et octobre, 10,17 tonnes MS/ha et 16,22 tonnes MS/ha en zone protégée contre 2,21 tonnes MS/ha et 2,12 tonnes MS/ha en zone non protégée. Cette même tendance est observée pour la production de phytomasse qualifiée avec 4,18 tonnes MS/ha et 8,64 tonnes MS/ha dans la zone protégée contre 0,53 tonnes MS/ha et 0,74 tonnes MS/ha (figure 10).

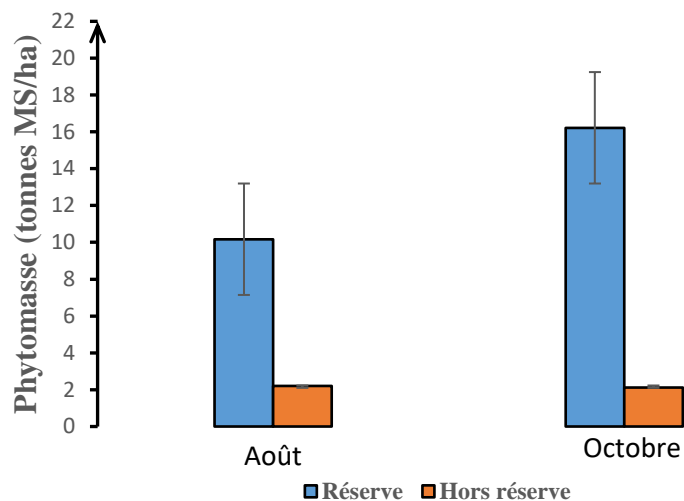


Figure 9 : Phytomasse produite dans les deux zones de collecte

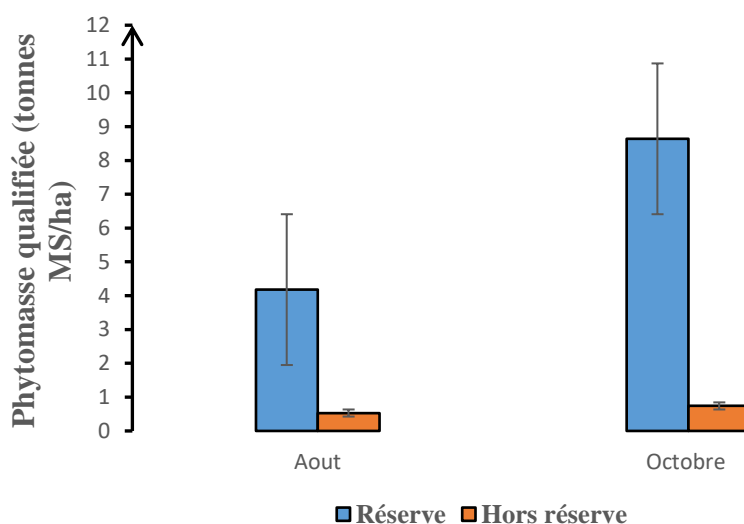


Figure 10 : Production de phytomasse qualifiée

3.1.3.4. La capacité de charge

La capacité de charge de la réserve en août (0,84 UBT/ha/an) et en octobre (1,73UBT/ha/an) est supérieure à celle de la zone de parcours non protégées en août (0,11 UBT/ha/an) et en octobre (0,15 UBT/ha/an) (figure 11).

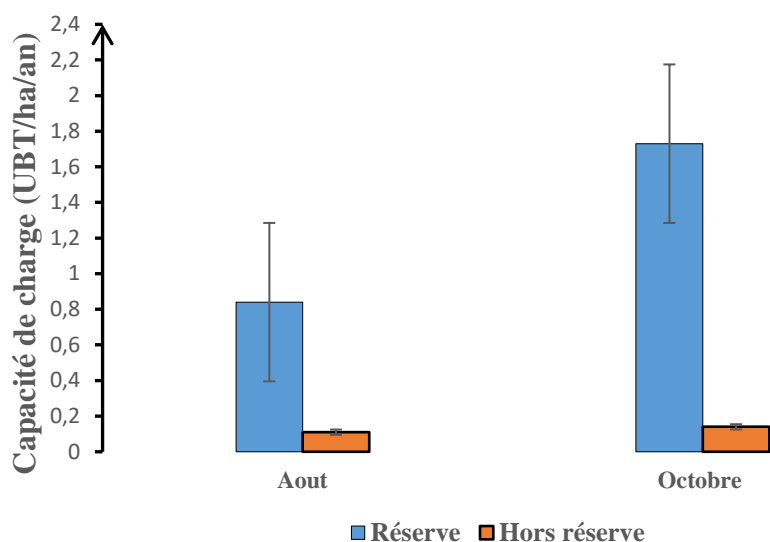


Figure 11 : Capacité de charge des deux zones de collecte

3.1.5. La valeur bromatologique de la biomasse produite dans la réserve

3.1.5.1. Variabilité des composantes chimiques en fonction des sites et des mois

L'ANOVA des composantes chimiques en fonction des sites (Réserve et Hors-réserve) révèle qu'il existe une différence significative pour l'azote ($p = 0,0246$) et le calcium ($p = 0,0249$) avec des moyennes plus élevées pour la réserve (2,13% et 0,14%), et pas de différence significative pour le carbone ($p = 0,426$) et le phosphore ($p = 0,596$).

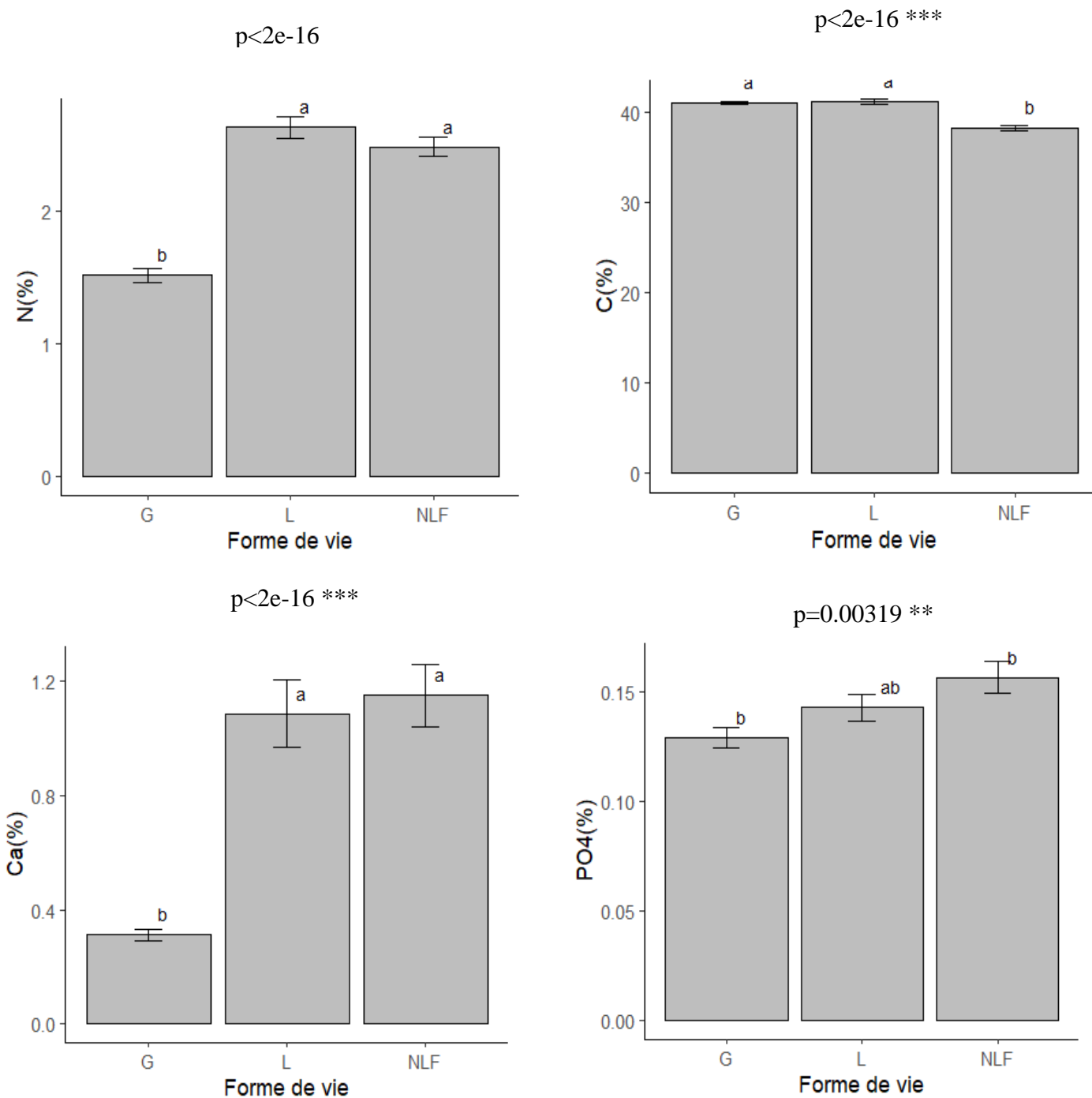
Par contre, pour les mois on note des différences très hautement significatives sur l'ensemble des composantes, avec $p = 1,87e-14$ pour l'azote, $p = 3,71e-11$ pour le carbone, $p = 3,42e-10$ pour le calcium et $p = 3,78e-05$ pour le phosphore. Les résultats montrent également que les moyennes les plus élevées sont obtenues en aout pour l'azote (2,55%), le calcium (1,26%), le phosphate (0,16%) et en octobre pour le carbone (41,07%).

Tableau 6 : Variation des composantes chimiques en fonction des sites et des mois

| | Azote (%N) | Carbone (%C) | Calcium (%Ca ²⁺) | Phosphate (%PO ₄) |
|--------------|---------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Réserve | 2,13(+/-0,07) | 40,41(+/-0,19) | 0,82(+/-0,08) | 0,14(+/-0,01) |
| Hors-réserve | 1,89(+/-0,08) | 40,13(+/-0,31) | 0,56(+/-0,04) | 0,14(+/-0,01) |
| P-Value | 0,0246 * | 0,426 | 0,0249 * | 0,596 |
| Aout | 2,55(+/-0,07) | 38,85(+/-0,26) | 1,26(+/-0,12) | 0,16(+/-0,004) |
| Octobre | 1,75(+/-0,06) | 41,07(+/-0,19) | 0,51(+/-0,03) | 0,13(+/-0,005) |
| P-Value | 1,87e-14 *** | 3,71e-11 *** | 3,42e-10 *** | 3,78e-05 *** |

3.1.5.2. Variabilité des composantes chimiques en fonction de la forme de vie des espèces

L'Anova des composantes chimiques en fonction de la forme de vie des espèces (figure12) montre des différences très hautement significatives pour l'azote, le carbone et le calcium ($p < 2e-16$). Par contre pour le phosphore, la différence est très significative ($p = 0,00319$). La forme légumineuse enregistre les taux d'azote et de carbone les plus élevés avec respectivement 2,63% et 41,23%. Par contre pour le calcium et le phosphate, ce sont les phorbies qui ont les taux les plus élevés avec 1,24% et 0,15%.

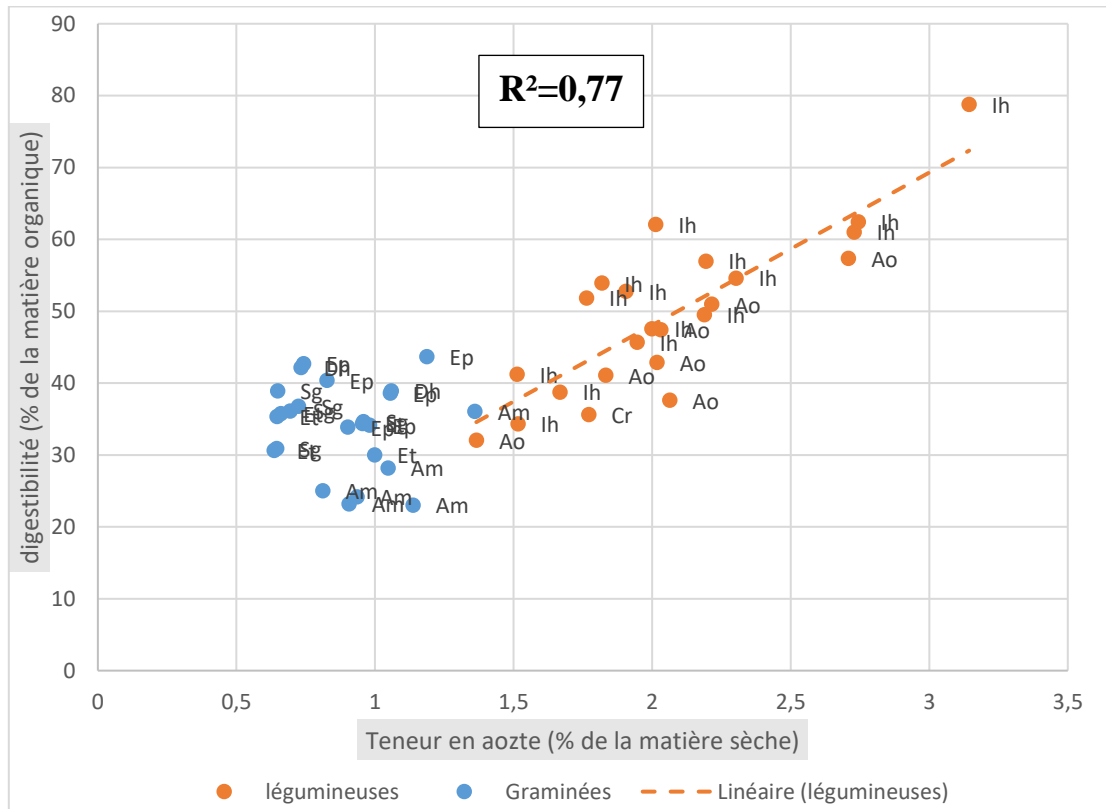


G : Graminées ; L : Légumineuses ; NLF : Forbs Non-Légumineuses

Figure 12 : Variation des composantes chimiques en fonction de la forme de vie des espèces

3.1.5.3. Relation entre la teneur en azote et la digestibilité enzymatique

Les résultats de la régression linéaire montrent que la teneur en azote permet d'expliquer 77% de la digestibilité des espèces (tableau 13). Il y ressort que les espèces avec les plus grands taux d'azote (les Légumineuses) présentent une digestibilité plus importante contrairement aux Graminées, qui ont des taux d'azote relativement faibles.



Am : *Aristida mutabilis* ; Ao : *Alysicarpus ovalifolius* ; Ep : *Enteropogon prierii* ; Et : *Eragrostis tremula* ; Ih : *Indogofera hursita* ; Sg : *Schoenfeldia gracilis*

Figure 13 : Relation entre la teneur en azote et la digestibilité enzymatique

3.2. Discussion

L'objectif de ce travail était de tester l'hypothèse que la mise en défens est importante pour la production des herbages en quantité et en qualité.

Les résultats de l'étude comparative entre la Réserve Naturelle Communautaire de Koyli Alpha (zone protégée) et la zone de parcours non protégée du bétail aux alentours de la réserve ont montré que la flore de la zone est riche d'une soixantaine d'espèces, réparties en 45 genres et 21 familles. L'inventaire phytosociologique révèle une variabilité de cette richesse entre la réserve (57 espèces) et en dehors de la réserve (44 espèces). Cette différence de diversité spécifique pourrait s'expliquer par des facteurs anthropiques tels que le surpâturage au niveau de la zone de parcours non protégée, le piétinement par les animaux et les humains, les feux de

brousse mais aussi l'effort de protection de la réserve. Cette observation est différente de celle d'Idrissa et al. (2020) dans leur étude « Caractérisation des pâturages herbacés sahéliens à accès limité ». Ils notent que la flore herbacée est plus riche dans la zone la moins protégée (périphérique) que la partie la plus protégée. Cette différence pourrait s'expliquer par la théorie de perturbation intermédiaire (Connell, 1978 ; Huston, 1979) qui stipule qu'un niveau intermédiaire de perturbation jusqu'à un certain seuil stimule l'augmentation de la diversité. En revanche, un fort niveau de perturbation entraîne une faible richesse spécifique car certaines espèces n'auront pas le temps de se renouveler.

Les familles botaniques sont largement dominées par les Poacées (24%) dans les deux niveaux. Ce même constat a été dressé par plusieurs auteurs (Kaou et al., 2017 ; Saidou et al., 2013 ; Ngom et al., 2012 ; Soumana, 2011 ; Morou, 2010 ; Mahamane, 2005 ; Akpo et al., 2002 ; Achard, 1992 ; Grouzis, 1992 ; Cornet, 1981 ; Bille, 1977 ; Saadou, 1990). La prédominance des Poacées sur les autres familles s'expliquerait par la capacité des espèces appartenant à cette famille à résister aux différentes perturbations environnementales, selon Idriss et al. (2020). Malgré cette prédominance des Poacées, quelques espèces comme *Alysicarpus ovalifolius* et *Zornia glochidiata*, qui sont des Fabacées, se démarquent du lot avec une contribution importante.

La phytomasse produite mesurée en deux temps (pleine saison et fin de saison) est plus importante dans la zone protégée (13,20 tonnes MS/ha en moyenne) que dans la zone non protégée (2,17 tonnes MS/ha en moyenne). Ces résultats obtenus dans cette zone non protégée corroborent ceux de Ngom et al. (2012) et de Akpo (1998) au Ferlo (zone sylvopastorale), qui ont trouvé respectivement des phytomasse de 3,3 tonnes MS/ha et de 2,31 tonnes MS/ha. Cette différence de phytomasse entre les deux zones de collecte pourrait tout simplement être liée à l'interdiction des pâtures dans la réserve et le surpâturage aux périphéries. Ainsi les espèces dans la réserve pourront atteindre leur maturité et produire une importante quantité de biomasse malgré les saisons pluvieuses de plus en plus courtes. Selon Carrière et Toutain (1995), la quantité de phytomasse produite est un indicateur qui synthétise parfaitement les effets des divers facteurs environnementaux sur l'activité primaire.

La production de phytomasse de qualité dépend des paramètres tels que le recouvrement, la contribution spécifique et l'indice de qualité, qui forment ensemble le cortège floristique qui détermine cette qualité mais aussi la quantité. Les résultats montrent que la valeur pastorale brute (Vpb) est plus élevée dans la réserve (52,06% et 64,06%) qu'en zone non protégée (50,80% et 63,38%). Ces résultats traduisent le fait que les proportions d'espèces de bonne

valeur pastorale ($I_s = 3$) et moyenne valeur pastorale $I_s = 2$) sont plus importantes dans la réserve qu'à la périphérie.

La valeur pastorale brute pondérée au recouvrement global, qui est plus élevée dans la réserve (79% et 8,17%) qu'en zone non protégée (47% et 54,83%), donne naturellement un indice global de qualité plus élevé dans la réserve (41,10% et 53,28%) contre 23,88% et 34,75% en zone non protégée. Ceci peut indiquer que le bétail broute sélectivement les espèces de qualité élevée, conduisant à leur rarefaction hors réserve. Akpo et Grouzis (2000) affirment que la fiabilité de l'indice global de qualité des herbages est qu'il s'appuie sur l'appétibilité des espèces, donc sur le choix des animaux qui pâturent en dehors de la réserve.

La phytomasse produite appliquée à cet indice global de qualité donne la production approximative de fourrage qualifié qui quant à elle influe fortement sur la capacité de charge d'une zone de parcours donnée. Ainsi, cette capacité de charge est logiquement plus élevée avec une zone qui donne une production de phytomasse et un indice de qualité plus élevés, en l'occurrence la réserve, avec des capacités de charge égales à 0,84 et 1,73 UBT/ha/an contre 0,11 et 0,15 UBT/ha/an en zone de parcours non protégée (périphérie de la réserve). Cette capacité de charge constitue un bon indicateur de gestion durable du bilan fourrager.

Les analyses bromatologiques sont aussi importantes que les évaluations de la valeur pastorale dans la mesure où elles fournissent des informations sur la valeur alimentaire et nutritionnelle du fourrage. Les résultats d'analyse de fourrages sont rapportés sur une base de matière sèche pour éliminer l'effet de dilution de la teneur en eau de la végétation. Il en ressort de ces résultats que la biomasse collectée dans la réserve en août présente des taux en azote et calcium plus importants. Selon Fall (2013), les plantes ont tendance à se lignifier d'un stade phénologique à un autre et perdent en dose d'azote. On en déduit alors que la période de collecte de la biomasse influe sur les teneurs en composantes chimiques. Ainsi au mois d'août la majorité des espèces sont jeunes (stade de feuillaison et de floraison) et atteignent la phase de fructification en octobre. Les espèces appartenant à la famille des Légumineuses présentent des teneurs en azote, calcium et phosphore supérieures à celles des espèces de Poacées. La digestibilité est aussi plus élevée chez les Légumineuses que chez les Graminées. La digestibilité élevée chez les Légumineuses traduit un degré de lignification faible et un taux d'azote élevé (Maxin, 2019).

Conclusion

L'objectif principal de cette étude était de contribuer à fournir des informations pour une meilleure connaissance sur la quantité et la qualité de la production herbagère de la Réserve Communautaire Naturelle de Koyli Alpha. L'étude comparative entre la réserve et la zone de parcours non protégée à la périphérie a montré que la flore est plus diversifiée au niveau de la réserve qu'en dehors de la réserve. Les deux zones sont caractérisées par une prédominance des Poacées suivies des Fabacées. Les résultats issus des estimations de la production de biomasse entre les deux niveaux ont montré que pour tous les indicateurs mesurés (valeur pastorale, production de fourrage qualifié et capacité de charge) ont montré que le fourrage qualifié produit par la réserve est supérieur à celui produit en dehors de la réserve et sa capacité de charge dépasse largement celle de cette zone non protégée. Les analyses bromatologiques ont montré que la biomasse récoltée dans la réserve au mois d'août a les meilleurs taux en azote et calcium. Elles révèlent également que les Légumineuses comparées aux Graminées ont des taux d'azote, de calcium et phosphore plus élevés, donc les meilleures valeurs alimentaires en termes de composition en azote et la digestibilité est plus importante chez ces dernières. La pertinence, la précision et la facilité à mesurer sur le terrain ces indicateurs ont permis d'avoir le maximum d'informations sur l'état mais également sur la pression des ressources fourragères de cette zone de Koyli Alpha, d'où l'intérêt de la mise en place de la réserve pour une meilleure gestion durable des ressources fourragères et de compléter les données manquantes sur les besoins alimentaires de l'oryx algazelle sont manquantes en captivité.

Toutefois il serait judicieux de poursuivre l'étude en tenant compte de l'effet de la couverture ligneuse et des unités géomorphologiques sur la diversité et la production des herbages et en analysant les fibres (lignine, cellulose et hémicellulose) afin de déterminer l'appétabilité de ces herbages selon les sites et la période phénologique.

Nous recommandons que ce travail soit reproduit avant la mise en place de potentielles aires protégées pour une optimisation de l'utilisation des ressources fourragères pour une meilleure gestion de ces dernières.

Il est aussi nécessaire d'actualiser les indices de qualité accordés aux espèces fourragères car ceux-ci ne reflètent plus la réalité du terrain. Avec la diminution de la production des herbages, les animaux s'adaptent pour leur survie. Ainsi, une espèce autre fois non appétée par le bétail peut l'être aujourd'hui.

Références

1. Achard F. (1992). Phytomasse des savanes nord-soudanaises de Gampéla, Région de Ouagadougou au Burkina Faso. In L'aridité une Contrainte au Développement. ORSTOM ; 297 - 309.
2. Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Sénégal (2018). Données climatiques de la station de Linguère. (www.anacim.sn/meteorologie/)
3. Agonyissa D. & Sinsin B. (1998) Productivité et capacité de charge des pturages naturels au Bénin. *Revue Elev. Mdd. Vdt. Pays trop.* 51(3) : 239-246.
4. Akpo L. E. (1992). Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. Les déterminants écologiques. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, option Ecologie, UCAD-FST, Département Biologie Végétale, 142 p.
5. Akpo L. E. (1998). Effets de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses du Sénégal : Variation selon un gradient climatique. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, UCAD : p.142.
6. Akpo L. E. (2002). Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal. *Révue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 55(4) : 275-283.
7. Akpo L. E. et Grouzis M., (2000). Valeur pastorale des herbages en région soudanienne, le cas des parcours sahélien du Nord-Sénégal. *Tropicultura*, 18(1) : 1- 8.
8. Akpo L. E., Masse D. et Grouzis M. (2002). Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 55(4) :275-283
9. Alexandre D. Y., Guillaumet J. L. et De Namur Ch. (1978). Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (sud-ouest de la côte d'Ivoire). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Biol., XIII (3) :189-270
10. Amougou J. A., Bembong Ebokona L. D., Batha R. A. S., Mala A.W. et Ngonu H., (2018). Estimation du stock de carbone dans deux unités de terre en zone de savane du Cameroun. 15 p.
11. Atakpama, W., Amegnaglo, K. B., Afelu, B., Folega, F., Batawila, K. & Akpagana, K. (2019). Biodiversité et biomasse pyrophyte au Togo. *VertigO*, 19(3).
12. Barral H., Benefice E., Boudet G., Denis J. P., De Wispeleare G., Diate I., Diaw O. T., Dieye K., Doutre M. P., Meyer J. F., Noel J., Parent G., Piot J., Valentin C., Valenza J., & Vassiliades G. (1983). Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région

- du Ferlo. Synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaire. ACC/RIZAT (LAT), GERDAT-Orstom : 172 p.
13. Barzdo, J. (1982): New hope for the scimitar. *Country Life* 27: 1552–1553.
 14. Baumer M. 1997. L'Agroforesterie pour les Productions Animales. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale – Centre Internationale pour la Recherche en Agroforesterie. 384 p.
 15. Béchir AB, Mopaté LY. 2015. Analyse de la végétation pâturée autour des ouvrages hydrauliques dans le Département du Batha Est au Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(3): 1557-1570.
 16. Berhaut J. (1967). Flore du Sénégal (2ème éd). Edition Clairafrique : Dakar, Sénégal ; 485 p.
 17. Bille JC. (1977). Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Travaux et Documents. ORSTOM, Paris.
 18. Boudet G., (1983). Les pâturages et l'élevage au Sahel. Notes techniques MAB/UNESCO : 29-33 pp.
 19. Bourbouze A., Lhoste P., Marty A., Toutain B. (2001). Problématique des zones pastorales. Lutte contre la désertification dans les projets de développement, Paris, Agence Française de Développement et Comité scientifique Français de la Désertification. 41-52.
 20. Braun-Blanquet, J. et Bolios, O. (1957). Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme. *Anales de la Estacion Experimental d'Aula Dei* 5. 1–266.
 21. Carriere M. & Toutain B., (1995). Utilisation des terres de parcours pour l'élevage et avec l'environnement : outils d'évaluations et indicateurs. CIRAD-EMVT : 92 p.
 22. CCNUCC, (1997). Protocole de Kyoto. UNFCCC, p. 24 p.
 23. Connell J. H. (1978). Diversité des forêts tropicales humides et des récifs coralliens. *Science*, 199. 1302-1310.
 24. Cornet A. 1981. Mesure de biomasse et détermination de la production nette aérienne de la strate herbacée dans trois groupements végétaux de la zone sahélienne au Sénégal. *Acta Oecologica, Oecol. Plant*, 2(16). 251-266.
 25. CSE (2018). Annuaire sur l'environnement et les ressources naturelles du Sénégal. Centre de Suivi Ecologique, Quatrième édition, Dakar (Sénégal), 385pp.
 26. Devillers, P. & Devillers-Terschuren, J. (2003). Rapport sur la situation et les perspectives d'une espèce, *Oryx dammah*. Dans : Mesures de conservation pour les

- antilopes sahélo-sahariennes. Plan d'action et rapports d'étape. *CMS, Technical Series Publication*. 128p.
27. Diallo H., Bamba I., Barima Y.S.S., Visser M., Ballo A., Mama A., Vranken I., Maiga M. & Bogaert J., (2011). Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la dégradation d'une aire protégée du Mali (la Réserve de Fina, Boucle du Baoulé). *Sécheresse*, 22. 97-107.
 28. Dolan, J. M. (1966) : Notes sur le cimeterre à cornes oryx *Oryx dammah* (Cretzschmar, 1826). *International Zoo Yearbook* 6 : 219–229.
 29. Fall A. (2014). Le Ferlo sénégalais : Approche géographique de la vulnérabilité des anthroposystèmes sahéliens. Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité. Discipline : Géographie, 2014
 30. Fall T. (2013). Production herbagère et fertilité des sols : indicateurs d'intensification écologique dans le bassin de collecte de la laiterie du berger (nord-senegal). Mémoire de master Université. 74p.
 31. Fouad R. (2015). Contribution à l'évaluation des ressources fourragères des parcours steppiques de l'Est Algérien Cas de la région de Tébessa. Doctorat d'Etat, Université El Hadj Lakhdar, Batna, p.120.
 32. GIEC (2013) : Glossaire [Planton, S. (coord.)]. In : Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (dir. publ.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique, 335 p.
 33. Gillet, H. (1965) : L'Oryx algazelle et l'Addax au Tchad. *Revue d'écologie (la terre et la vie)* 3 : 257–272.
 34. Gillet, H. (1966) : L'oryx cimeterre et l'addax en République du Tchad (Part I). *African Wild Life* 20 (2) : 103–115.
 35. Gillet, H. (1966b): The Scimitar Oryx and the Addax in the Tchad Republic (Part II). *African Wild Life* 20 (3): 191–196.
 36. Ginelli L., Marquet V., Deldreuve V. (2018). Bien pratiquer la nature... pour protéger les Calanques ? *Ethnologie Française*, 44 (3) : 525 - 536.
 37. Göktuğ T.H., Yildiz N.D., Demir M. et Mestav B. (2015). Examining the level of service in the context of recreational carrying capacity in the Erzurum urban forest, Turkey. *J. Environm. Protect.*, 6: 1014-1028.

38. Gosselin M. et Laroussinie O. (2004). Biodiversité et gestion forestière : connaître pour préserver. *Etudes gestion des territoires*, 20. *Cemagref Editions*. 320p.
39. Grouzis M. (1992). Germination et établissement des plantes annuelles sahéliennes. In Le Floch E, Grouzis M, Cornet A, Bille JC, eds. *L'Aridité une Contrainte au Développement*. Paris : Institut de recherche pour le développement (IRD).
40. Hervé D. et Rivière G. (1998). Les jachères longues pâturées dans les Andes : acquis interdisciplinaires. *Natures Sciences Sociétés* 6 : 5-19.
41. Hiernaux P., Le Houerou H.N. (2006). Les parcours du Sahel. *Sécheresse* 17 (1-2) : 5171
42. Huston M. (1979). A general hypothesis of species diversity, *The American Naturalist*, 113, p. 81-101.
43. Ibrahim-Naim R. Ablavi¹, Atakpama W., Amegnaglo K. B., Noundja L., Batawila K., et Akpagana K. (2021). Diversité floristique et biomasse fourragère des parcours potentiels de pastoralisme du socle éburnéen au Togo. *Rev Écosystèmes et Paysages (Togo)*, 2021, No 01, vol 01 ; 12-29p.
44. Idrissa I., Morou b., Abdoulaye D., Saley K. et Mahamane A. (2020). Caractérisation des pâturages herbacés sahéliens à accès limité : Cas du Centre Secondaire de Multiplication de Bétail de Sayam (Diffa). *J. Appl. Biosci.*, 156 : 16087 - 16094.
45. Ingrouille M.J. et Eddie B. (2006). Diversité et évolution des plantes. *Cambridge University Press*. Cambridge. 450p.
46. Kane O. (2005). Situation, enjeux et perspectives d'un riche réseau d'aires protégées géré par la Direction des Parcs Nationaux. *Bulletin d'information. Programme de Gestion Intégrée des Ressources Marines et Côtières, Dakar (Sénégal)* (5). 8-9
47. Kaou KAK, Laminou M.O., Danguimba I, Karim S., Habou R, Paul R. (2017). Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger : Cas de Mainé soroa. *Journal of Applied Biosciences*, 120 : 12053-12066.
48. Lebrun J. P. et Stork A. L. (1992). *Enumération des Plantes à Fleurs d'Afrique Tropicale* (vol. 2). Conservatoire du Jardin Botanique de Genève ; 257 p.
49. Levang P, Grouzis M (1980) Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes : application à la Mare d'Oursi, Haute-Volta. *Acta Oecol Oecol Plant* 1 :231–244
50. MAEH, (2004). Nouvelle initiative sectorielle pour le développement de l'élevage « NISDEL ». 19 p.

51. Mahamane, A. (2005). Études floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger. Thèse Doct., Université Libre de Bruxelles. 484 p.
52. Maxin G. (2019). Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages. Document édité par l'Institut de l'Élevage 149 rue de Bercy - Paris.
53. Morou B. (2010). Impact de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat en Biologie appliquée, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey. 198p.
54. Ndiaye O., Diallo A., Sagna M. B. et Guissé A. (2013). Diversité floristique des peuplements ligneux du Ferlo, Sénégal. *VertigO*, 13(3). 35 p.
55. Ndong A. T., Ndiaye O., Ngom Faye M., Galop D. et Guissé A., 2015. Espèces ligneuses du Ferlo-Nord, Sénégal : état actuel et usage. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 271 : 285-462.
56. Newby J. E. (1975) : Les ressources écologiques de la réserve faunistique de Ouadi Rimé-Ouadi Achim. FAO, Rome. Rapport non publié : 69–104.
57. Newby J. E. (1988) : La faune des terres arides en déclin : le cas de l'oryx à cornes de cimeterre. Dans : Conservation et biologie des antilopes du désert (A. Dixon & D. Jones, Eds.). Christopher Helm, Londres : 146-166.
58. Ngom D., Bakhoum A., Diatta S et Akpo L. E. (2012). Qualité pastorale des ressources herbagères de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences (IJBCS)*, 6 (1): 186-201.
59. Niang A. (2017). Inventaire des grands mammifères sauvages dans la zone de reboisement de la grande muraille verte au ferlo (nord, Senegal). M.Sc. Thesis, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 33pp.
60. Niang A. et Ndiaye P. I. (2022). Apport des aires protégées de Koyli Alpha et du Ferlo Nord dans la conservation de la biodiversité des grands mammifères sauvages au Ferlo (nord Sénégal). *Bulletin de l'IFAN Ch. A. Diop* T. LV sér. A, n° 1-2, 2022. 25-50
61. Niang A., Ndiaye, P. I. (2020). Répertoire des grands mammifères sauvages de la Grande Muraille verte (Sahel sénégalais). *Fiches pratiques de l'observatoire Hommes-Milieus*.
62. Niang K. (2009). L'arbre dans les parcours communautaires du Ferlo-nord Sénégal. Mém. de DEA : Biol.végétale, fac. Sci. et Tech. UCAD de Dakar. 62 p.

63. Niang, A. et Ndiaye, P. I. (2020). Une étude des grands mammifères dans la réserve de faune communautaire de Koyli Alpha et ses environs dans la zone d'extension de la Grande Muraille Verte au Sénégal. *Journal of Endangered Taxa*. 13 (9) : 19223–19231
DOI : 10.11609/jott.6890.13.9.19223-19231.
64. Polo-Akpisso A., Wala K., Ouattara S., Folega F. et Tano Y. (2016). Changements dans les catégories de couverture terrestre au sein du complexe OKM au Togo (Afrique de l'Ouest) entre 1987 et 2013. Mise en œuvre de l'adaptation au changement climatique dans les communautés, les villes, les pays et via des programmes de sensibilisation.
65. Rey B. (1997). Prise en compte de la dynamique forestière dans le cadre de la gestion multifonctionnelle des espaces boisés. In *Conservation des écosystèmes forestiers* : 97-104.
66. ROSELT/OSS. (2004). Indicateurs écologiques ROSELT/OSS : une première approche méthodologique pour la surveillance de la biodiversité et des changements environnementaux, Collection ROSELT/OSS, document scientifique n°4, Montpellier, 50 p.
67. Saadou, M. (1990). La végétation des milieux drainés à l'Est du fleuve Niger. Thèse Doct., Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 539 p.
68. Saidou O. R. F. (2013). Dynamique du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Filingué – Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(2) : 657-671. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.22>.
69. Soumana I., 2011. Groupements végétaux pâturés des parcours de la région de Zinder et stratégies d'exploitation développées par les éleveurs Uda'en. Niamey : Thèse Doct., Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 234 p.
70. UICN - Bureau du Burkina Faso (2021). La méthodologie d'évaluation participative des parcours : Application dans la commune de Gorouol au Niger. Ouagadougou, Burkina Faso : UICN - Bureau du Burkina Faso. 32 pp.
71. UICN (2016). Standard mondial pour l'identification de zone CI pour la Biodiversité. Version 1.0. Première édition. Gland, Suisse.

Annexe

Bilans fourragers annuels entre la zone de mise en défend et la zone de parcours non protégée

| Paramètres mesurés | Réserve | | Hors réserve | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | Août | Octobre | Août | Octobre |
| Production de phytomasse | 10,17 tonnes MS/ha | 16,22 tonnes MS/ha | 2,21 tonnes MS/ha | 2,12 tonnes MS/ha |
| Valeur pastorale brute (Vpb) | 52,03% | 64,06% | 50,80% | 63,38% |
| Indice globale de qualité (IGQ) = Vpn | 41,10% | 53,28% | 23,88% | 34,75% |
| Production de fourrage qualifié (Pfq) | 4,18 tonnes MS/ha | 8,64 tonnes MS/ha | 0,53 tonne MS/ha | 0,74 tonne MS/ha |
| Nombre de jours de pâtures | 669 jours | 1383 jours | 84 jours | 118 jours |
| Capacité de charge (CC) | 0,84 UBT/ha/an | 1,73 UBT/ha/an | 0,11 UBT/ha/an | 0,15 UBT/ha/an |