

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



ECOLE DOCTORALE: SCIENCES DE LA VIE DE LA SANTE ET DE
L'ENVIRONNEMENT (ED-SEV)

ECOLE INTER ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES (EISMV)

Année : 2015

N° d'ordre : 157

**DETERMINANTS DE LA DYNAMIQUE DE LA VEGETATION D'UN
MILIEU PÂTURE EN REGION SAHELIENNE DU SENEGAL**

Mémoire présenté et soutenu publiquement le samedi 11 juillet 2015 à 9h pour l'obtention du

DOCTORAT en Biologie, Productions et Pathologies Animales

Spécialité: **PASTORALISME**

Option : **Ecologie pastorale**

Par :

M. Ousmane NDIAYE

Jury de soutenance

Président : M. Yalacé **KABORET** Professeur titulaire (EISMV/UCAD)

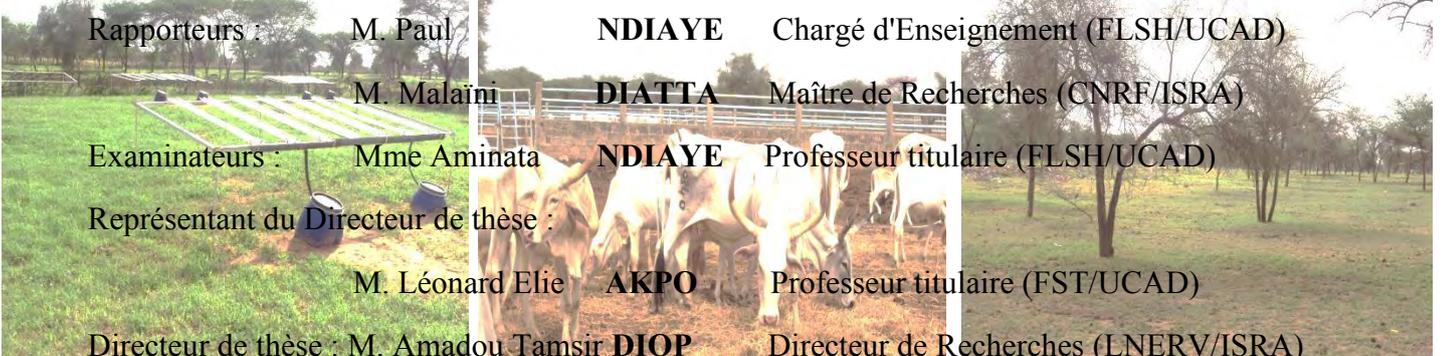
Rapporteurs : M. Paul **NDIAYE** Chargé d'Enseignement (FLSH/UCAD)

M. Malaïni **DIATTA** Maître de Recherches (CNR/ISRA)

Examineurs : Mme Aminata **NDIAYE** Professeur titulaire (FLSH/UCAD)

Représentant du Directeur de thèse : M. Léonard Elie **AKPO** Professeur titulaire (FST/UCAD)

Directeur de thèse : M. Amadou Tamsir **DIOP** Directeur de Recherches (LNERV/ISRA)



DEDICACES

Je dédie ce travail,

A mes parents particulièrement ma mère et mon père ;

A mon épouse et mon fils ;

A mes tantes et oncles ;

A mes frères, sœurs, cousins, cousines, neveux et nièces ;

A ma belle Famille ;

A mes ami(e)s.

REMERCIEMENTS

Je suis animé d'un sentiment de soulagement d'avoir pu conduire ce travail à termes, et je rends grâce à Dieu de m'avoir permis d'y arriver. C'est le moment pour moi, de présenter ma reconnaissance à l'égard des personnes et structures qui ont permis la réalisation de ce travail.

Je commencerai par remercier l'ISRA à travers son Directeur Général de m'avoir accueilli dans l'Institut, comme Allocataire de Recherches, ce qui a facilité mon insertion au CRZ de Dahra et la réalisation des activités de recherches.

Je remercie également le projet Animal Change qui a permis cette thèse de voir le jour grâce à son financement.

Je voudrais remercier :

Monsieur Amadou Tamsir Diop, Docteur ès Sciences, vétérinaire-pastoraliste chercheur à l'ISRA, qui depuis près de sept (7) ans m'encadre dans la recherche malgré ses nombreuses responsabilités. J'ai beaucoup appris intellectuellement et professionnellement, à ses côtés. Je lui exprime mes sincères remerciements pour sa disponibilité, ses conseils précieux et pour son soutien durant toute la période d'élaboration du document ;

Monsieur Léonard Elie Akpo, Professeur d'Ecologie Végétale à l'UCAD, d'avoir accepté de parrainer cette étude. Ses observations et suggestions pertinentes m'ont été très utiles. Je lui témoigne mes sentiments de reconnaissance pour avoir suivi l'élaboration du document ;

Les membres du jury, d'avoir accepté de siéger à ma soutenance, je ne saurais assez vous dire merci ;

Professeur Yalace Kaboré, d'avoir accepté de présider ce jury malgré ses occupations, je lui témoigne ma reconnaissance ;

Professeur Paul Ndiaye, Docteur Malaïni Diatta et Professeur Aminata Ndiaye, d'avoir accepté de participer à ce jury et de contribuer à l'amélioration du document, je leur témoigne toute ma gratitude ;

Monsieur Mamadou Diène, je ne saurais vous exprimer mes sentiments car vous avez joué un grand rôle dans le pilotage des activités de cette thèse. Merci infiniment ;

Ma famille, pour l'éducation, le soutien moral et l'assistance. Toute ma gratitude ;

Le CIRAD et plus particulièrement Dr Ibra Touré, pour son soutien sur le terrain et sur certains aspects du SIG, sincère remerciement.

Le CERAAS, à travers son Directeur Général Dr Ndiaga Cissé, votre soutien matériel m'était d'un grand apport car m'avait permis de réaliser toutes les mesures écophysiologicals. Mention spéciale à Dr Bassirou Sine, M Abdou Faye et M Diop, sans votre concours il me serait difficile de collecter les données écophysiologicals, je vous en suis très reconnaissant.

L'ensemble du personnel et de la population du CRZ de Dahra, à travers son Chef Dr Mouhamadou Sissokho, que je remercie particulièrement pour sa contribution à l'amélioration du

manuscrit. Je leur manifeste mes vives reconnaissances. Mention Spéciale à Dr Sidy Ba, Fallou Diack, Abdou Diouf, Fafa Sow et tous les stagiaires. Merci infiniment ;

Messieurs Ibou Sène et Modou Thiam, sans votre soutien, il me serait très difficile de dérouler certaines activités. Toute ma reconnaissance ;

L'ensemble du personnel du CNAG, particulièrement M. Mame Balla Sow et M. Amadou Moustapha Konaré. Merci beaucoup ;

Fatima Dembélé, Moustapha Dia et Mouhamed Diakhaté (Papis), pour leur disponibilité, conseils et qualités humaines remarquables. Sincères remerciements ;

Mes amis Mansour Gueye, Ibrahima Mall, Issa Ndoye, Mansour Touré, El hadji Malick Diop, Christine Ouattara, Babacar Diop, pour leur soutien moral et leur assistance. Merci pour tout ;

Toute la population de la cité Hamo 3, mention spéciale à AL ;

Tous mes camarades du laboratoire d'Ecologie Végétale et Ecohydrologie (LEVEH) pour leur disponibilité et leur conseil ;

Toute la population de la commune de Dahra, pour leur hospitalité et leur collaboration, Je leur manifeste mes vives reconnaissances ;

Tous mes camarades de promotion, ce travail est le vôtre ;

Tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration du document. Nous disons merci.

Sommaire

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
Sommaire	1
Liste des sigles et acronymes	3
Liste des figures	5
Liste des tableaux.....	9
Abstract.....	10
Introduction Générale	11
Première partie : Synthèse bibliographique sur le thème de recherche et le cadre physique	15
Chapitre 1 : Synthèse sur l'impact des changements climatiques sur la structure et le fonctionnement des parcours.....	15
1.1) Impact de la sécheresse sur les parcours.....	15
1.2) Influences du réchauffement sur la structure et le fonctionnement des parcours.....	16
1.3) Relation arbre-herbe.....	17
1.4) L'effet de la pression animale sur l'évolution de la végétation.....	18
Chapitre 2 : Généralités sur le Ferlo	19
2.1) Le Ferlo : Limites et caractéristiques	19
2.2) Géologie et géomorphologie	19
2.3) Les ressources en eau.....	20
2.4) Les sols	22
2.5) La végétation : caractéristique et dynamique.....	24
2.6) La démographie	26
2.7) Le Climat.....	27
Chapitre 3 : Généralités sur le site d'études : le Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) de Dahra.....	31
3.1) Historique	31
3.2) Climat, sols et végétation.....	32
3.3) Les types d'occupations du sol.....	39
3.4) Les programmes de recherches/développement	42
3.5) Matériel animal.....	42
Chapitre 4 : Démarche méthodologique.....	47
4.1) Dynamique de la végétation du CRZ de Dahra	47
4.2) Effet de la sécheresse à court terme sur les parcours	49
4.3) Evolution de la teneur en carbone et azote du sol de la station du CRZ de Dahra	51
4.4) Analyses statistiques des données	52
Deuxième partie : Résultats et discussions	53

Chapitre 5 : Dynamique de la végétation pastorale du CRZ de Dahra.....	53
5.1) Variation des types morphobiologiques au niveau de Dahra et ses secteurs.....	53
5.2) Evolution de la phytomasse herbacée.....	55
5.4) Dynamique de la valeur pastorale brute.....	56
5.5) Variation de l'indice spécifique de qualité de la flore du CRZ de Dahra	57
5.6) Relation entre la pluviométrie, phytomasse herbacée et capacité de charge.....	58
5.7) Etude comparative de la végétation du CRZ de Dahra de 1964 et 2011	59
5.8) Discussion.....	65
Chapitre 6 : Effets à court terme de la sécheresse sur le couvert herbacé d'un parcours sahélien.....	70
6.1) Les paramètres pluviométriques du dispositif expérimental :	70
6.2) Teneur en eau du sol.....	71
6.3) Rayonnement photosynthétique du dispositif.....	72
6.4) La température de l'air.....	73
6.5) Phytomasse suivant les traitements :	73
6.6) La richesse spécifique suivant les traitements :.....	75
6.7) Recouvrement herbacé suivant les traitements.....	76
6.8) Valeur nutritive des différents types biologiques du couvert herbacé de la station.....	76
6.9) Discussion.....	80
6.10) Conclusion.....	82
Chapitre 7 : Dynamique de la teneur en carbone et azote du sol et du rapport C/N dans les sites et substrats du CRZ de Dahra.....	84
7.1) Evolution spatio-temporelle du carbone du sol dans les différents points pédologiques des systèmes d'exploitation du CRZ de Dahra.....	84
7.2) Evolution spatio-temporelle de la teneur en azote du sol dans les différents points pédologiques des systèmes d'exploitation du CRZ de Dahra.....	86
7.3) Dynamique de la teneur en carbone et en azote du sol du CRZ de Dahra et ses différents types de substrats.....	87
7.4) Variation de certains paramètres pédologiques des systèmes d'exploitation du CRZ Dahra	94
7.5) Variation de la densité apparente et du stock de carbone des différents types de sol et systèmes d'occupation du sol du CRZ de Dahra.....	99
7.6) Discussion :	99
7.7) Conclusion.....	102
Troisième Partie : Discussion générale : synthèse, conclusion générale et perspectives.....	104
Chapitre 8 : synthèse et conclusion générale.....	104
Perspectives et recommandations	109
Références bibliographiques	111
Annexes.....	129

Liste des sigles et acronymes

ACP : Analyse en Composante Principale
AGC : Asiyila Gum Company
ANOVA : Analyse de la variance
ARSM : Association pour la Réinsertion Sociale des Militaires
BM : Biomasse Maximale
BVP : Bonne Valeur Pastorale
C: Carbone
CC : Capacité de Charge
CEDEAO : Communauté Economique Des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CEFFEVA : Comité d'Etudes sur les Femmes, la Famille et l'Environnement en Afrique
CIMEL : Centre d'Impulsion et de Modernisation de l'Elevage
CNAG : Centre National d'Amélioration Génétique
CRA : Centre de Recherches Agronomiques
CRZ : Centre de Recherches Zootechniques
CSAO : Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest
CSE : Centre de Suivi Ecologique
CSi : Contribution Spécifique
CU : Coefficient d'Utilisation
DEFCCS : Direction des Eaux, Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FIT : Front Intertropical
FR : Fréquence Relative
FVP : Faible Valeur Pastorale
MVP : Moyenne Valeur Pastorale
GES : Gaz à Effet de Serre
GIEC (IPCC) : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat
GPS : Global Positioning System
GRIZA : Groupe de Recherches Interdisciplinaires en Zone Aride
ISi : Indice de qualité Spécifique
ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
LNERV : Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires
MS : Matière Sèche
N : Azote
OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel
PGIES : Programme de Gestion Intégrée des Ecosystèmes Sahéliens

ROSELT : Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme

TSM : Températures de la Surface Marine

UBT : Unité de Bétail Tropical

UFL : Unité Fourragère Lait

UFV : Unité Fourragère Viande

VPB : Valeur Pastorale Brute

ZCIT : Zone de Convergence Intertropicale

ZSP : Zone Sylvopastorale

Liste des figures

Figure 1 : Carte et coupe hydrogéologiques du bassin versant du Ferlo (Source : Atlas du Sénégal, 1980 in Sarr, 2009).....	20
Figure 2 : Répartition des forages mécanisés dans le bassin versant du Ferlo (Sarr, 2009).....	21
Figure 3 : Répartition des principales mares (aménagées et non aménagées) dans le bassin versant du Ferlo in Sarr (2009).....	22
Figure 4 : Les principaux types de sols du bassin versant du Ferlo in Sarr (2009)	23
Figure 5 : Les principales formations végétales du bassin versant du Ferlo in Diop (2007).....	25
Figure 6 : Taille de population dans la zone sylvopastorale (d'après DPS, 1993 in Diop, 2007)	26
Figure 7: la ZCIT marquée par la bande nuageuse située entre l'équateur et la zone tropicale nord de l'Afrique à la date du 07 juillet 2010 (image ACMAD) ; Déplacement saisonnier de la ZCIT : b) position moyenne en hiver (vents de l'Harmattan) c) en été : vents de mousson (www.artsci.wustl.edu, 2005) in Touré (2011).....	27
Figure 8: Position du front intertropical (F.I.T.) selon les périodes de l'année au Sénégal (d'après Poupon 1980 in Diop, 2007)	28
Figure 9 : Evolution de l'indice standardisé des précipitations au Ferlo (Sarr, 2008)	29
Figure 10 : fluctuations des isohyètes 400 mm des décennies 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 et la période 2001-2005 in Sarr (2009).....	30
Figure 11 : évolution comparée entre l'évaporation moyenne annuelle et les températures in Sarr (2009) .30	
Figure 12 : évolution comparée entre cumuls annuels des précipitations et humidité relative moyenne annuelle in Sarr (2008)	30
Figure 13 : localisation et plan du CRZ de Dahra (Sow <i>et al.</i> , 1988 modifié)	31
Figure 14 : Variation interannuelle de la pluviométrie et moyenne mobile de 1964 à 2013	33
Figure 15 : Cumul pluviométrique mensuel de 1964 à 2013	33
Figure 16 : Moyenne mensuelle de la Température de 1964 à 2013	35
Figure 17 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative de 1964 à 2013.....	35
Figure 19 : Moyenne mensuelle de l'insolation de 1964 à 2013.....	35
Figure 18 : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent de 1964 à 2013.....	35
Figure 20 : Les différentes unités pédologiques de la station de Dahra (Audry, 1962 modifié).....	36
Figure 21 : Pâturage du CRZ de Dahra (octobre 2011, fin saison pluvieuse)	37
Figure 22 : Carte de la végétation de la station de Dahra (Raynal, 1964 modifié)	38
Figure 23 : Carte des différents types d'occupation du sol du CRZ de Dahra.....	39

Figure 24 : Bovins en vaine pâture (octobre 2011, fin saison pluvieuse)	40
Figure 25 : Parcelle de gommier à l'intérieur du CRZ de Dahra (octobre 2011, fin saison pluvieuse)	40
Figure 26 : le zébu Gobra du Ferlo (avril 2013, saison sèche)	42
Figure 27 : Evolution de l'effectif bovin du CRZ de Dahra	43
Figure 28 : Evolution de certains paramètres démographiques du cheptel bovin du CRZ de Dahra.....	44
Figure 29 : Evolution du cheptel privé pâture dans le centre entre 2012 et 2013.....	44
Figure 30 : Parcelle d'expérimentation du dispositif d'exclusion de pluie et dispositif de mesure de la teneur en eau du sol	50
Figure 31 : tri des différentes espèces herbacées du dispositif expérimental.....	50
Figure 32 : Localisation des relevés pédologiques dans les différents types de sols du CRZ de Dahra.....	51
Figure 33 : Localisation des points de relevés pédologiques dans les différents systèmes d'exploitation de la station de Dahra	52
Figure 34 : Variation interannuelle des types morphobiologiques au niveau de Dahra.....	53
Figure 35 : Variation interannuelle des types morphobiologiques au niveau de Dahra Nord.....	54
Figure 36 : Variation interannuelle des types morphobiologiques au niveau de Dahra Sud.....	54
Figure 37 : Evolution de la phytomasse herbacée de Dahra	55
Figure 38 : Evolution de la phytomasse herbacée dans les secteurs Nord et Sud de Dahra.....	55
Figure 39 : Variation de la valeur pastorale brute au niveau de Dahra	56
Figure 40 : Evolution de la valeur pastorale brute au niveau des secteurs Nord et Sud de Dahra	57
Figure 41 : Evolution des indices spécifiques de la flore du Dahra	58
Figure 42 : Relation phytomasse herbacée et pluviométrie au niveau de Dahra et secteurs	59
Figure 43 : Répartition des espèces ligneuses par familles botaniques en 1964 et 2011 au niveau du CRZ de Dahra.....	61
Figure 44 : Variation des histogrammes de fréquences entre 1964 et 2011.....	62
Figure 45 : Variation interannuelle de la phytomasse herbacée entre les périodes 1964 et 2011 au niveau de CRZ de Dahra.....	65
Figure 46 : Teneur en eau du sol suivant les directions Est/Ouest et Nord/Sud dans les horizons 0-15 et 15-30 cm	71
Figure 47: Variation du rayonnement photosynthétique ambiant et sous abri suivant les traitements entre 2011 et 2013	72
Figure 48 : Variation du pourcentage de rayonnement sous abri et rayonnement retenu en fonction des traitements en 2011 et 2013.....	72

Figure 49 : Variation de la température de l'air suivant les traitements en 2011 et 2013.....	73
Figure 50 : Recouvrement moyen de la strate herbacée suivant les traitements pour les années 2012 et 2013	76
Figure 51 : Variation de l'UFV/Kg MS et l'UFN/Kg MS des graminées suivant les traitements.....	77
Figure 52 : Variation de certains paramètres bromatologiques des graminées suivant les traitements	77
Figure 54 : Variation de certains paramètres bromatologiques des légumineuses suivant les traitements ...	77
Figure 53 : Variation de l'UFV/Kg MS et l'UFN/Kg MS des légumineuses suivant les traitements.....	77
Figure 55 : Variation de l'UFV/Kg MS et l'UFN/Kg MS des autres herbacés suivant les traitements	78
Figure 56 : Variation de certains paramètres bromatologiques des autres herbacés suivant les traitements	78
Figure 57 : Variation de l'UFV/Kg MS et l'UFN/Kg MS des formes biologiques dans le témoin.....	78
Figure 58 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le témoin.....	78
Figure 59 : Variation de l'UFV/Kg MS et l'UFN/Kg MS des formes biologiques dans le traitement 25%	79
Figure 60 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le traitement 25%.....	79
Figure 61 : Variation de l'UFV/Kg MS et l'UFN/Kg MS des formes biologiques dans le traitement 50%	79
Figure 62 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le traitement 50%.....	79
Figure 64 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le traitement 75%.....	80
Figure 63 : Variation de l'UFV/Kg MS et l'UFN/Kg MS des formes biologiques dans le traitement 75%	80
Figure 65 : Variation de la teneur en C au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm pour les années 1962 et 2011	84
Figure 66 : Distribution spatiale de la teneur en carbone au niveau de l'horizon 0-20 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra.....	85
Figure 67 : Distribution spatiale de la teneur en carbone au niveau de l'horizon 20-40 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra.....	85
Figure 68 : Variation de la teneur en N au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm pour les années 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra	86
Figure 69 : Distribution spatiale de la teneur en azote au niveau de l'horizon 0-20 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra	86
Figure 70 : Distribution spatiale de la teneur en azote au niveau de l'horizon 20-40 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra.....	87

Figure 71 : Variation interannuelle de la teneur en carbone entre 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm.....	88
Figure 72 : Variation interannuelle de la teneur en azote entre 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm.....	88
Figure 73 : Variation temporelle de la teneur en carbone du sol dans l'horizon 0-20 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra.....	89
Figure 74 : Variation temporelle de la teneur en carbone du sol dans l'horizon 20-40 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra.....	90
Figure 75 : Variation temporelle de la teneur en azote du sol dans l'horizon 0-20 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra.....	90
Figure 76 : Variation temporelle de la teneur en azote du sol dans l'horizon 20-40 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra.....	91
Figure 77 : Régression linéaire du C et N pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 0-20 cm.....	91
Figure 78 : Régression linéaire du C et N pour l'année 2011 au niveau de l'horizon 0-20 cm.....	92
Figure 79 : Régression linéaire du C et N pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm.....	92
Figure 80 : Régression linéaire du C et N pour l'année 2011 au niveau de l'horizon 20-40 cm.....	92
Figure 81 : ACP de la teneur en C et N pour les années 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm.....	94
Figure 82 : Variation de la teneur en carbone des systèmes d'exploitation au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm entre 1962 et 2011 du CRZ de Dahra.....	95
Figure 83 : Variation de la teneur en azote des systèmes d'exploitation au niveau des horizons 0-20 cm et 20-40 cm entre 1962 et 2011 du CRZ de Dahra.....	95
Figure 84 : Rapport C/N des systèmes d'exploitation au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm entre 1962 et 2011 du CRZ de Dahra.....	96
Figure 85 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 0-20 cm en 1962.....	97
Figure 86 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 20-40 cm en 1962.....	97
Figure 87 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 0-20 cm en 2011.....	98
Figure 88 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 20-40 cm en 2011.....	98

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification de la pluviométrie annuelle du CRZ de Dahra suivant l'indice standardisé de précipitation (source données pluviométriques station du CRZ de Dahra)	34
Tableau 2 : synthèse des résultats de la campagne de récolte de la gomme arabique de 2012/2013 et 2013/2014 (source : Asiyla gum company)	41
Tableau 3 : campagne agricole 2012-2013 du CRA de St-louis dans la station du CRZ de Dahra (source gestionnaire de station du CRZ de Dahra).....	41
Tableau 4 : Correspondance entre les classes de fréquence de Raunkiaer (1905) cité par Mangara <i>et al.</i> (2008) et les fréquences relatives.....	48
Tableau 5 : Les différentes classes de phytomasse herbacée au niveau de Dahra	56
Tableau 6 : Les classes de VPB au niveau de Dahra.....	57
Tableau 7 : Variation de la phytomasse herbacée, capacité de charge et nombre de jour de pâture suivant le gradient pluviométrique.....	58
Tableau 8 : variation de la richesse floristique (herbacée et ligneuse) du CRZ de Dahra pour les années 1964 et 2011	59
Tableau 9 : Variation de la fréquence des espèces par famille en 1964 et 2011 au niveau du CRZ de Dahra	60
Tableau 10 : Fréquence et Contribution spécifique (CSi) de la flore herbacée du CRZ de Dahra de 1964 et 2011	62
Tableau 11 : Fréquence et Contribution spécifique (CSi) de la flore ligneuse du CRZ de Dahra de 1964 et 2011	64
Tableau 12 : Paramètres de diversité de la station du CRZ de Dahra entre 1964 et 2011	65
Tableau 13 : Cumul et moyenne pluviométrique de la station expérimentale.....	70
Tableau 14 : Pourcentage réel détourné et volume d'eau intercepté au niveau du dispositif expérimental en 2012 et 2013	70
Tableau 15 : Variation de la phytomasse herbacée suivant les traitements.....	73
Tableau 16 : Variation intra et interannuelle de la contribution des formes de vie à la phytomasse herbacée	75
Tableau 17 : Variation de la richesse spécifique suivant les traitements entre 2012 et 2013.....	75
Tableau 18 : Coordonnées, valeur propre et pourcentage de variance des premiers axes de l'ACP appliquée aux points pédologiques/teneur en carbone et en azote.	94
Tableau 19 : Densité apparente et stock de carbone des différents types de sols du CRZ de Dahra	99
Tableau 20 : Densité apparente et stock de carbone des horizons 0-20 et 20-40 cm des systèmes d'occupation	99

Abstract

Author: Ousmane NDIAYE

Year: 2015

Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)

Title: Determinants of vegetation dynamic in a grazed area in the Senegalese Sahelian zone

The study of the determinants vegetation dynamics at the Centre de Recherches Zootechniques (CRZ Dahra) revealed a fluctuating contribution of the different morph biological types (or functional groups) to the herbaceous cover with a predominance of grasses species (20.7% in 1987 to 68% in 1981) and legumes (35.5% in 1975 ; to 75.5 in 1987), of the specific indicators of quality of plant species, of the gross pastoral value (BPV) (57.8% in 1979 to 76% in 1981) of the herbaceous phytomass (450 kg DM / ha in 1975 to 1880 kg DM / ha in 1988 on average) and the load capacity (0.08 in 1979 to 0.33 UBT / ha / dp in 1988) over the years.

The study of the short-term effect of drought on the herbaceous layer has shown a variation of the dry matter plant biomass which experienced a significant decline from the treatments corresponding to 75% water deficit and more for years 2012 and 2013. The floristic richness has not significantly changed according to the different drought treatments for both years.

Regarding the evolution of the chemical composition of the soil, the statistical analysis revealed no significant difference in soil carbon content between years 1962 and 2011 at the 0-20 and 20-40 cm horizons. However, the nitrogen content of the soil was significantly higher in 2011 at the 20-40 cm horizon. No difference in carbon and nitrogen contents was observed for the different soil types for both horizons between the two years (1962 and 2011), except for the CFC unity at the 20-40 cm horizon for nitrogen content.

Statistical analysis did not detect any significant difference in carbon, nitrogen and C / N ratio of the soil at the 0-20 cm horizon between years 1962 and 2011 according to the different types of land uses. The cropping areas showed the lowest C / N ratio for year 2011. At the 20-40 cm horizon, the only difference between cropland and pastureland was found in the carbon content. However, in all types of land use, the carbon and nitrogen contents of the soil measured in 2001 were higher than those obtained in 1962.

Keywords: drought, vegetation cover, herbaceous phytomass, herbaceous cover, carbon, nitrogen, C / N, substrate, carbon stock, type of land use.

Introduction Générale

Contexte et problématique de recherche

Les études relatives aux changements climatiques présentent un intérêt capital pour la communauté scientifique et occupent une place importante dans les thématiques de recherches actuelles. Ces changements se rapportent à la modification (ou variation) significative du climat à long terme due essentiellement aux activités humaines. L'indicateur couramment retenu pour le caractériser est l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre (GES) liés aux activités humaines.

En effet, l'utilisation des combustibles fossiles, la production industrielle et les changements dans l'utilisation des terres sont à l'origine de l'augmentation d'environ 30 % des concentrations de dioxyde de carbone (CO₂) depuis le 18^e siècle, du doublement de la concentration du méthane (CH₄) depuis l'ère préindustrielle ainsi que de la croissance des concentrations en oxyde nitrique (NO), en dioxyde de soufre (SO₂) et en ozone (O₃) (OSS, 2007).

Ces émissions sont la principale cause de l'augmentation de la température moyenne globale de 0,3 °C à 0,6 °C depuis ces 100 dernières années (GIEC, 2001). Le dernier rapport du GIEC (2007) évoque même un réchauffement moyen des 100 dernières années qui est passé de 0,6 °C en 2001 à 0,74 °C.

En ce qui concerne le continent africain, les prévisions indiquent un réchauffement climatique plus important (1,5 fois plus) qu'au niveau mondial. Cette hausse est estimée à +4°C pour la partie occidentale du Sahara. En revanche, des incertitudes demeurent sur les résultats des projections concernant les précipitations (IPCC, 2007). Une diminution de ces dernières de -15 à -20%, affecterait la rive Nord du Sahara et la côte Ouest-africaine jusqu'à la latitude de 15° Nord (celle de Dakar), au cours de ce siècle (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008).

Ces changements climatiques ont des conséquences néfastes aussi bien sur le plan économique, social qu'environnemental au niveau des pays en voie de développement.

Le Ferlo, comme la plupart des zones semi-arides de l'Afrique occidentale, est affecté par les séries de sécheresses des années 70 et 80 et par la forte variabilité spatio-temporelle des précipitations et de leur distribution. Ces perturbations ont, à elles seules, ou combinées à d'autres facteurs (anthropiques, etc.), engendré d'importantes fluctuations de la composition botanique et de la production végétale (Bremner et De Ridder, 1991) et conditionnent ainsi la dynamique des parcours sahéliens (Behnke et Scoones, 1993 ; Ellis *et al.*, 1993).

Ces derniers, qui sont des écosystèmes naturels où coexistent une végétation herbacée continue et une strate ligneuse plus ou moins discontinue (Akpo *et al.*, 2000), jouent un rôle économique important sur le plan agro-sylvo-pastoral. Ils offrent des biens et services aux populations locales à travers la cueillette, l'élevage, la pharmacopée et la disponibilité de matériaux de construction, assurant ainsi leur subsistance (Scoones, 1999). Ces pâturages naturels contribuent également au maintien de la biodiversité (Briemle et Elsässer, 1997 ; Zdanowicz *et al.*, 2005) et de la fertilité des sols (Cossée, 1999), à la protection des terres contre l'érosion (Briemle et Elsässer, 1997), à la

régulation du climat à travers la séquestration du carbone dans les sols (Soussana *et al.* 2007, 2010).

Ils constituent, à travers sa composante herbacée, la base de l'alimentation des ruminants domestiques (Grouzis, 1988 ; Grouzis *et al.*, 1991 ; Akpo *et al.*, 2003, Diop, 2007 ; Akpo, 1990, 1992 ; Ickowicz, 1995). En mi-saison sèche, la composante ligneuse prend le relais pour assurer la fourniture en azote et en protéine aux animaux (Baumer, 1992 ; Guinko *et al.*, 1989 ; Guinko, S., 1991 ; Ickowicz *et al.*, 2005 ; Von Maydell, 1983) favorisant ainsi leur maintien et leur entretien pendant cette période.

Ces écosystèmes naturels, sous l'effet combiné de la sécheresse, de la forte variabilité de la pluviosité et de la pression d'exploitation, connaissent une dégradation accrue qui se manifeste par une modification de sa structure (distribution horizontale, verticale, composition floristique, richesse et diversité spécifique de la végétation), de son fonctionnement (phytomasse) et des systèmes de production, accentuant ainsi la vulnérabilité des populations locales.

Ces parcours naturels, qui supportent également des effectifs animaux importants, jouent un rôle fondamental sur les processus d'émissions de gaz à effet de serre (GES) via la diffusion/propagation de CH₄ issue des fermentations gastro-entériques. Selon la FAO (2006), la contribution mondiale de l'élevage aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) est actuellement évaluée à 18% et celles de NO₂ dues à l'activité des micro-organismes (dénitrification, nitrification, ammonification, ou la plus rare nitrification dénitrifiante et parfois à la dénitrification chimique).

Les substrats à l'origine de cette production sont les résidus organiques des plantes et des animaux, l'ammonium (NH₄⁺) et le nitrate (NO₃⁻), qui peuvent être apportés sous forme d'engrais. Ils constituent aussi des puits qui permettent la séquestration de N₂ grâce à la présence des légumineuses fixatrices de l'azote, et de carbone (Lal, 2004) même si on note par ailleurs des exportations (pertes) de carbone dues aux feux de brousse, à la fauche et au transfert de litière (Cantarel, 2011). Toutefois, ce stockage de carbone présente une très grande variabilité, liée non seulement au type de végétation et aux conditions pédologiques, mais aussi, entre autres, aux modes d'exploitation et aux aléas climatiques (Klumpp *et al.*, 2011).

Se pose dès lors la question de savoir si la pratique du système d'élevage extensif pastoral sur ces parcours sahéliens contribue plus ou moins à l'augmentation ou à la séquestration des émissions de GES que les autres formes alternatives d'exploitation du milieu que sont, entre autres, la cueillette, la production de charbon de bois, etc. ?

C'est dans ce contexte d'incertitude de la contribution des systèmes d'élevage dans les processus d'émissions de GES que le projet « Animal change » est né. Il est financé par la Commission Européenne, et a pour mission, de fournir une vision prospective et intégrative du secteur de l'élevage, en tenant compte du changement climatique.

Ce projet, qui cherche à terme à proposer des systèmes de développement durable de l'élevage en Europe, en Afrique du Nord et sub-saharienne et en Amérique latine, a pour objectifs de réduire les incertitudes sur les émissions, d'évaluer la vulnérabilité des systèmes d'élevage au changement

climatique, de développer de nouvelles technologies d'atténuation et d'adaptation, d'évaluer les coûts liés à différents scénarios de développement et d'apporter de l'aide aux politiques.

C'est dans ce cadre que nos travaux de thèse, qui entrent dans les thématiques de ce projet et s'intéressant aux déterminants de la dynamique de la végétation d'un milieu pâturé en région sahélienne du Sénégal, ont été financés par ce projet.

Pour mieux appréhender les déterminants de la dynamique de ces parcours sahéliens, nous nous sommes intéressés aux processus écosystémiques suivants à savoir la réponse de la végétation herbacée à un déficit hydrique à court terme (3 ans), la dynamique de la végétation à long terme et la capacité des sols à séquestrer du carbone et de l'azote.

Cette étude se pose les questions de recherches suivantes :

- Comment évolue la végétation du CRZ de Dahra ?
- Quel est l'impact de la sécheresse à court terme sur le couvert herbacé de cet écosystème pastoral ?
- Comment évolue la teneur en carbone et en azote du sol au niveau du CRZ de Dahra ?
- Quels sont les facteurs déterminants le stock de carbone du sol au niveau du Centre de Dahra ?

L'hypothèse formulée est la suivante :

La variabilité climatique marquée par la prédominance des périodes de sécheresses, associée aux pressions anthropiques engendrent la baisse de la diversité floristique, de la phytomasse et de la teneur en carbone et azote du sol de ce milieu.

Pour vérifier cette hypothèse des objectifs sont fixés, il s'agit :

- D'étudier la dynamique de la végétation du CRZ de Dahra avec pour activités :
 - L'analyse de la variation interannuelle de certains facteurs explicatifs de cette dynamique tels que la composition floristique (contribution des types morphobiologiques), la phytomasse herbacée, la capacité de charge, la valeur pastorale et l'indice de qualité spécifique (ISi) des espèces végétales.
 - L'étude comparative de la diversité floristique (herbacées et ligneux) et de la phytomasse herbacée de l'année 1964 et 2011;
- D'évaluer l'effet de la sécheresse à court terme sur la composante herbacée des parcours à travers un dispositif d'exclusion de pluie, avec comme activités :
 - La caractérisation de la structure (composition floristique, richesse spécifique et recouvrement) de la strate herbacée ;
 - L'évaluation de la phytomasse herbacée et de la valeur bromatologique.
- D'évaluer l'évolution des teneurs en carbone et en azote du sol de la station du CRZ de Dahra pour les années 1962 et 2011.

Cet objectif présente les activités suivantes :

- La détermination de l'évolution des teneurs en C et N du sol suivant les sites ;
- La détermination des variations du contenu en C et N du sol suivant les substrats ;

- L'évaluation des changements des teneurs en C et N du sol suivant les types d'occupation du sol.

Ce document est organisé en trois (3) parties subdivisées en huit (8) chapitres. La première partie présente quatre (4) chapitres, la seconde en renferme trois (3) et la troisième partie est constituée d'un (1) seul chapitre.

Première partie : Synthèse bibliographique sur le thème de recherche et le cadre physique

Chapitre 1 : Synthèse sur l'impact des changements climatiques sur la structure et le fonctionnement des parcours

Cette section constitue une synthèse des résultats de certains travaux s'intéressant à l'impact des différentes composantes du changement climatique (sécheresse, réchauffement et élévation du CO₂ atmosphérique) sur la structure et le fonctionnement des parcours.

Le changement climatique touche directement les espèces végétales et microbiennes et les processus de fonctionnement de l'écosystème (la photosynthèse, la production...) en modifiant leur environnement physique. Il affecte indirectement ces mêmes processus en jouant sur les interactions interspécifiques comme la prédation et la compétition ou encore en modifiant les valeurs des traits fonctionnels. Ces effets indirects peuvent amplifier ou neutraliser les effets directs du changement climatique (Cantarel, 2011).

1.1) Impact de la sécheresse sur les parcours

1.1.1) Impact de la sécheresse sur la structure de la végétation

Tilman et Downing (1994) ont montré pour les prairies, qu'une forte richesse spécifique permettait aux communautés végétales de mieux résister aux événements de sécheresse. Cette relation entre la richesse spécifique et la résistance de l'écosystème à la sécheresse (Grime *et al.* 2008) ne semble cependant pas être constante dans la littérature (Wang *et al.*, 2007). Ces derniers suggèrent que la réduction de biomasse induite par une sécheresse serait sensible à l'état initial de la biomasse de la communauté végétale sans se soucier de la relation diversité-stabilité.

L'impact de la sécheresse sur la diversité peut aussi être lié à son intensité. Ainsi une réduction de 50 % des précipitations sur une prairie semi-aride provoque une perte d'espèces pour la famille des graminées annuelles, alors qu'une réduction de 25% n'affecte pas cette diversité (Miranda *et al.*, 2009). Ceci illustre l'existence d'un effet de seuil qui traduit une limite à l'adaptation des espèces.

1.1.2) Effet de la sécheresse sur la photosynthèse et la production végétale

Les conséquences du déficit hydrique en rapport avec l'altération des cycles biogéochimiques sur la végétation sont nombreuses et concernent en premier lieu leur physiologie, puis leur phénologie et de façon ultime leur distribution (Norby, 1998). En effet, la sécheresse affecte l'allocation des assimilats entre compartiments aériens et souterrains, la croissance aérienne, la régulation stomatique et la morphogénèse. La sécheresse ou la variation des précipitations, tant dans leur intensité que dans leur fréquence, affectent non seulement la photosynthèse et la production végétale (Sala *et al.*, 1988 ; Huxman *et al.*, 2004), mais aussi la distribution spatiale des espèces (Yin *et al.*, 2005), les taux de germination et de survie des plantules (Lloret *et al.*, 2004) ainsi que le fonctionnement des communautés microbiennes.

La diminution de la photosynthèse a des conséquences sur le métabolisme du carbone, l'activité de certaines enzymes impliquées dans la circulation des assimilats étant régulée en réponse à un déficit hydrique (Zinselmeier *et al.*, 1999).

La sécheresse et les changements des patrons régionaux de précipitations peuvent avoir des effets immédiats sur la dynamique des écosystèmes et causer des variations dans la production de biomasse aérienne pendant et après la perturbation ou à plus long terme selon leur capacité de résilience (Blair 1997; Knapp et Smith 2001). Les sécheresses sévères ont souvent des effets négatifs sur la production végétale à court terme (Tilman et Downing 1994; Briggs *et al.*, 1995) mais aussi à long terme (Lauenroth et Sala 1992).

1.1.3) Influences de la sécheresse sur la valeur nutritive de la végétation

La composition botanique des parcours sahéliens est fortement tributaire de la situation pluviométrique et du régime hydrique du sol (Hiernaux et Le Houérou, 2006). Elle est dominée par les herbacées annuelles dont la composition est variable d'une année à l'autre en réponse à la distribution des pluies en début d'hivernage et à son impact sur le régime d'humidité du sol, sur le stock semencier (Ndiaye, 1981) et la dynamique des germinations (Hiernaux et Le Houérou, 2006). Le déficit hydrique favorise les espèces annuelles au détriment des pérennes ce qui fait que sur le plan physiologique, la végétation sahélienne est dominée par le mode de photosynthèse en C4 (caractérisé par une autre voie d'assimilation du carbone qui se superpose au cycle de Calvin ; le CO₂ forme un acide à 4 carbones avec l'implication de deux types de cellules la mésophylle et la gaine périvasculaire dans cette voie).

L'augmentation de la contribution des graminées et de certaines herbes C4 subtropicales réduiraient probablement la valeur nutritive des pâturages dans son ensemble. En effet, ces espèces présentent une plus grande teneur en fibres non digestibles, des teneurs en protéine brute et un contenu en hydrate de carbone soluble plus faibles que les espèces C3 (Barbehenn *et al.*, 2004). Cette réduction de la valeur nutritive des pâturages peut être atténuée, si la teneur en légumineuses des pâturages augmente de façon spectaculaire, comme cela a été rapporté pour divers pâturages sous CO₂ élevé (Allard *et al.*, 2003).

1.2) Influences du réchauffement sur la structure et le fonctionnement des parcours

1.2.1) Influences du réchauffement sur la structure de la végétation

Le réchauffement affecte peu la composition botanique (Price et Waser 2000 ; Grime *et al.*, 2008). Certains auteurs comme Zavaleta *et al.* (2003) considèrent que le réchauffement a une tendance (non significative) à augmenter la diversité spécifique des prairies, favorisant l'abondance des dicotylédones à condition que les graminées ne soient pas dominantes. Les plantes en C4, pour leur part, semblent être elles aussi favorisées sous réchauffement climatique davantage que celles en C3, ce qui peut s'expliquer par l'optimum thermique plus élevé chez les plantes en C4 pour la photosynthèse et la croissance aérienne (Sherry *et al.*, 2008).

1.2.2) Conséquences du réchauffement sur la photosynthèse et la production végétale

La température joue un rôle important sur la croissance de la plante. En effet, son action est prépondérante pendant la phase végétative tandis que durant la croissance reproductive, la longueur du jour devient le facteur principal. Chaque espèce présente une température optimale de croissance (Soussana et Lemaire, 2007). Les fortes températures ont tendance à limiter la croissance végétale en prairie (Cantarel, 2011) de même que la production de biomasse.

Toutefois, certaines études menées en prairie montrent une augmentation de la production végétale en réponse à une élévation de température (Rustad *et al.*, 2001 ; Dukes *et al.*, 2005 ; Grime *et al.*, 2008).

L'absence d'effets stimulants du réchauffement sur la production en période de croissance peut s'expliquer par des contraintes hydriques et nutritives, autrement dit par une diminution de l'humidité du sol et de la disponibilité des nutriments suite à l'évapotranspiration accrue (Rustad *et al.*, 2001). En général, les réponses de la production au réchauffement sont plus prononcées dans des écosystèmes froids (steppes) (Rustad *et al.*, 2001). Sous ces climats plus hostiles, l'augmentation de la production végétale induite par le réchauffement s'explique soit par une augmentation de la photosynthèse, soit par une prolongation des périodes de croissance au cours de la saison (Dunne *et al.*, 2003; Cleland *et al.*, 2006), ou par une mise à disposition des ressources nutritives accrues (Nord et Lynch 2009), résultant de l'augmentation de la décomposition et de la minéralisation des litières.

1.2.3) Effet du réchauffement sur la valeur nutritive

Le réchauffement associé aux événements extrêmes tels que la sécheresse peuvent réduire la valeur nutritive des plantes surtout celles qui présentent une photosynthèse de type C3. En effet, les températures élevées augmentent la teneur en fibres et réduisent celle en hydrate de carbone soluble et la digestibilité des plantes C3 (Roche *et al.*, 2009). Cependant, leurs effets sont moindres sur les espèces de type C4 (Wilson et Ford, 1973 in Lee *et al.*, 2013) .

1.3) Relation arbre-herbe

L'arbre exerce des actions positives sur le couvert herbacé particulièrement en zone semi-aride. Celui-ci agit tant sur la structure que sur le fonctionnement du tapis herbacé. La richesse spécifique, la phytomasse herbacée et le cycle de végétation sont plus élevés sous l'arbre. Akpo et Grouzis (2004) indiquent une amélioration de diversité spécifique et de la production de phytomasse sous l'arbre allant de 30 à 40%.

Ces effets bénéfiques de la composante ligneuse sur le couvert herbacé sont liés à l'atténuation de la demande évaporative de l'air et au relèvement du niveau de fertilité du sol (Akpo et Grouzis, 2004) suite à l'apport de litière par ces deux composantes de la végétation, l'apport d'éléments par les précipitations (Kellman, 1979 cité par Akpo et Grouzis, 2004), la redistribution d'éléments nutritifs en surface à partir des horizons profonds (Bosch et Van Wyk, 1970 ; Charley et Cowling, 1976 cités par Akpo et Grouzis, 2004).

Toutefois, la présence de l'animal pourrait être un facteur perturbateur en réduisant les effets positifs de l'arbre sur le couvert herbacé. La pâture et le piétinement du sol par les animaux accentuent l'hétérogénéité de la végétation herbacée sous et hors arbre.

1.4) L'effet de la pression animale sur l'évolution de la végétation

Dans les écosystèmes pastoraux, le bétail constitue une composante essentielle et joue un rôle important dans leur structure et leur fonctionnement. Il a aussi bien des effets néfastes que bénéfiques. L'action du bétail, à travers le broutage et le piétinement, provoque des modifications dans les endroits fréquentés par les animaux (Boudet, 1978 ; Boutrais, 1994 et 1996 ; Fournier, 1994 et 1996 ; Carrière, 1996; Peco *et al.*, 2006).

En fonction du niveau de charge animale, la richesse floristique, la composition floristique et l'organisation structurale des pâturages sont affectées ainsi les espèces appréciées peuvent disparaître au profit des espèces non consommées plus résistantes ou plus adaptées aux nouvelles conditions (César, 1992, Daget et Godron, 1995). Ces dernières sont indicatrices de végétation perturbée (Devineau et Fournier, 1998 ; Fournier et Devineau, 2009).

Les effets du bétail sur les milieux affectent également le support édaphique, notamment sa texture, sa structure et sa composition chimique (Sawadogo, 2011). En effet, le bétail exerce sur le sol des actions physiques (piétinements) et biologiques ou chimiques (apport de matière organique par les excréments ou exportation par les prélèvements sur la végétation) (Fournier *et al.*, 2001; Besse et Toutain, 2002).

Les effets du piétinement, sont plus accentués sur les sols humides riches en éléments fins comme les limons que sur sols sableux, et entraînent leur compactage (Audru *et al.*, 1987 cités par César, 1994 ; Daget et Godron, 1995) ce qui provoque une baisse de l'infiltrabilité (Boutrais, 1994) et les phénomènes d'érosion hydrique et/ou éolienne.

La pâture entraîne une homogénéisation de la strate ligneuse (baisse de diversité des espèces) et une densification (Boutrais, 1994).

Cependant, la pâture peut avoir des impacts positifs. En effet des études menées par certains auteurs (Andrieu *et al.*, 2007 ; Devoto et Medan, 2003 et Loeser *et al.*, 2006) indiquent qu'une pression de pâture raisonnable et bien répartie dans le temps contribuent à la bonification des sols et augmentent la biodiversité végétale et animale.

Chapitre 2 : Généralités sur le Ferlo

Le Ferlo a fait l'objet de nombreux travaux s'intéressant aux thèmes aussi divers que sont la pédologie, la cartographie des pâturages, la production et santé animale, la structure, le fonctionnement et la dynamique de la végétation, l'évolution du climat, la gestion et l'aménagement de la zone agroécologique (Ba, 1984, 1986 ; Barral, 1982 ; Barral *et al.*, 1983 ; Boudet, 1974, 1981 ; Akpo, 1992 ; Akpo *et al.*, 2000 ; Bille, 1974 ; Bille *et al.*, 1974 ; CSE, 1991, 1992, 1996a, 1996b, 1996c ; CSE, 1987 à 2005 ; Diop, 1984, 1992, 2001, 2007 ; Lake *et al.*, 2003 ; Miehe, 1990, 1994, 1997 ; Ndione, 2002 ; Ndione, *et al.*, 2002, 2014 ; Ndiaye, 2009 ; Touré, 1994 ; Valentin, 1981 ; Valenza *et al.*, 1972).

2.1) Le Ferlo : Limites et caractéristiques

Au Sénégal, on distingue six zones écogéographiques ou agroécologiques relativement homogènes, en fonction de leurs caractéristiques biophysiques et socio-économiques (Sarr, 2009). Parmi celles-ci, on trouve la zone sylvopastorale communément appelé Ferlo (Diop, 2009). Le Ferlo se situe au cœur du domaine sahélien sénégalais. Il s'étend approximativement des latitudes 16°15 à 14°30 Nord et des longitudes 12°50 à 16° Ouest. D'une superficie qui varie notablement de 56 269 km² (DEFCCS, 1999) soit environ 28 % du territoire national à 70 000 km² (CSE, ROSELT/OSS, 2002) ou 60 000 km² (Diop, 2009 ; Wane *et al.*, 2006), le Ferlo constitue l'une des zones écogéographiques du Sénégal les plus vastes. Il est «à cheval» entre les limites administratives des régions de Saint-Louis, de Louga et de Matam.

Ces écarts de superficie montrent qu'il n'y a pas d'accord formel et de références sur les limites précises du Ferlo entre les chercheurs et les pouvoirs publics. La zone Nord apparaît à vocation pastorale à grande mobilité ; le Centre (de transition) à vocation agropastorale ; l'Ouest (complexe lac de Guiers / Bas Ferlo et sa périphérie Est) à vocation agricole sous pluie, maraîchage et élevage des petits ruminants ; l'Est à vocation agro-sylvo-pastorale et enfin au Sud se pratique l'agropastoralisme où l'intégration agriculture-élevage semble plus réelle contrairement à l'Est où l'agriculture vient en appoint (ISRA, 1996).

2.2) Géologie et géomorphologie

Comme la majeure partie du Sénégal, tout le bassin versant du Ferlo appartient au grand bassin sédimentaire, des ères Secondaire et Tertiaire, souvent appelé le bassin sédimentaire sénégalomauritanien (figure 1). Ce grand bassin est composé en surface de sédiments de roches tertiaires et quaternaires reposant sur un matériel allant du Pré-Cambrien au Dévonien (au milieu du Paléozoïque).

A partir de l'Eocène supérieur, un environnement continental s'installe progressivement sur le bassin entraînant une forte altération des sédiments marins du Miocène. La séquence sédimentaire altérée qui en résulte est plus connue sous le nom de Continental terminal et recouvre la majeure partie du bassin. Cette formation du Continental terminal est remarquable dans le Ferlo où son épaisseur atteint parfois 130 m (CSE/ROSELT/OSS, 2002).

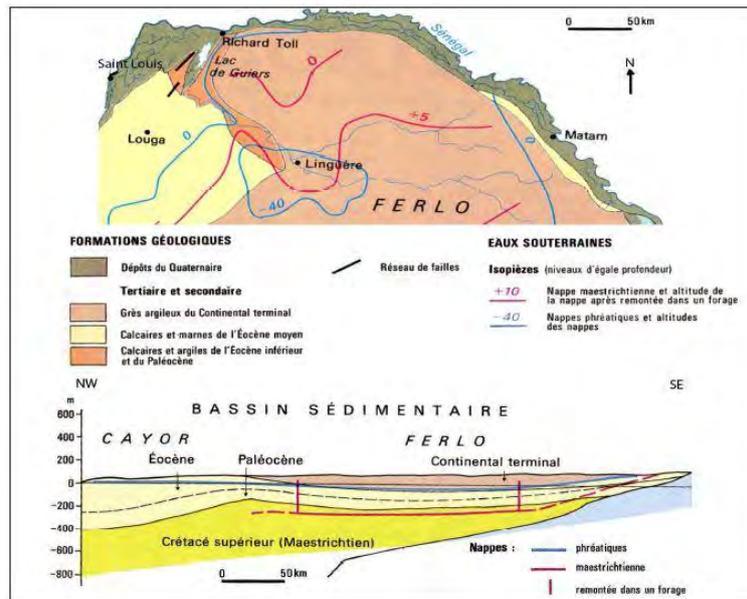


Figure 1 : Carte et coupe hydrogéologiques du bassin versant du Ferlo (Source : Atlas du Sénégal, 1980 in Sarr, 2009)

Le Continental terminal, affleure souvent sous forme de cuirasse ferrugineuse dont la formation remonterait à la fin du Tertiaire et au début du Quaternaire ou de formations quaternaires dans le bassin versant du Ferlo (Maignien, 1965 cité par Sarr, 2009). Ce dernier est caractérisé par un ensemble de plateaux sableux très monotones constitués essentiellement de grès et de grès argileux du Continental terminal.

La morphogénèse de ces formations sablo-gréseuses linéaires permet de distinguer les ergs principaux (Michel, 1973 cité par Sarr, 2009). L'erg ancien ou Anté-Inchirien, vers 40 000 ans BP au cours d'une période aride, a couvert le Ferlo dans sa partie septentrionale. Le modelé présente une succession d'ondulations à sommet aplani, plus ou moins arasées et émoussées.

Le système ogolien des dunes rouges orientées NE – SW s'est formé pendant l'aride ogolien (entre 20 000 et 14 000 avant notre ère) dans le Kayor et dans le Djolof. Vers 7500 ans BP, les dunes ogoliennes ont été localement remaniées en petites dunes barkhanoïdes d'orientation NNE-SSW (Akpo, 1992).

D'une manière générale, le Ferlo présente donc une succession de dunes, sous des formes et des niveaux d'évolution très variés. Leur allure générale s'aplanit progressivement du nord vers le sud (en rapport avec le degré d'évolution des sols) pour se terminer par une topographie quasi-plane laissant transparaître les affleurements rocheux de la cuirasse à Linguère (Ferlo ferrugineux) (CSE/ROSELT/OSS, 2002).

2.3) Les ressources en eau

Elles sont de deux types à savoir les eaux de surface et les eaux souterraines qui sont fortement liées à la variabilité pluviométrique.

2.3.1) Les eaux souterraines :

Elles proviennent de trois nappes différentes :

- La nappe phréatique du Continental terminal qui se trouve dans les calcaires de l'Eocène concerne la presque totalité du bassin versant du Ferlo. Sa profondeur est évaluée entre 30 et 100 m dans sa partie occidentale. Le niveau moyen de la nappe se situe vers 40 m sous la surface (Michel et Sall, 1980 cité par Sarr, 2009).
- La nappe maestrichtienne, découverte en 1938, reste localisée dans le Crétacé supérieur. Elle joue un rôle très important dans l'hydrogéologie du bassin versant du Ferlo même si ses eaux se trouvent entre 100 et 350 m de profondeur. Disponible seulement sur une partie du bassin couvrant une superficie totale d'environ 150 km² (ACC-GRIZA-LAT, 1983 cité par Sarr, 2009), cette nappe sert à l'alimentation hydrique, par les forages à exhaure mécanique (figure 2) de ce vaste ensemble sylvo-pastoral dont le problème principal a été, pendant longtemps, la disponibilité permanente de l'eau et en quantités suffisantes (Mbaye, 1991).

Notons également que les roches magasins sont surtout les grès et les sables du Maestrichtien. L'alimentation de la nappe s'effectue aussi par les crues du fleuve Sénégal et elle est en partie fossile.

- La nappe perchée phréatique localisée au contact des formations dunaires de faible importance (PGIES, 2003).

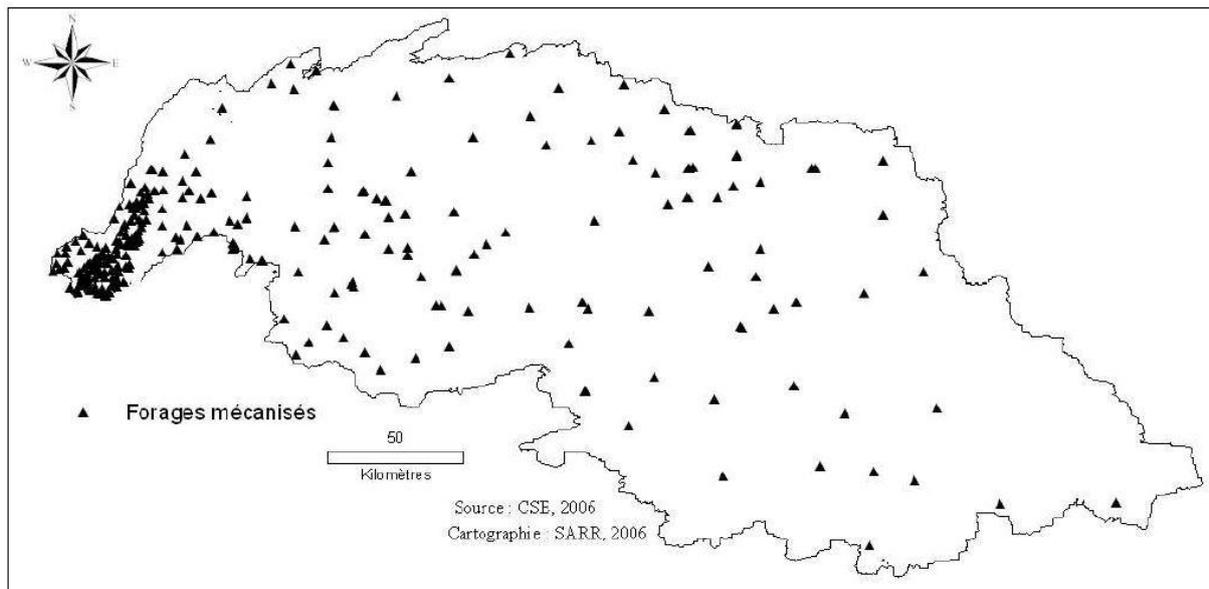


Figure 2 : Répartition des forages mécanisés dans le bassin versant du Ferlo (Sarr, 2009)

2.3.2) Les eaux de surface

Le réseau hydrographique du bassin versant du Ferlo est tributaire, d'une part de la configuration géologique et géomorphologique et, d'autre part du régime et de la répartition de la pluviométrie. Ce réseau englobe les eaux du fleuve Sénégal, les eaux méridionales du lac de Guiers, la partie amont du bassin versant du Ferlo et ses mares temporaires.

Ces dernières revêtent un intérêt capital pour les populations pastorales. En effet, elles assurent leur approvisionnement en eau pendant toute la saison des pluies (presque 4 mois), jouant ainsi un rôle déterminant dans la distribution des animaux dans l'espace. Ce qui fait qu'un nom est

attribué à chacune d'elles. Ces mares constituaient la principale source d'abreuvement du cheptel et des hommes avant l'implantation des forages (Akpo, 1990 ; Diop, 2007).

Il existe actuellement des mares aménagées dans le Ferlo qui sont en certains endroits des lieux de polarisation d'activités diverses telles que l'aquaculture, le maraîchage et l'agriculture. En fonction de la lame d'eau tombée, ces mares aménagées peuvent assurer l'approvisionnement du bétail et de la population jusqu'en milieu de saison sèche (Sarr, 2009). Ce dernier a recensé 363 mares au niveau du bassin versant du Ferlo dont les trois-quarts sont répartis entre le Ferlo Centre et le Ferlo Oriental (figure 3).

Malgré un maillage assez dense de la région en forages, la mare continue d'être stratégique dans le système pastoral du Ferlo (Sy, 2009). Toutefois ces points d'eau peuvent être sources de pollution, de maladies dues aux activités humaines menées dans ces alentours.

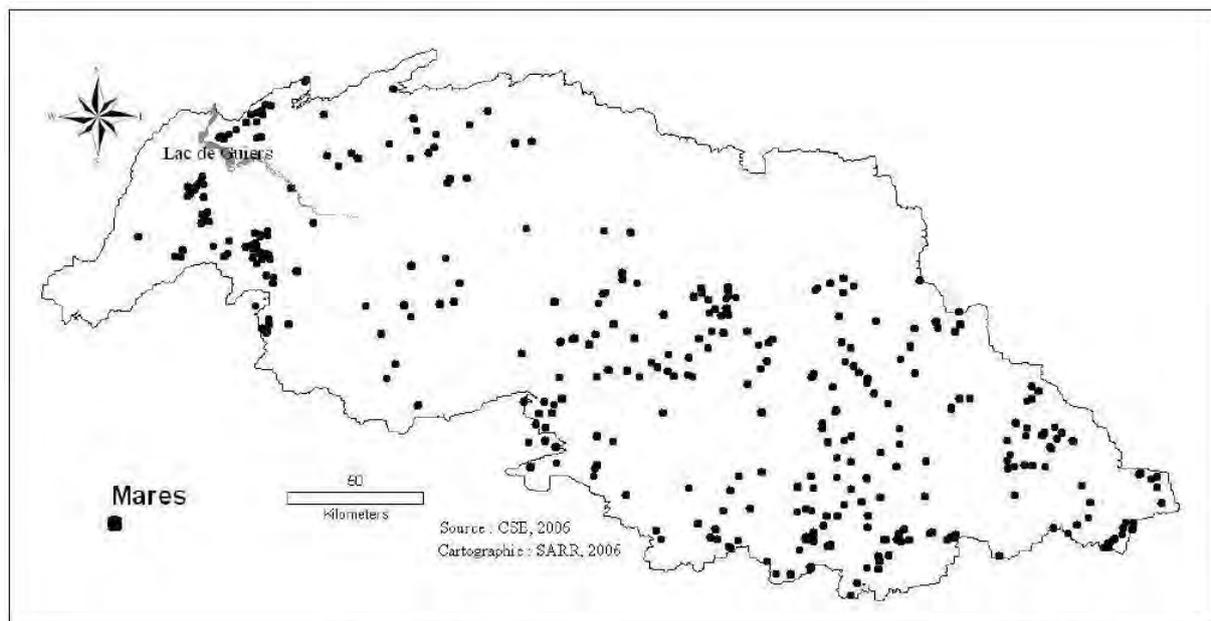


Figure 3 : Répartition des principales mares (aménagées et non aménagées) dans le bassin versant du Ferlo in Sarr (2009)

2.4) Les sols

Les sols du Ferlo ont été étudiés par des auteurs comme Audry (1962), Leprun (1971), Bille (1977), CSE, ROSELT/OSS (2002). Ils sont répartis en cinq types :

- Les sols isohumiques, rouge brun subarides ;
- Les sols ferrugineux tropicaux ;

Ces deux types de sols sont localisés dans les parties septentrionales et occidentales du Ferlo.

Le sud du Ferlo est lui aussi en partie recouvert de sols ferrugineux tropicaux :

- Les régosols occupent toute la partie centrale de la région ;
- Les lithosols, par contre, sont situés dans le Ferlo oriental ;
- Les sols hydromorphes comme leur nom l'indique recouvrent les anciennes terres des vallées fossiles du Ferlo (figure 4).

Les sols rouge-brun subarides du Ferlo septentrional et occidental se caractérisent par une pauvreté en matière organique et une faible fertilité chimique. Ils se composent essentiellement de sables (entre 80 et 85 %) et d'argiles en surface (35 %). Ces sols rouge-brun subarides couvrent les dunes fossiles du Quaternaire et sont appelés sols «*dior*».

Les sols ferrugineux tropicaux du Ferlo occidental et méridional ont une texture de type sableux à sablo-argileux. Ces sols, peu lessivés, de couleur rouge ou ocre sont également caractérisés par une pauvreté en éléments organiques. Ils proviennent des grès du Continental terminal. On les trouve dans un environnement végétal un peu plus favorable avec une teneur en azote, en phosphore et en matière organique nettement plus élevés (CSE/ROSELT/OSS, 2002).

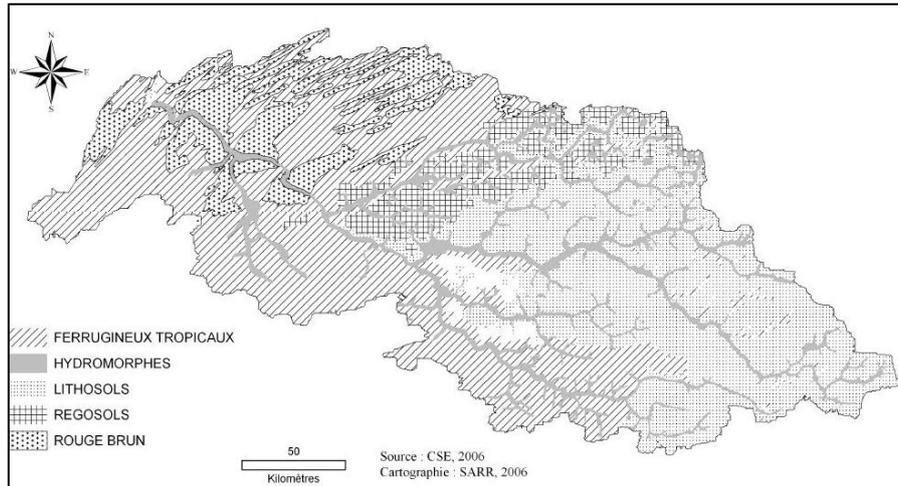


Figure 4 : Les principaux types de sols du bassin versant du Ferlo in Sarr (2009)

Les lithosols sur affleurement rocheux couvrent presque tout l'est du Ferlo. Ils sont très peu épais et limités en profondeur par la cuirasse continue dont les fragments peu altérés constituent l'essentiel du profil.

Les régosols du Ferlo, sont très peu profonds, peu évolués et ne présentent donc pas d'horizons diversifiés. Ils occupent en général le bas des pentes en association avec les lithosols.

Les lithosols et les régosols sont caractérisés par l'affleurement de la cuirasse et une dissémination des produits de démantèlement de cette cuirasse sur toute l'étendue des unités (CSE/ROSELT/OSS, 2002).

Les sols hydromorphes de la vallée alluviale du Ferlo et de ses anciens affluents, présentent des caractéristiques texturales variables allant du limon sableux au limon argileux en profondeur. Comparés aux autres types de sols, les sols hydromorphes ont évidemment une meilleure teneur en matière organique ce qui les rend fertiles. Ils sont visibles sur les pentes et le long des vallées du Ferlo et sont favorables aux cultures maraîchères qui sont pratiquées dans les bas-fonds (Sarr, 2009).

Les Peuls distinguent quatre types d'ensembles morphopédologiques (Sy, 2003 ; André, 2007 et Diop, 2007) :

- le *seeno* sur sols minéraux bruts plus ou moins évolués ;
- le *balejol* sur sols ferrugineux tropicaux lessivés ou non, situés dans des couloirs interdunaires ;
- le *caadngol* sur sols argilo-sableux à argileux des vallées fossiles ;

- le *sangre*, sur sols cuirassés du Centre-est et de l'Est.

Les différents types de sols de la zone d'étude sont très sensibles aux effets de l'érosion éolienne et hydrique à cause de leur texture sableuse, mais aussi de la maigre couverture végétale. Aujourd'hui, cette situation est aggravée par un surpâturage des parcours naturels au nord et à l'est et les mauvaises pratiques agricoles à l'ouest. Les facteurs d'une dégradation physique des sols cités précédemment, qui s'accompagnent de pertes progressives en éléments minéraux et en matière organique sont mis en évidence par différentes études pédologiques consacrées à la zone sylvo-pastorale.

Ainsi, à l'exception de la plaine alluviale, les sols sont relativement pauvres dans tout le bassin versant du Ferlo à cause également d'une pluviométrie variable dans le temps et dans l'espace ce qui limite considérablement la production végétale. Le déficit pluviométrique au cours des années 1970 et 1980 a contribué d'une façon significative à la détérioration des sols (Sarr, 2009).

2.5) La végétation : caractéristique et dynamique

D'après Diop (2007), les premières études de la végétation du Ferlo remonteraient aux années 1745, toutefois les premiers groupements végétaux ont été décrits par Trochain (1945) cité par Diop (2007). D'autres auteurs ont par la suite poursuivi les investigations en l'occurrence : Naegele (1968), Valenza et Diallo (1972), Bille (1977), Boudet (1977-2000), Cornet et Poupon (1978), Poupon (1980). Le couvert herbacé a fait l'objet de nombreuses études dans cette zone et se caractérise par la complexité de son évolution spatio-temporelle discutée par beaucoup d'auteurs (Valenza, 1975 ; Kluge, 1982 ; Boudet 1983; De Wispelaere et Noël 1983 ; Dièye et Gaston 1986 ; Akpo, 1990, 1992 ; Mieke, 1990, 1994, 1997 ; Ndiaye, 2009).

Au niveau de la zone Ouest du Ferlo, 355 espèces ont été répertoriées de 1960 à 1999 avec 22% de Graminées, 16,6% de Légumineuses, 7% de Graminoïdes et 60% de diverses.

La végétation herbacée de la ZSP couvre le sol de façon plus ou moins continue, elle est au pic de son développement en saison des pluies (Akpo, 1992 ; Diop, 2007). La strate herbacée présente une hauteur moyenne variant entre 60 et 80 cm pouvant même atteindre 1 m en période d'humidité favorable.

Sur le plan physiognomique, la végétation du Ferlo sableux est une pseudo-steppe arbustive tandis que celle du Ferlo latéritique est une savane arbustive. La strate ligneuse est dominée par les arbustes (4 m de haut) parfois parsemés d'arbre sous climat soudanien. Au niveau des dépressions du Ferlo sableux, la végétation est plus ou moins dense et se rapproche de la savane arborée (figure 5).

La physiognomie actuelle de la végétation est la conséquence de l'action conjuguée des facteurs anthropiques, de la variabilité des précipitations et des sécheresses des dernières décennies, engendrant une réduction du couvert ligneux, la modification de la composition botanique (absence de certaines espèces surtout les herbacées pérennes) et de la biomasse des herbacées.

En fonction de la situation géographique et de la nature du substrat, une certaine distribution des espèces est notée au Ferlo :

Le Ferlo sableux dans le nord et l'est de la ZSP est dominé par les Acacias, *Acacia radiana* et *Balanites aegyptiaca* sont fortement affectés par l'homme et le feu. En dehors des *Balanites*, la strate arbustive est dominée par *Boscia senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*. Les Graminées les plus communes sont représentées par *Cenchrus biflorus*, *Scheoenefeldia gracilis*, *Dactyloctenium aegyptium*.

L'espèce *Acacia seyal* associée au *Combretum glutinosum* domine les sols argileux et vaseux du domaine de transition sahélo-soudanien, vers le sud.

Le Ferlo latéritique dans l'est et le sud-est, est dominé par l'espèce *Pterocarpus lucens* associée à *Acacia seyal*, *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans* et *Adenium obesum*, *Loudetia togoensis* qui occupent la strate inférieure.

Cette végétation du Ferlo connaît une dégradation poussée due aux épisodes de sécheresses combinées aux facteurs anthropiques (surpâturage, abattage des arbres, feux, etc.) et qui se manifeste par une modification de la composition floristique et une réduction de la richesse spécifique des communautés végétales, une réduction du couvert ligneux (Kluge, 1982 ; Miehle, 1990), favorisant ainsi l'installation d'espèces plus adaptées à la sécheresse et moins appréciées par le bétail.

Toutefois, la végétation des dépressions reste dense ce qui accentue l'aspect tigré de la brousse sahélienne (Diop, 2007).

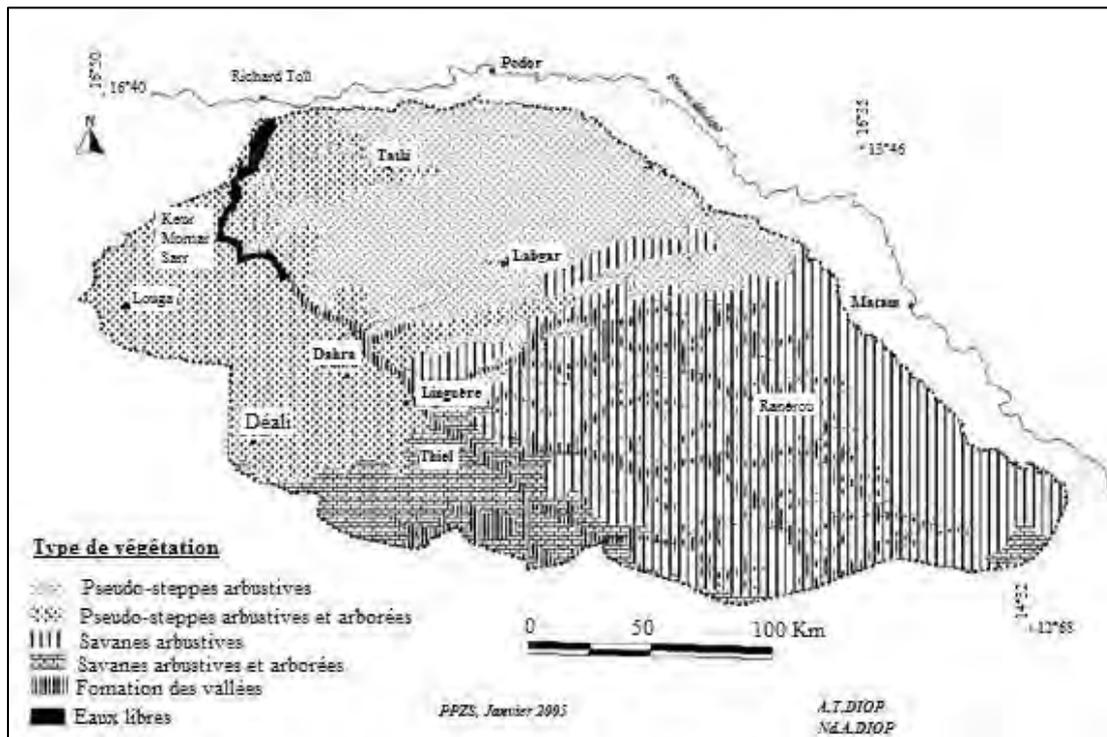


Figure 5 : Les principales formations végétales du bassin versant du Ferlo in Diop (2007)¹

¹ Les différences entre les limites de la zone sylvo-pastorale dans les cartes proposées s'expliquent par l'absence de consensus entre auteurs ayant travaillé dans cette zone.

2.6) La démographie

Selon les recensements réalisés dans 60 communautés rurales réparties sur huit départements (Dagana, Saint-Louis, Podor, Ranérou, Kanel, Matam, Louga et Linguère), la population de la zone sylvo-pastorale est estimée aujourd'hui à 500 000 habitants. D'après le recensement officiel de 1988, la répartition spatiale des habitants par communauté rurale dans la zone sylvopastorale, montre un très faible peuplement (Sarr, 2009).

43 communautés rurales, soit plus de la moitié, comptent chacune moins de 14500 habitants avec quelques disparités locales. Le Centre et le Sud de la région étudiée sont les moins peuplés et comptent entre 2500 et 6500 habitants. A titre illustratif, on trouve 3198 habitants à Téssékéré, 2551 à Louguéré Thioly. Ensuite, on distingue le Nord et une partie du Sud mais aussi à l'Ouest où on comptabilise 30 communautés rurales regroupées dans une classe allant de 6500 à 14500 habitants. Kel Gueye et Leona enregistrent respectivement 6640 et 14200 habitants. Les secteurs les plus peuplés sont l'Est et l'extrême Nord-Ouest de la région nord du Sénégal avec un total allant jusqu'à 33383 habitants à Ross Béthio (figure 6).

Cette faiblesse démographique s'explique par diverses vagues d'émigration qui ont touché la région et d'autres. La grande sécheresse des années 1970 et ses conséquences ont contribué au phénomène d'exode rural. Cette situation pousse les jeunes actifs à chercher du travail dans les centres urbains pour pallier les conséquences des aléas climatiques qui amènent la famine dans la zone.

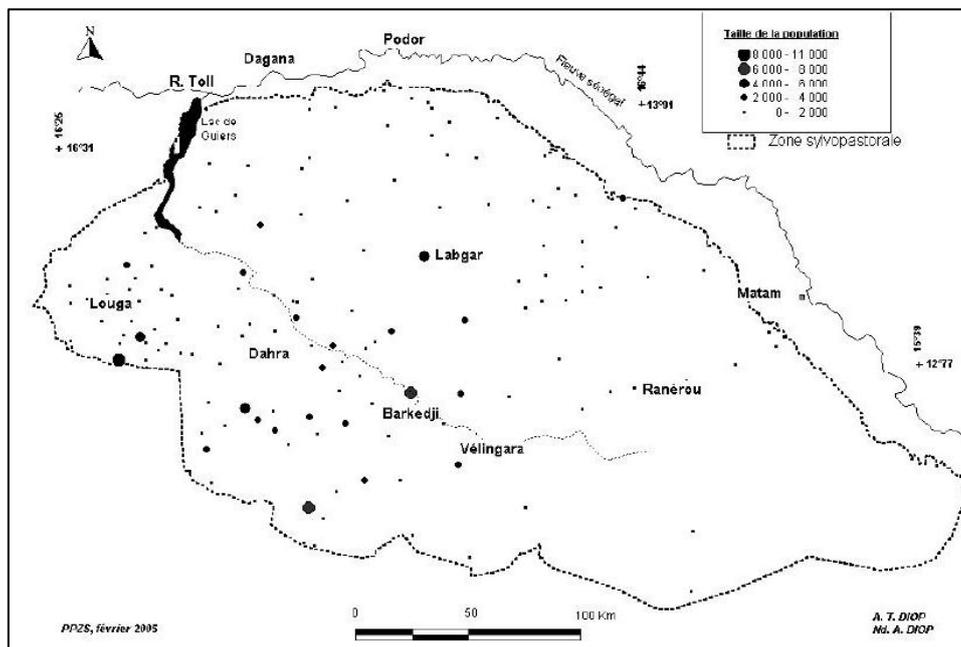


Figure 6 : Taille de population dans la zone sylvopastorale (d'après DPS, 1993 in Diop, 2007)

La composition ethnique de la population du Ferlo fait état d'une majorité de Peuls suivis des Wolofs. Les Toucouleurs, les Sarakolés, les Maures et dernièrement les Sérères commencent à prendre place dans la composition de cette population du Ferlo. D'après les résultats du diagnostic CEFVEVA 3 (1999) in (CSE, 2002), dans le département de Linguère, les Peuls représentent 90 % de la population totale, les Wolofs 8 %, et les autres ethnies ne contribuent

que pour 2 %. La population du département de Linguère, à l'instar de toute la région nord du Sénégal, est essentiellement constituée de jeunes de moins de 20 ans.

2.7) Le Climat

2.7.1) Le phénomène de la mousson

Le régime des pluies au Sahel dépend de la migration nord-sud de la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ZCIT) (figure 7). Celle-ci correspond à l'équateur météorologique (différente de l'équateur géographique) : c'est la zone de rencontre entre les vents chauds (alizés) des deux hémisphères. Elle se caractérise par la formation importante de nuages résultant des conditions chaudes et humides en surface et des conditions froides et sèches en altitude. La ZCIT se reconnaît donc dans l'espace par sa bande nuageuse entourant la Terre (figure 7). Les fortes pressions sur le Sahara empêchent toute pluie au Nord de la ZCIT sauf dans les cas de descente d'air froid du Nord durant l'hiver boréal.

Suivant la position du soleil, la mousson ouest-africaine se développe durant le printemps et l'été et la ZCIT atteint son extension maximale vers le Nord en août, correspondant à la période maximale de la pluie sur tout le Sahel (Moron *et al.*, 2003 ; Caniaux *et al.*, 2010).

La mousson ouest africaine est décrite alors à une large échelle comme le déplacement annuel de la ZCIT associé aux circulations atmosphériques régionales qui sont déterminantes dans son installation et l'intensité de son flux (Grist et Nicholson, 2001 ; Lebel *et al.*, 2003).

Le flux de la mousson ouest africaine est par ailleurs influencé à la fois par les températures de la surface marine (TSM) et les états de surface du continent (Carton *et al.*, 1996 ; Chang *et al.*, 1997 ; Caniaux *et al.*, 2010). La TSM joue un rôle important dans la détermination de la variabilité interannuelle voire décennale de la mousson ouest africaine.

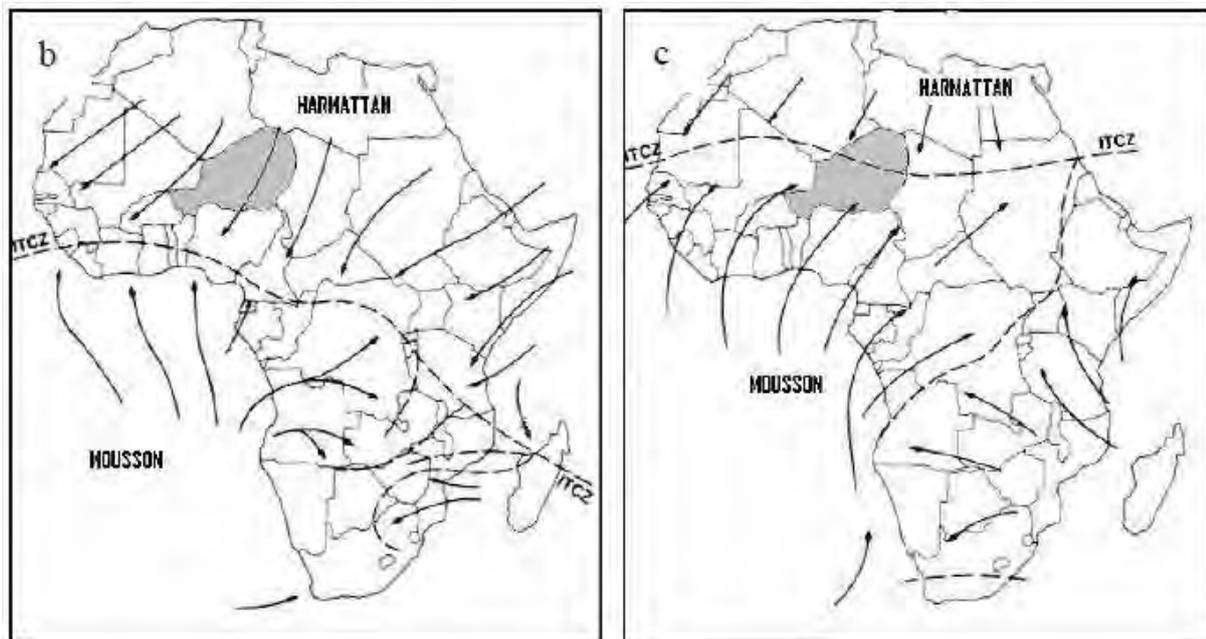


Figure 7 : la ZCIT marquée par la bande nuageuse située entre l'équateur et la zone tropicale nord de l'Afrique à la date du 07 juillet 2010 (image ACMAD) ; Déplacement saisonnier de la ZCIT : b) position moyenne en hiver (vents de l'Harmattan) c) en été : vents de mousson (www.artsci.wustl.edu, 2005) in Touré (2011).

2.7.2) Caractéristiques et évolution du climat

En résumé les précipitations du sahel, en particulier celles du Ferlo sont fortement tributaires de la mousson ouest-africaine (figure 8). Suivant le régime pluviométrique on distingue une partie septentrionale (100 à 300 mm de pluie/an) et une partie méridionale (300 à 500 mm de pluie/an) (Ndione, 2002).

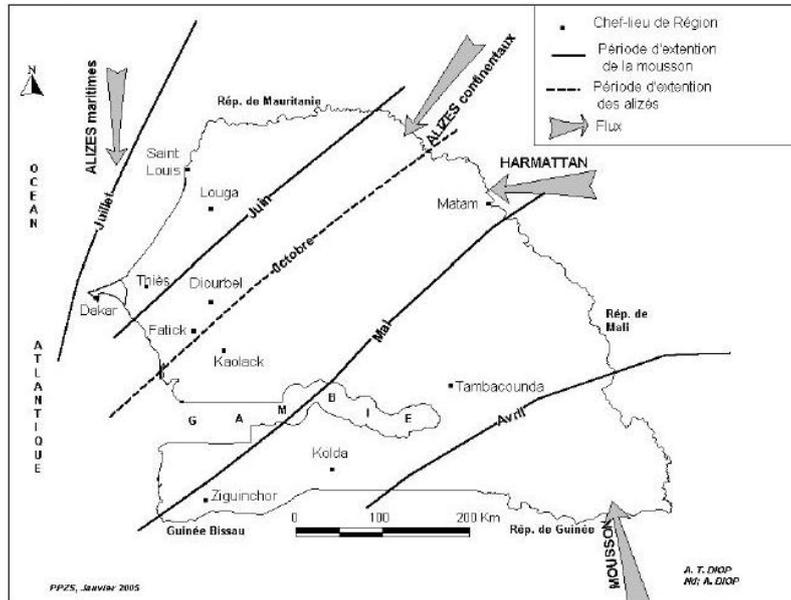


Figure 8: Position du front intertropical (F.I.T.) selon les périodes de l'année au Sénégal (d'après Poupon 1980 in Diop, 2007)

Le régime pluviométrique nord sahélien (100 à 300 mm) concerne le nord du Ferlo, la basse et une partie de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Le climat y est aride avec des températures moyennes comprises entre 22,8°C (janvier) et 32,9°C (juin) à Podor ; l'amplitude thermique y est la plus élevée de tout le pays (10,1°C). L'humidité relative moyenne est très faible et est d'environ de 42%. A Podor le cumul pluviométrique moyen entre 1961-1990 s'élève 221 mm mais la pluviométrie n'atteint 100 mm pour aucun mois, les mois les plus pluvieux étant août (77mm) et septembre (76 mm).

Le régime pluviométrique sud sahélien (300-500 mm) est localisé au sud du Ferlo (moyenne et haute vallée du Ferlo) et dans la moyenne (Matam) et haute (Bakel) vallée du fleuve Sénégal. Les températures oscillent entre 24,4°C (janvier) et 34,4°C (mai) à Matam ; 24,4°C (janvier) et 32,2°C (juin) à Linguère ; 24,4°C (janvier) et 35,3°C (mai) plus à l'est à Bakel. L'amplitude thermique demeure très élevée à Bakel (10,9°C), à Matam et à Linguère, où elle est respectivement de 10°C et 7,9°C. L'humidité relative moyenne est de 42,5%, 43,2% et 46,5% respectivement pour Matam, Bakel et Linguère. Louga, Matam et Linguère, avec des cumuls pluviométriques moyens annuels respectifs de 329 mm, 370 mm et 401 mm durant la période 1961-1990 ne disposent que d'un seul mois (août) avec un total pluviométrique supérieur à 100 mm.

Enfin Bakel, qui totalise trois mois (juillet, août, septembre) de pluviométrie dépassant les 100 mm de 491 mm durant la période 1961-1991. Particularité pouvant être expliquée par sa position géographique plus orientale, qui fait qu'il est le premier à être touché par les lignes de grains qui sont à l'origine de la plupart des précipitations au Sahel (Diop, 2007).

Sarr (2009) en faisant une analyse de la pluviométrie du bassin Ferlo portant sur une série chronologique de 55 ans (1951-2005), a abouti aux conclusions suivantes :

Une forte variabilité interannuelle et intra annuelle du climat avec une évolution pluviométrique, sur la période 1951-2005, caractérisée par trois tendances qui se résument par une baisse jusqu'aux années 1970, suivie d'une stabilité du déficit dans les années 1970 et 1980. Les deux dernières décennies montrent un retour à de meilleures conditions pluviométriques sur l'espace du Ferlo par rapport à la période de sécheresse qui a été de loin la plus sévère de tout le siècle (figure 9). Cette tendance qui reste encore loin des niveaux optimums est plus visible dans le Sahel oriental.

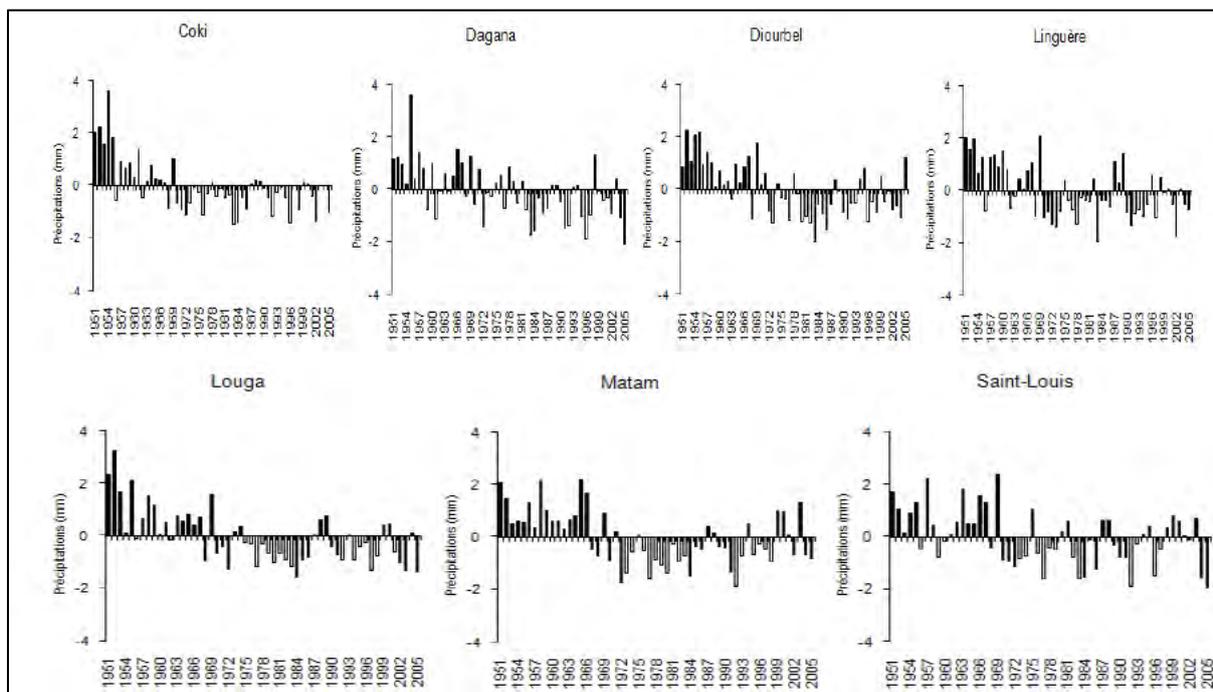


Figure 9 : Evolution de l'indice standardisé des précipitations au Ferlo (Sarr, 2008)

Cette situation est confirmée par :

- l'arrêt de la migration vers le sud de l'isohyète 400 mm sur les deux dernières décennies (1981-1990, 1991-2000) et même une remontée sur la période 2001- 2005 (figure 10) ;
- une amélioration très remarquable des volumes précipités enregistrés pendant les mois d'août et septembre depuis le milieu des années 1980 ;
- une hausse du nombre de jours de pluie ces dernières années qui traduit la fin de l'aggravation du déficit pluviométrique dans sa répartition ;
- des ruptures variables selon les stations situées dans les années 1980 et 1990 par la segmentation de Hubert ; elles n'indiquent aucune amélioration, mais croisées avec les analyses faites précédemment, on peut émettre des hypothèses sur le commencement d'une nouvelle phase climatique ;
- une atténuation significative du déficit pluviométrique dans les années 1990 et 2000.

L'amélioration des conditions pluviométriques est également confirmée par l'analyse de l'évolution des autres paramètres climatiques qui s'exprime par :

- une tendance à la baisse de la durée d'insolation depuis les années 1980 après une tendance à la hausse ;

- une évolution de la situation thermique contrastée mais plus chaude ces dernières années (figure 11) ;
- une évaporation moins importante (à l’instar de Linguère et de Matam) depuis les années 1970 ;
- une tendance à la hausse de l’humidité relative depuis les années 1970/1980 (Figure12) (Sarr, 2009).

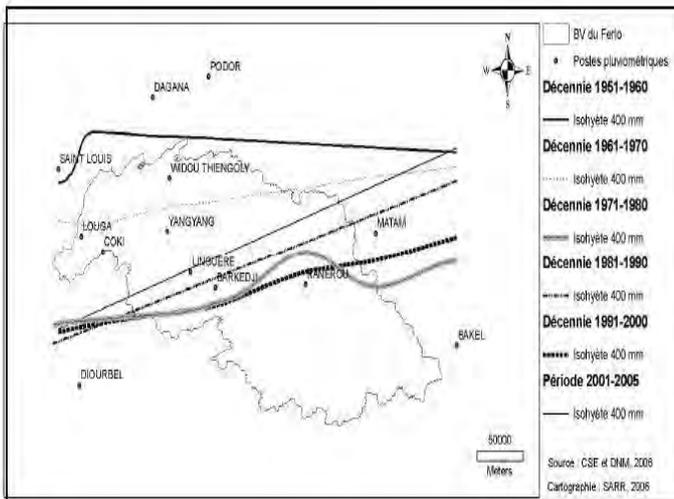


Figure 10 : fluctuations des isohyètes 400 mm des décennies 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 et la période 2001-2005 in Sarr (2009)

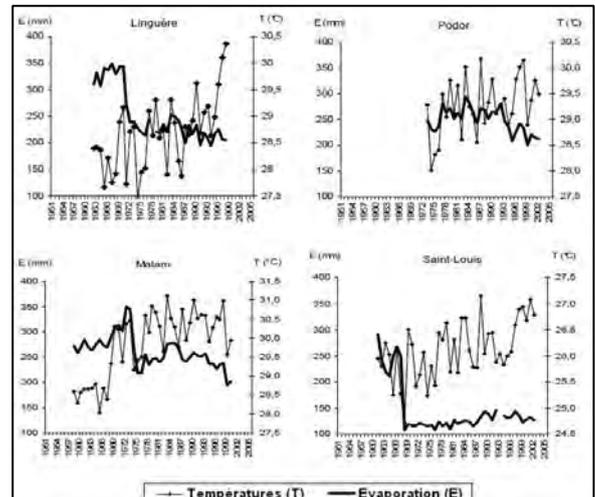


Figure 11 : évolution comparée entre l'évaporation moyenne annuelle et les températures in Sarr (2009)

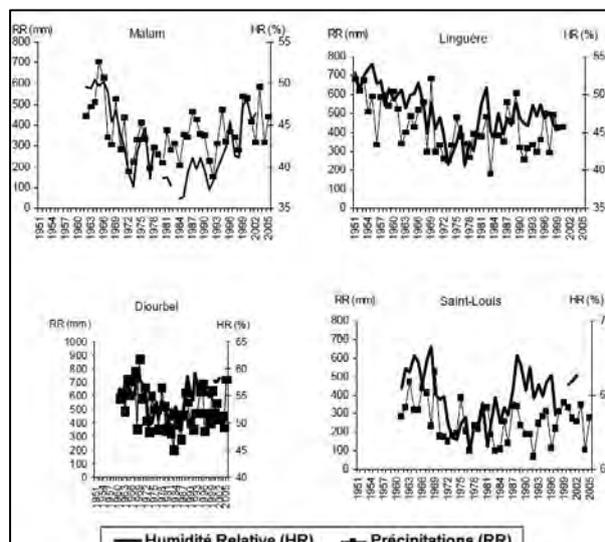


Figure 12 : évolution comparée entre cumuls annuels des précipitations et humidité relative moyenne annuelle in Sarr (2008)

Chapitre 3 : Généralités sur le site d'études : le Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) de Dahra

Nos travaux de terrain se sont déroulés au Centre de Recherches Zootechniques de Dahra dont nous présentons certaines caractéristiques.

3.1) Historique

Le Centre de Dahra, implanté depuis 1950, est situé approximativement à 15°21 de latitude Nord et à 15°28 longitude Ouest. Il est délimité au Nord par la commune de Kamb et au Sud par celle de Thiamène et fait parti du département de Linguère (figure 13), donc en plein cœur du Sénégal dans la zone sylvo-pastorale. Cette région, essentielle pour l'élevage sénégalais, se situe à la limite méridionale du domaine sahélien, le secteur sahélo-soudanien. Le CRZ de Dahra forme une concession de 6800 ha divisée en deux parties juxtaposées (figure 13). La petite concession de 900 ha abrite tous les bâtiments techniques, administratifs et les logements du personnel. La grande concession de 5900 ha constituait jusqu'au début des années 90 la zone de pâturages (extensifs) comprenant 19 parcelles (Sow *et al.*, 1988).

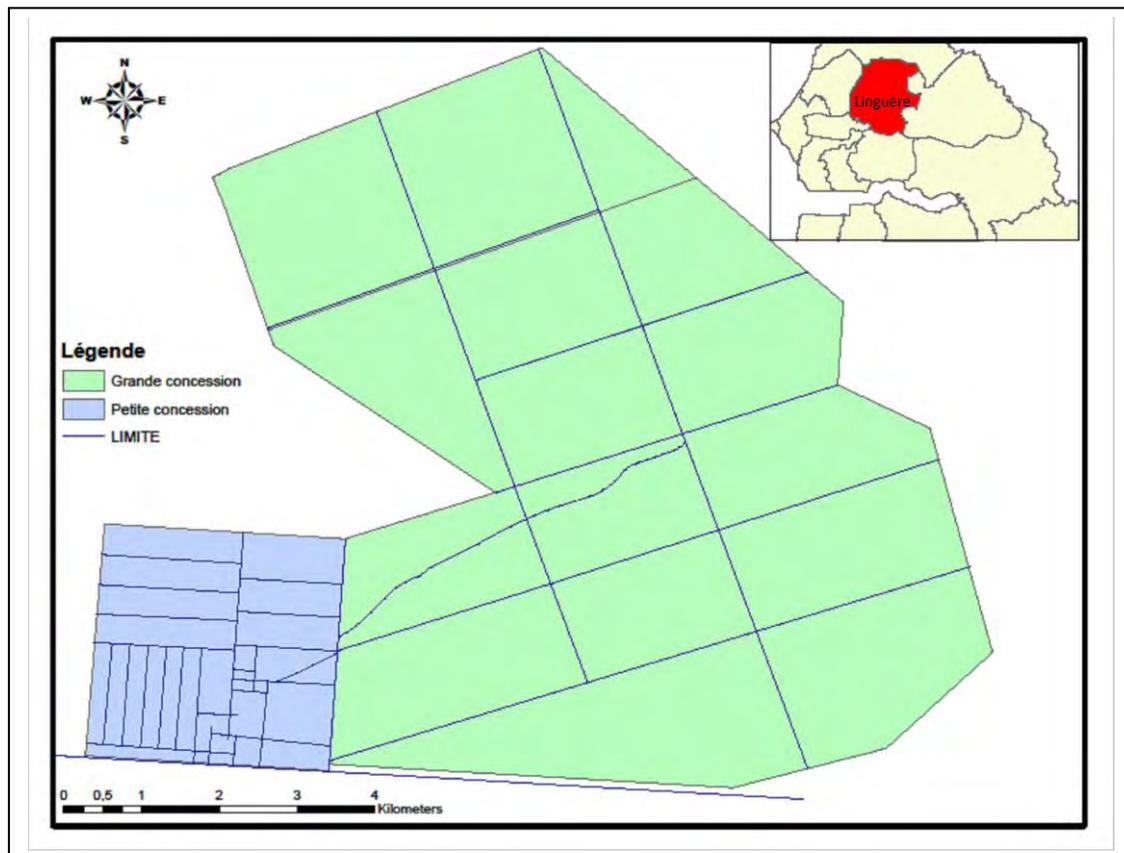


Figure 13 : localisation et plan du CRZ de Dahra (Sow *et al.*, 1988 modifié)

Le périmètre du centre, d'une longueur de 42 km était jadis entièrement clôturé par un grillage supporté par des poteaux en ciment bétonné. Depuis quelques années la physionomie et l'environnement du centre a beaucoup évolué du fait de son exploitation non contrôlé par les animaux et la population du centre, ceux des villages environnants et les transhumants du Diéry et du bassin arachidier.

Au fil des années, de nombreuses modifications sont survenues et le centre, qui ne logeait jadis que les activités de l'ISRA héberge actuellement d'autres structures ou leurs activités.

Le CRZ de Dahra et les structures hébergées :

Actuellement, le Centre renferme cinq (5) structures:

- **Le CRZ de Dahra** est géré par l'ISRA. Il comprend des bâtiments administratifs à usage de bureaux et de logements, des édifices et infrastructures techniques pour le logement, la manipulation et les diverses interventions sur les animaux (bouveries, bergeries, parcs de contention équipées bascules de pesage), des terres destinées aux parcours des animaux et pour d'autres activités sylvopastorales (parcelles de production de semences, de recherches sur les essences forestières etc.).
- **Asiyla Gum** : lié à l'ISRA par un contrat. Des parcelles ont été cédées à la compagnie pour des plantations de gommiers.
- **Le Centre National d'Amélioration Génétique (CNAG)** : implanté dans l'enceinte du CRZ depuis 2005 dans le cadre du projet d'Appui à l'Elevage (PAPEL), il occupe l'ancien Bureau de Recherches du centre en plus de 2 logements construits pour le personnel. L'étude de faisabilité de la mise en place du CNAG a été faite par l'ISRA en 2003. Dans le cadre d'un protocole d'accord, l'ISRA devrait accompagner le CNAG dans ses activités (méthodologie, suivi zootechnique et sanitaire des Zébus brésiliens, suivi des métisses issus des inséminations faites par le CNAG, mise en place d'un schéma d'amélioration génétique etc.). Ces activités sont actuellement en léthargie, mais des réflexions entre le CRZ et le CNAG sont en cours en vue de redynamiser le partenariat.
- **Le Haras** : l'ancien site, qui dépendait de l'ISRA jusqu'aux années 90, a été réfectionné par le Ministère de l'Elevage et un nouveau laboratoire de spermiologie mis en place et équipé. Le Haras n'a pas actuellement de programme conjoint avec l'ISRA.

Le CNAG et le Haras sont gérés par le Ministère de l'Elevage. Ils constituent le CIMEL (Centre d'Impulsion et de Modernisation de l'Elevage)

- **Agence pour la Réinsertion Sociale des Militaires (ARSM)** : liée à l'ISRA par un contrat. Des parcelles ont été cédées à l'agence pour des activités agricoles.

3.2) Climat, sols et végétation

3.2.1) Le cadre climatique :

Le Centre présente une pluviométrie moyenne de 371,67 mm sur une période de 50 ans (figure 14). Cette pluviométrie s'étend entre fin juin et début octobre avec un cumul moyen mensuel de 35,95 mm (sur 50 ans) (figure 15). La pluviosité présente de très fortes irrégularités dans la répartition et une grande variabilité quantitative d'une année à l'autre.

L'analyse de l'indice standardisé de précipitation de Dahra (tableau 1) révèle une prédominance des années à sécheresse modérée (44%) suivi de celles à humidité modérée (26%). Une sécheresse extrême était notée en 1983 tandis qu'en 1969 et 2010 des humidités extrêmes ont été observées.

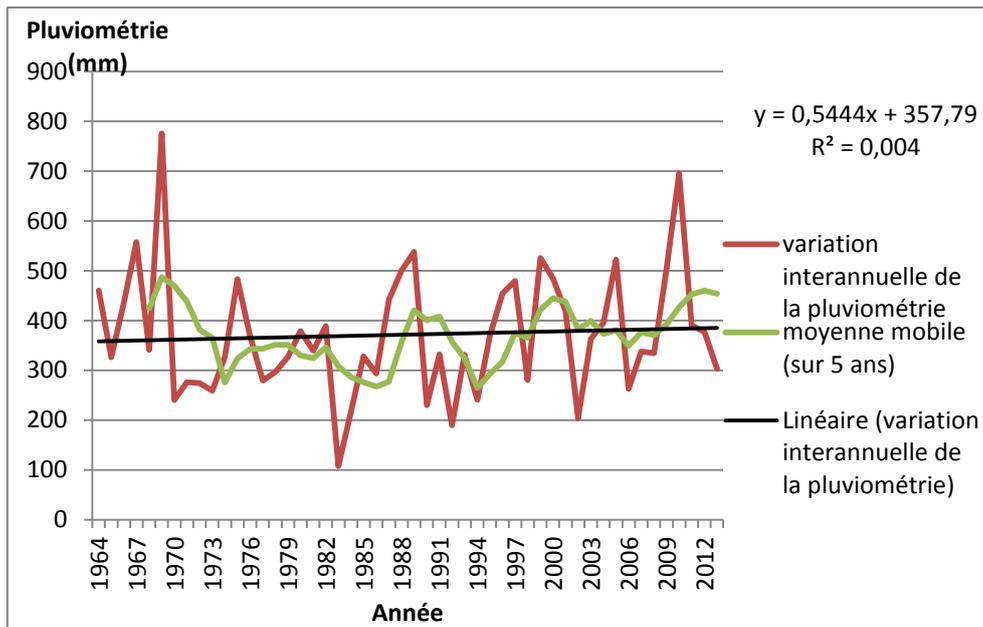


Figure 14 : Variation interannuelle de la pluviométrie et moyenne mobile de 1964 à 2013

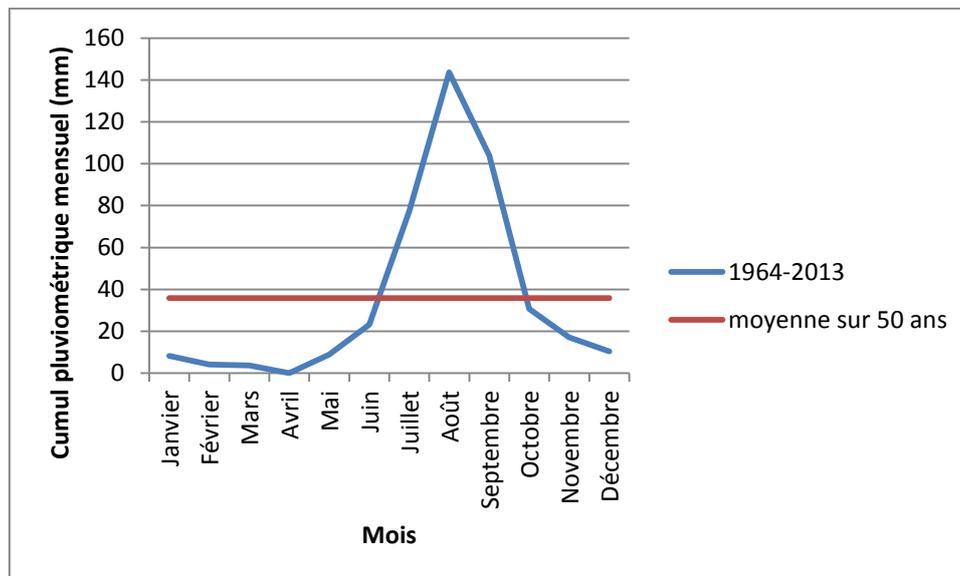


Figure 15 : Cumul pluviométrique mensuel de 1964 à 2013

L'analyse des paramètres climatiques, de la station météorologique de Linguère pour la période de 1980 à 2010 (soit 31 ans) montre :

- Une variation tout au long de l'année de la température (figure 16) qui est en moyenne de $29,81 \pm 2,17$ °C avec un maximum de $41,06 \pm 0,72$ °C au mois de mai et un minimum de $18,84 \pm 0,84$ °C en janvier (annexe 5);
- Une fluctuation de l'humidité relative moyenne (figure 17) qui est de $43,75 \pm 17,02$ % avec un maximum de $72,63 \pm 2,67$ % en août et un minimum de $24,95 \pm 2,45$ % en février (annexe 5);
- Le vent souffle en moyenne avec une vitesse de $1,45 \pm 0,25$ m /s. Celle-ci est maximale en juin ($1,81 \pm 0,16$ m /s) et minimale en octobre ($1,02 \pm 0,09$ m /s) (figure 18, annexe 5) ;

- L'insolation moyenne est de $8,24 \pm 0,93$ heures/jour avec un maximum de $8,80 \pm 0,68$ heures/jour en mai et un minimum de $7,66 \pm 0,94$ heures/jour en septembre (figure 19, annexe 5).

Tableau 1 : Classification de la pluviométrie annuelle du CRZ de Dahra suivant l'indice standardisé de précipitation (source données pluviométriques station du CRZ de Dahra)

Degré de sécheresse	Nombre d'année	Années	SPI $((X_i - X_m) / S_i)$
Humidité extrême	2	1969	3,21
		2010	2,57
Humidité forte	6	1967	1,48
		1989	1,32
		1999	1,22
		2005	1,20
		2009	1,05
		1988	1,02
Humidité modérée	13	2000	0,89
		1975	0,88
		1997	0,85
		1964	0,70
		1996	0,66
		1987	0,55
		1966	0,50
		2001	0,38
		2004	0,19
		2011	0,15
		1982	0,14
		1980	0,06
		2012	0,04
sécheresse modérée	22	1976	-0,02
		1995	-0,02
		2003	-0,07
		1968	-0,24
		1981	-0,25
		2007	-0,27
		2008	-0,30
		1991	-0,32
		1993	-0,32
		1985	-0,35
		1979	-0,36
		1974	-0,36
		1965	-0,36
		2013	-0,55
		1978	-0,60
		1986	-0,62
		1998	-0,72
1977	-0,73		
1971	-0,76		
1972	-0,78		
2006	-0,87		
1973	-0,90		
sécheresse forte	6	1994	-1,04
		1970	-1,04
		1990	-1,13
		1984	-1,23
		2002	-1,34
		1992	-1,45
sécheresse extrême	1	1983	-2,10

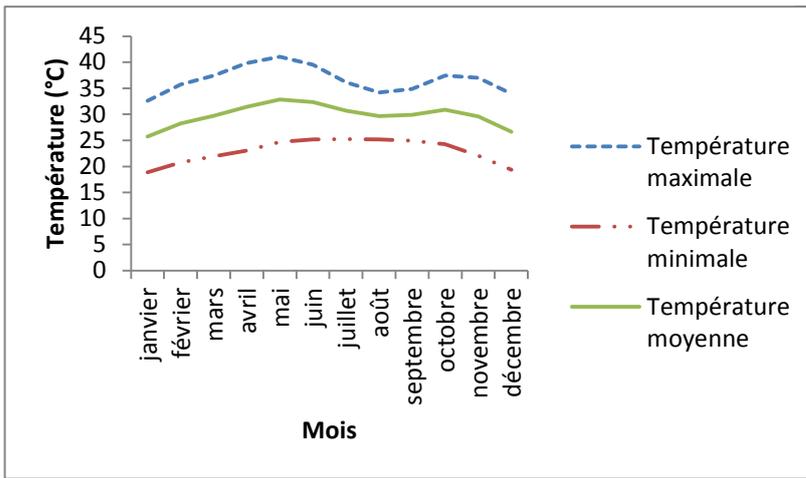


Figure 16 : Moyenne mensuelle de la Température de 1964 à 2013

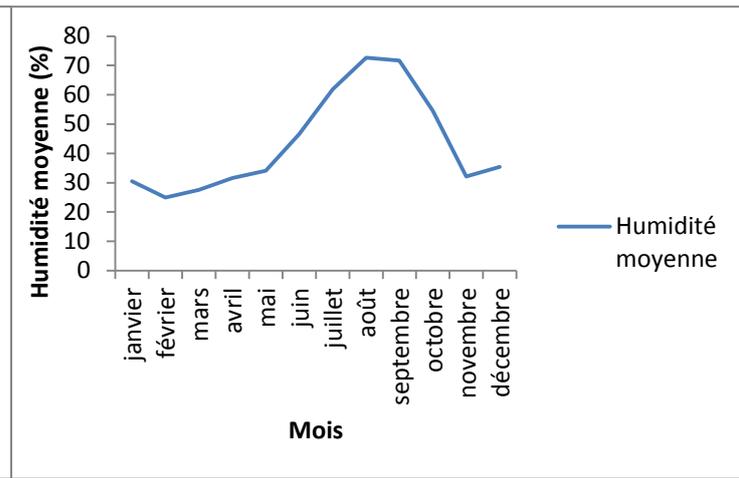


Figure 17 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative de 1964 à 2013

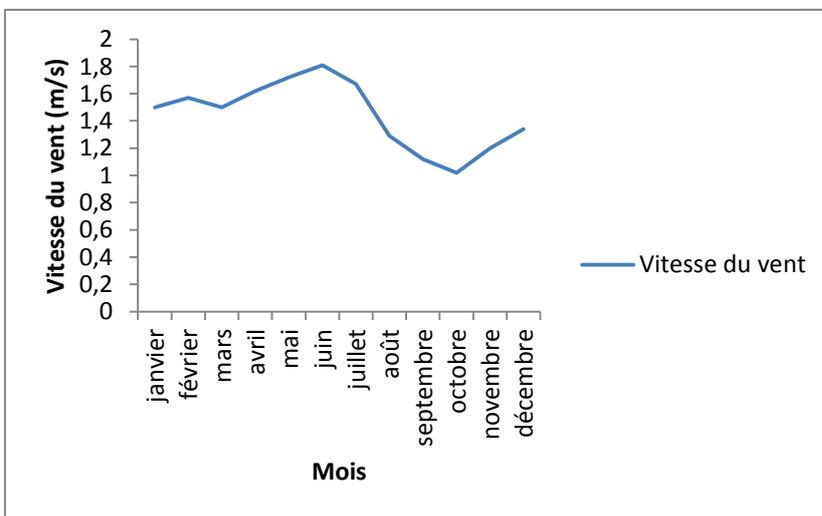


Figure 18 : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent de 1964 à 2013

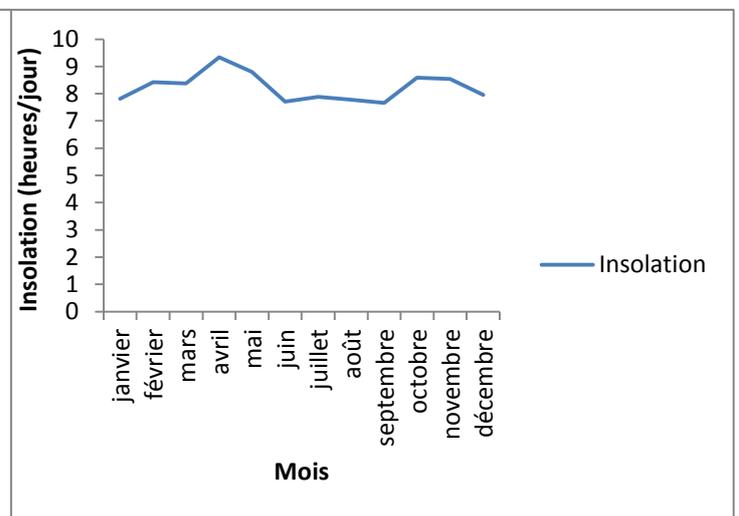


Figure 19 : Moyenne mensuelle de l'insolation de 1964 à 2013

3.2.2) La pédologie

Audry (1962) distingue 5 unités pédologiques au niveau du centre (figure 20) :

- Les sols diors localisés dans la partie nord, centre et sud-est ;
- Les sols brun-rouges situés à l'est, au nord-est et au sud-est ;
- Le complexe ferrugineux-calcimorphe des zones sableuses à calottes calcaires, dans la partie centre, sud et sud-ouest ;
- Les sols ferrugineux tropicaux à drainage moyen ou médiocre, localisés essentiellement au sud et sud-ouest et ;
- Le complexe mal drainé des bas-fonds et mares temporaires, plus présent dans la partie sud, sud-ouest et centre.

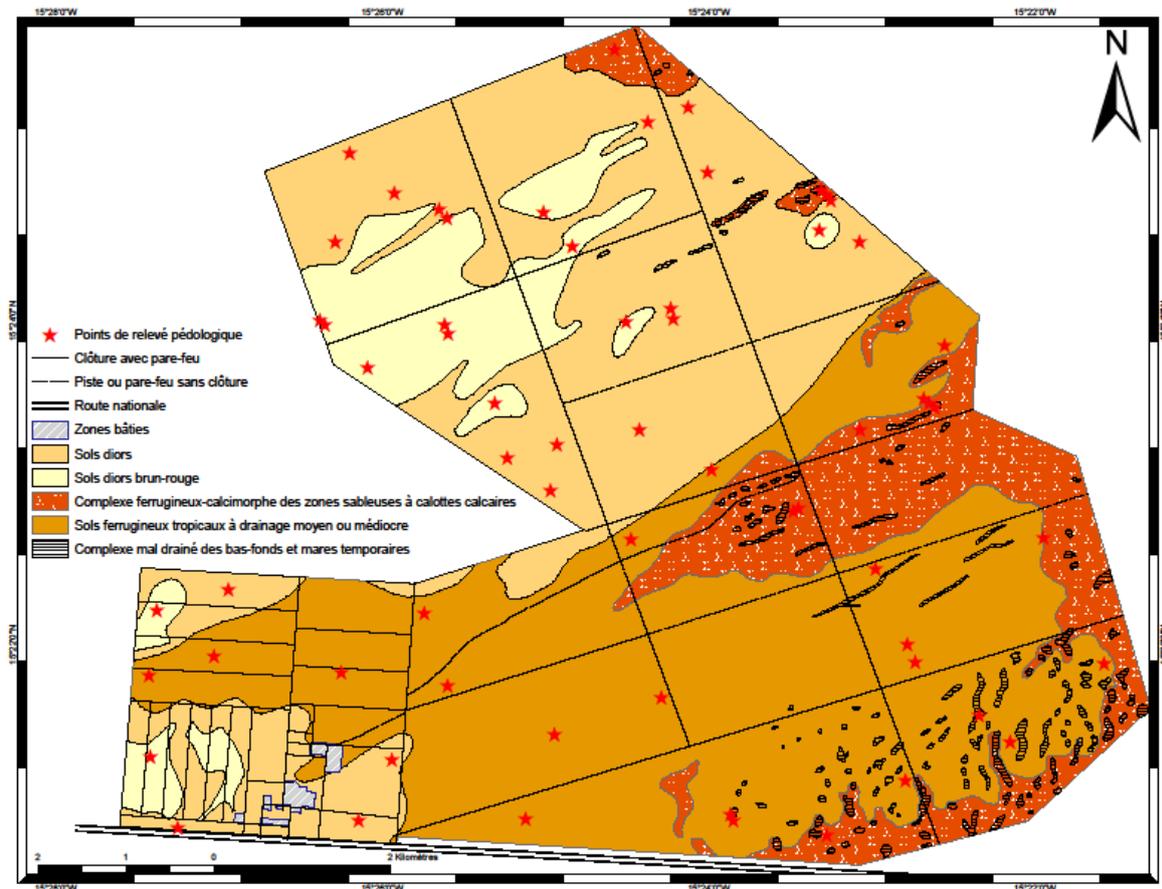


Figure 20 : Les différentes unités pédologiques de la station de Dahra (Audry, 1962 modifié)

Toutefois, les sols de la station peuvent être regroupés en trois grands ensembles pédologiques selon leurs propriétés physiques et chimiques :

- Formations sablonneuses d'origine éolienne, qui sont dominantes
- Formations détritiques sur grès ou latérite
- Formations fluviales ou lacustres.

Ces ensembles constituent une succession de dunes de sable et de dépressions argileuses ou limono-argileuses (Sow *et al.*, 1988).

3.2.3) La végétation

La végétation forme une steppe à épineux (*Acacia sp* surtout) (Figure 21). Elle est très liée au type de sol et à la pluviosité :

- sur dune de sable, le tapis herbacé est abondant et se compose principalement de graminées annuelles. La strate ligneuse y est peu développée.
- dans les dépressions, le peuplement ligneux est dense. La végétation herbacée est surtout représentée par des graminées pérennes.

Cette production primaire est la source exclusive d'alimentation du bétail. Sous l'influence de la saison, l'apport des pâturages varie tout au long de l'année en quantité et en qualité.

En hivernage le couvert herbacé est abondant et de meilleure qualité nutritive. En saison sèche l'apport des ligneux compense quelque peu la pauvreté des pâturages herbacés.



Figure 21 : Pâturage du CRZ de Dahra (octobre 2011, fin saison pluvieuse)

3.2.3.1) Les groupements végétaux du CRZ

La végétation du centre a fait l'objet de nombreuses études (Raynal, 1964, Boudet, 1980, 1981 et 1983, ISRA, 1988, Diallo et al, 2011). Raynal (1964) y a identifié les groupements végétaux suivants (figure 22) :

- Groupement à *Dibeteropogon hagerupii* et *Andropogon pseudapricus* sur sols sablo-argileux (Ferrugineux tropicaux à action d'hydromorphie) ;
- Groupement à *Zornia glochidiata* ;
- Groupement à *Tephrosia platycarpa* et *T. purpurea* sur sols dunaires très drainés (Brun-rouge) ;
- Groupement à *Monechma* et *Borreria* sur sols dunaires drainés (Diors) ;
- Groupement à *Dibeteropogon hagerupii* et *Zornia* sur sols sablo-argileux (Ferrugineux tropicaux) ;
- Groupement à *Dibeteropogon hagerupii* et *Monechma* sur sols dunaires moins drainés (Diors) ;
- Groupement des fonds humides boisés ;
- Végétation très dégradée rudérale nitrophile ;
- Groupement à *Zornia* et *Schoenefeldia* ;
- Zones boisées.

3.2.3.2) Couvert herbacé

Au début des années 80, les travaux de Boudet (1983) sur le couvert herbacé ont montré une nette régression des espèces à affinités soudaniennes (*Adropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis* et *Schizachyrium exile* sur gravillons, *Elionurus elegans*, *Ctenium elegans*, *Dibeteropogon hagerupii* sur gravillons et sables, *Blepharis linariifolia* et *Borreria radiata* sur système dunaire à relief accentué). Toutefois, certaines espèces comme *Andropogon gayanus* ont été retrouvées dans les cuvettes interdunaires qui constituent des niches écologiques plus favorables les permettant de recoloniser ultérieurement le « terrain perdu ».

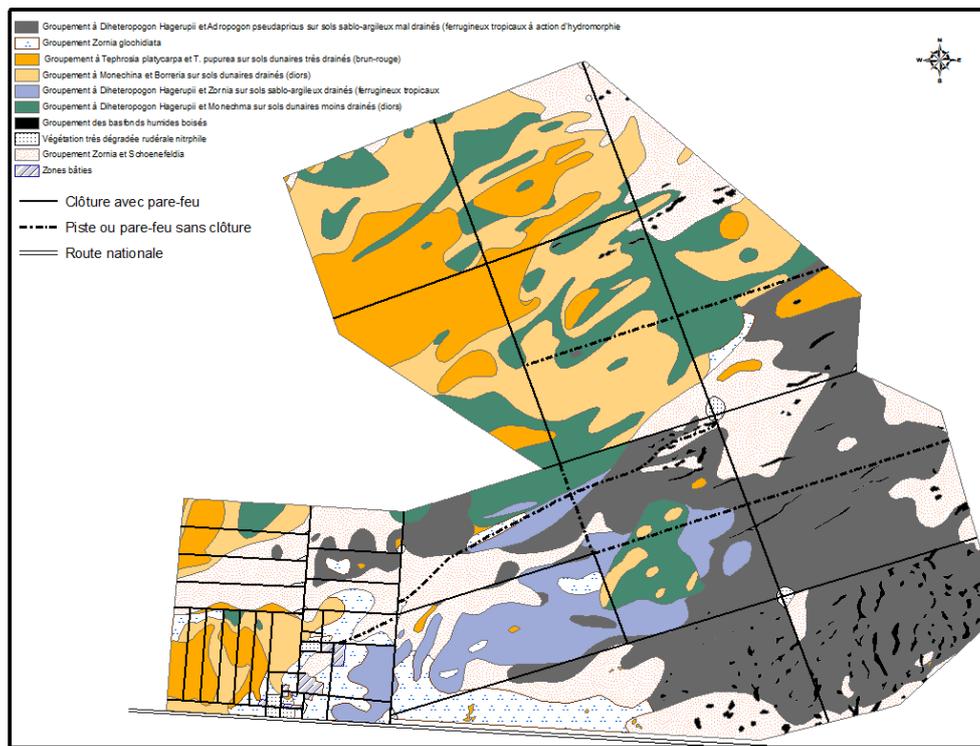


Figure 22 : Carte de la végétation de la station de Dahra (Raynal, 1964 modifié)

Certaines graminées (*Aristida sieberiana*, *Aristida stipoides* et *Eragrostis tremula*) se sont maintenues sur dune et les légumineuses *Ahysicarpus ovalifolius* et *Zornia glochidiata* respectivement sur les couloirs interdunaires et nappages sableux, dunes à relief accentué. Certaines espèces avaient régressé sur couloirs interdunaires (*Eragrostis tremula*) et sur nappages sableux (*Ahysicarpus ovalifolius*) par contre d'autres n'ont même plus été retrouvées sur ce dernier substrat (*Eragrostis tremula*, *Aristida funiculata*). Les espèces saharo-sahéliennes (*Mollugo nudicaulis*, *Tragus berteronianus*, *Heliotropium strigosum* et *Fimbristylis hispida*) semblent être favorisées par la sécheresse sur dunes, nappages et couloirs interdunaires. En 1988, l'espèce *Zornia glochidiata*, qui dominait précédemment les formations végétales, était substituée par certaines graminées fines dont *Schoenefeldia gracilis*, *Chloris prieurii* et *Aristida mutabilis* (ISRA, 1988).

3.2.3.3) Le couvert ligneux

Les études de l'ISRA (1988) révèlent une faible distribution des individus à l'hectare, avec un nombre ne dépassant pas 142 arbres sur l'erg moyen et 28 arbres sur l'erg ancien. La mortalité était de 14% à l'hectare pour le premier et a touché le plus *Combretum glutinosum* et de 7,2% pour le second. La régénération était faible et a concerné *Balanites aegyptiaca*, *Dichrostachys glomerata*, *Boscia* et *Guiera senegalensis*. Au niveau de l'erg moyen, les espèces dominantes sont représentées par *Balanites aegyptiaca* (42,3%) et *Combretum glutinosum* (26,8%), tandis que sur l'erg ancien on retrouve *Commiphora africana* (32,1%) et *Balanites aegyptiaca* (21,4%).

Ce couvert ligneux a également souffert de la sécheresse des années 70 et s'est caractérisé par la concentration de certaines espèces ligneuses dans les points bas. Cette modification du couvert se matérialise par la disparition de *Terminalia avicennioides* sur dunes à relief accusé, de *Sterculia setigera* sur nappages sableux, de la régression de *Sclerocarya birrea* sur couloirs interdunaires et de *Combretum glutinosum* sur sols à cuirasses et certaines dunes à relief accusé.

Les espèces *Acacia senegal* sont en extension respectivement sur sols à gravillons et cuirasse sableuse, et *Boscia senegalensis* sur ensellement dunaire ainsi que sur couloirs interdunaires. *Balanites aegyptiaca* présente une grande stabilité et est plus abondant sur des éléments aplanis des systèmes dunaires (Boudet, 1983).

3.2.3.4) La phytomasse herbacée

La phytomasse herbacée connaît de fortes fluctuations dans cette zone et est en étroite corrélation avec la pluviométrie. Elle était en moyenne de 1150 Kg MS/ha en 1987 et de 1634 Kg MS/ha en 1988 (ISRA, 1988). Cette production primaire est la source exclusive d'alimentation du bétail. Sous l'influence de la saison, l'apport des pâturages varie tout au long de l'année en quantité et en qualité.

3.3) Les types d'occupations du sol

Le CRZ de Dahra a pour vocation la recherche sur les productions animales, l'élevage extensif constitue donc le principal mode d'occupation de l'espace. Celui-ci est associé à des activités de sylviculture (gommiculture) et agricoles en partenariat avec certains centres de l'ISRA, l'association militaire et la population locale (figure 23), permettant ainsi la sécurisation d'une partie du domaine.

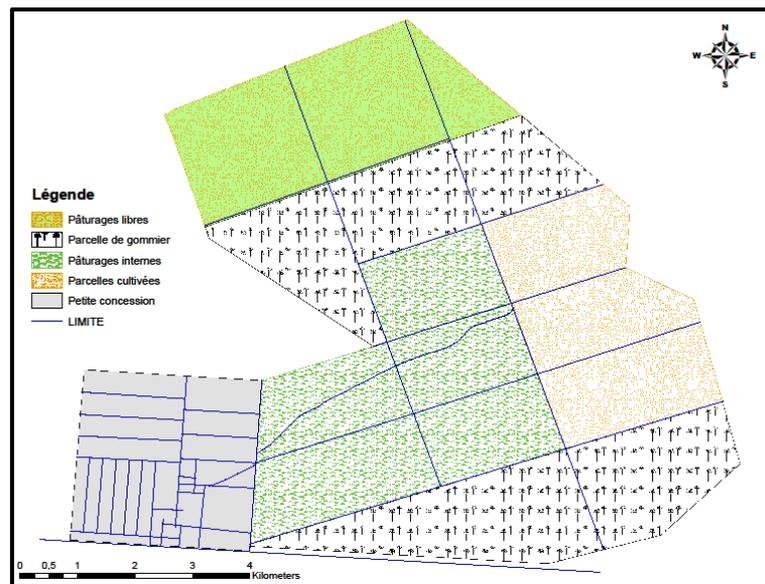


Figure 23 : Carte des différents types d'occupation du sol du CRZ de Dahra

3.3.1) La pâture

Elle repose sur l'exploitation des pâturages naturels par les ruminants domestiques (bovins, équins, asins, caprins, ovins et camélidés) (figure 24). Sous l'influence de la saison, l'apport des pâturages varie tout au long de l'année en quantité et en qualité. La pâture est pratiquée librement, sans tenir compte des capacités de charge.



Figure 24 : Bovins en vaine pâture (octobre 2011, fin saison pluvieuse)

3.3.2) Les activités forestières

Des activités de sylviculture (exploitation de la gomme arabique) (figure 25) sont menées dans le centre par la compagnie Asiyla Gum (AGC) depuis 1999 sur une superficie atteignant 1994 ha en 2001. Les parcelles occupées par AGC ont été regroupées en deux(02) entités :

- La première située au Nord : ISRA/LGKH (1025Ha) est constituée de ISRA/L, ISRA/K, ISRA/G1, ISRA/G2 et de ISRA/H2 ;
- La seconde située au Sud : ISRA/B1B2E (969Ha) est constituée de ISRA/B1, ISRA/B2 et de ISRA/E.



Figure 25 : Parcelle de gommier à l'intérieur du CRZ de Dahra (octobre 2011, fin saison pluvieuse)

Les critères d'évaluation recourus pour le calcul du rendement des blocs pour les campagnes 2012/2013 et 2013/2014 sont différents. En ce qui concerne la première, il s'agit du nombre d'arbres saignés alors que pour la seconde c'est la superficie saignée qui est utilisée.

Le rendement de la gomme est variable suivant les blocs et le nombre ou la superficie de saignée. Il fluctuait de 14,8 à 138 g /arbre avec un total de 95,6 g/arbre lors de la campagne 2012/2013 et de 22,4 kg/ha à 45,8 kg/ha avec un total de 34,4 kg/ha pour celle de 2013/2014 (tableau 2).

Cette activité fait appel à une importante main d'œuvre locale constituant une source de revenu importante pour cette dernière.

Tableau 2 : synthèse des résultats de la campagne de récolte de la gomme arabique de 2012/2013 et 2013/2014 (source : Asiyila gum company)

Campagne 2012/2013					
ACTIVITES	SAIGNEE		RECOLTE		RENDEMENT
BLOCS	Arbres saignés	Total Homme/Jour	Total Récolte	Total Homme/Jour	
ISRA/B1B2E	185336	1578	25708 Kg	1793	138 g/arbre
ISRA/LKGH	98631	668	1464 Kg	262	14,8 g/arbre
TOTAL	283967	2246	27172 Kg	2055	95,6 g/arbre
Campagne 2013/2014					
ACTIVITES	SAIGNEE		RECOLTE		RENDEMENT
BLOCS	Superficie de saignée		Total Récolte	Total Homme/Jour	
ISRA/B1B2E	969 Ha		21718 Kg	1384	22,4 Kg/Ha
ISRA/LKGH	1025 Ha		46964 Kg	2892	45,8 Kg/Ha
TOTAL	1994 Ha		68682 Kg	4276	34,4 Kg/Ha

3.3.3) Les activités agricoles

L'agriculture est essentiellement pluviale et repose sur les spéculations suivantes arachide, niébé et sésame. Dans les années 90, cette activité n'était pas très développée dans le centre et occupait une superficie n'excédant pas 4 ha. A partir de 2004, avec l'arrivée de l'ISRA St-louis pour la production de semences et l'Association pour la Réinsertion Sociale des Militaires (ARSM), cette superficie a dépassé les 200 ha.

Ces exploitations agricoles font recours à l'engrais et au labour. Au cours de la campagne agricole de 2012/2013 les rendements en niébé obtenus par le CRA de St-louis étaient de 2,750 tonnes pour la variété Yacine et de 2,850 tonnes pour la variété Mélakh (tableau 3).

Tableau 3 : campagne agricole 2012-2013 du CRA de St-louis dans la station du CRZ de Dahra (source gestionnaire de station du CRZ de Dahra)

Espèces	Variétés	Superficie (ha)	Nombre de sacs	Poids en kg/sac
Niébé	Yacine	3	25	110
	Mélakh	3	25 et 1/2	110
	58-57	1/2	11	110
Arachide	55-33	1	18	-
	CC8-35	1	11	-
Sésame	32-15	1 et 1/2	5 et 1/2	-
	Jalgon	1	3	-

3.4) Les programmes de recherches/développement

Le Centre était organisé en 4 sections :

- Haras-jumenterie (les recherches sur les équins ont pris fin actuellement).
- Laboratoire de spermologie et d'insémination artificielle.
- Bouverie
- Bergerie

Au niveau de chacune de ces sections étaient menées des actions de recherches en reproduction, en alimentation et en génétique sur les espèces équine, bovine et ovine. Il n'y a pas de recherches en pathologie. Cette tâche est confiée au Laboratoire National de l'Élevage et de Recherches Vétérinaires de Dakar-Hann (LNERV).

Le programme équin a eu pour objectif l'amélioration de la race chevaline locale par croisement en utilisant l'insémination artificielle.

La sélection en race pure est utilisée pour l'amélioration des potentialités bouchères du Gobra et des ovins. Dans un passé récent, des croisements laitiers ont eu lieu afin de créer des races laitières synthétiques.

Le programme caprin se proposait de définir en croisement d'absorption sur la race locale, le degré de sang Maradi compatible avec des caractéristiques intéressantes de peau (Denis, 1972). L'étude et l'amélioration des conditions de production et d'exploitation des pâturages constituaient un important programme.

Actuellement un seul programme intitulé « Amélioration de la productivité du cheptel et gestion durable des ressources naturelles » y est déroulé. Il a pour objectif de contribuer à l'augmentation durable de la production laitière, de la production de viande et à l'amélioration de la gestion des ressources naturelles en zone sylvo-pastorale.

3.5) Matériel animal

3.5.1) Le Zébu Gobra

Le Zébu Gobra (figure 26) est un animal musclé, sub-convexiligne, longiligne, eumétrique. Les cornes sont en lyre haute, fortes à la base. Leur longueur peut atteindre 70 à 80 cm. La robe est généralement blanche ou légèrement froment. Surtout chez les mâles, on trouve des bringures et des charbonnures. La bosse est en forme de bonnet phrygien (coiffure rouge) dressé; chez les femelles, elle est plus petite et en forme de cône.



Figure 26 : le zébu Gobra du Ferlo (avril 2013, saison sèche)

L'animal est de grande taille : à 5 - 6 ans elle est de 1,23 m chez les femelles et 1,33 m chez les mâles. La production laitière est faible mais suffit à peu près au veau ; elle est susceptible d'une certaine amélioration. Le rendement boucher est compris entre 50 et 53 % (Sow *et al.*, 1988).

3.5.2) Evolution de l'effectif et de la situation démographique du cheptel

L'analyse démographique du cheptel bovin du centre indique une variabilité de l'effectif qui passe de 653 têtes en 1966 pour atteindre son pic en 1984 avec 2203 têtes. Cette hausse importante s'explique par l'introduction de nouvelles races bovines (Guzérat, Pakistanais) destinées aux éleveurs du milieu réel, en plus du nombre de Gobra qui était de 882 têtes.

Par la suite cet effectif a connu une baisse considérable, atteignant 561 têtes en 1987, toutefois les valeurs les plus faibles sont notées à partir de 2010 avec des effectifs ne dépassant pas 222 têtes (figure 27). Cette baisse pourrait être expliquée par les réformes et ou cessions des animaux effectuées dès 1984 (figure 28) pour les raisons citées plus haut et qui s'est accentuées en 1987 dues cette fois-ci à la compression du personnel du CRZ suite aux politiques d'ajustement structurel de l'Etat et qui a vu ce dernier rattaché au centre de Bambey à vocation agricole.

Par rapport aux autres paramètres démographiques, on note une prépondérance des naissances excepté pour les années 1984 et 2010 où le nombre d'animaux réformés et ou cédés ont pris le dessus. Des mortalités importantes sont également notées pour ces mêmes périodes.

A côté des bovins du centre, on note la présence d'animaux privés, présentant des effectifs plus importants, autorisés à exploiter les pâturages (figure 29). Ce phénomène est intervenu récemment vers les années 90, avec les difficultés structurelles qu'a connues le centre. En effet, avant cette période, seuls les animaux appartenant au centre étaient autorisés à y pâturer. Il s'y ajoute ceux des villages environnants et des transhumants en saison pluvieuse dont leur nombre est inconnu, d'où l'importance de la charge supportée par ces parcours qui n'est pas sans conséquences sur la production et la qualité de ces derniers.

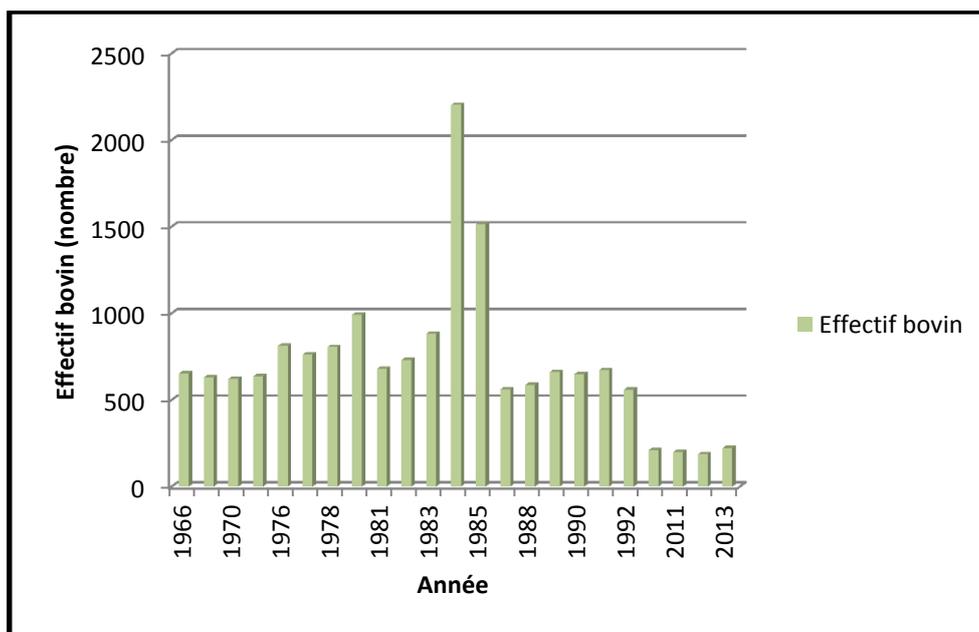


Figure 27 : Evolution de l'effectif bovin du CRZ de Dahra

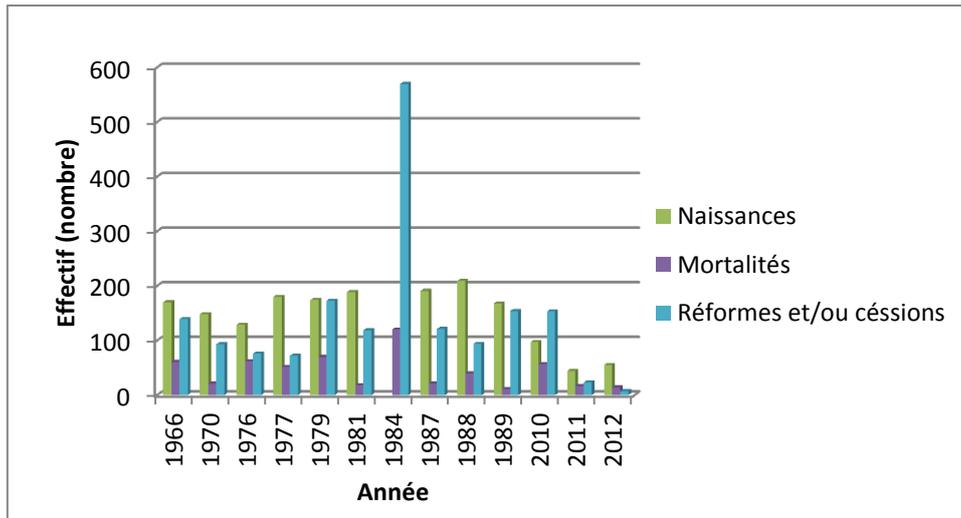


Figure 28 : Evolution de certains paramètres démographiques du cheptel bovin du CRZ de Dahra

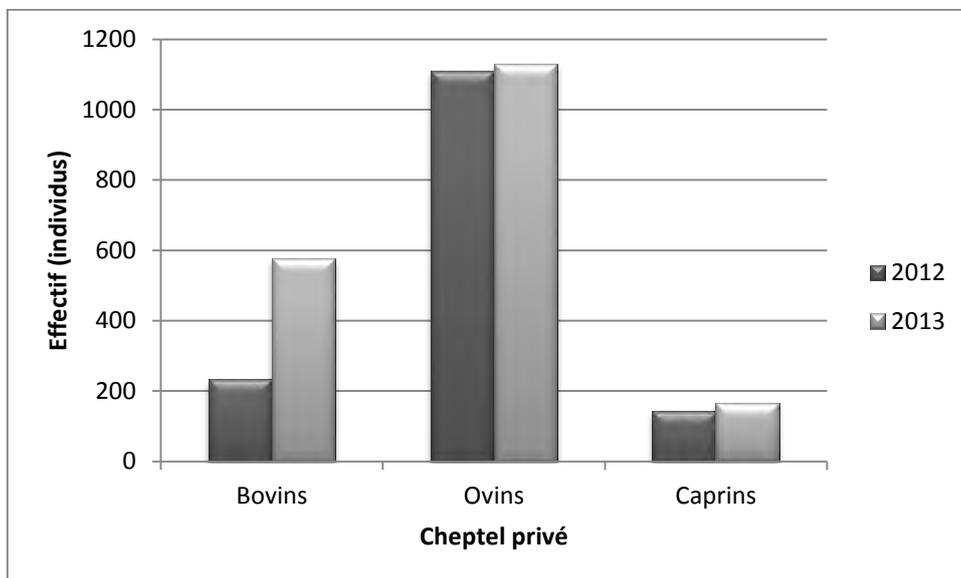


Figure 29 : Evolution du cheptel privé pâture dans le centre entre 2012 et 2013

3.5.3) Suivi sanitaire

Il repose sur un traitement prophylactique contre les parasitoses animales internes et externes et une immunisation contre les différentes pathologies constatées dans la zone (Pasteurellose bovine, botulisme, charbon bactérien, charbon symptomatique, Dermatose nodulaire) ; sur des visites quotidiennes effectuées sur l'ensemble des animaux pour observer leur comportement et les supposés malades reçoivent un traitement basé sur un diagnostic (CRZ/Dahra, 2014).

3.5.4) Suivi zootechnique

Il se résume au suivi de la croissance pondérale mensuelle des jeunes de 0 à 12 mois, de la reproduction des adultes et également d'un suivi trimestriel de la croissance pondérale des taurillons et génisses de 24 à 36 mois d'âge.

Ce suivi a permis l'obtention du poids moyen des animaux suivant les catégories. Ainsi chez les vaches, il varie entre 227 et 461 kg, les génisses entre 160 et 442 kg, les taurillons entre 257 et 354 kg, les taureaux entre 416 et 526 kg, les vêles entre 61 et 112 kg et enfin les veaux entre 56 et 172 kg.

Le mode de reproduction de ces animaux est basé sur la saillie naturelle avec la présence permanente d'un taureau dans les lots. Pendant la période favorable (Août-septembre), la majorité des saillies est détectée par les bergers et notée au niveau de l'infirmier afin de procéder à la confirmation à travers la palpation transrectale.

3.5.5) Conduite du troupeau

L'organisation du troupeau a subi en 30 années des modifications importantes. On peut distinguer cependant 3 types de conduites, dont les différences essentielles résident dans le contrôle de la vie de reproduction des femelles et l'utilisation des taureaux.

Dans un premier temps avant 1966, les femelles étaient placées sans distinction d'âge et de numéro de vêlage dans un troupeau avec un mâle.

La femelle, lorsqu'elle vêlait, était placée dans un lot avec ou non le même taureau.

Le lot était composé d'environ de 50 têtes. Les taureaux étaient choisis en fonction de leur évolution pondérale et de leur aspect phénotypique.

A partir de 1966, l'organisation de la vie du troupeau a été modifiée. A l'étable se trouvaient les veaux, les différents troupeaux de vaches aux 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} vêlages, et ultérieurement des troupeaux de sélection. En fait, seuls les veaux restaient en permanence à la bouverie, les vaches suitées venant pour la tétée deux fois par jour avant de repartir juste après vers les zones de pâturages. Tous les autres animaux séjournaient en extensif de même que les femelles après le sevrage de leur produit et ceci jusqu'à leur vêlage suivant.

Les mâles, lorsqu'ils atteignaient l'âge de 36 mois, étaient capables de débiter leur carrière de reproducteurs. Mais avant d'être choisis, un premier examen était pratiqué sur leur croissance et leur conformation ; ils sont jugés par rapport à des seuils de sélection calculés.

A partir de 1972 une nouvelle méthode de choix des mâles est mise en place.

En effet, les meilleurs veaux étaient placés après le sevrage dans un troupeau de pré-testage collectif après un premier tri sur performances parentales (sélection sur ascendance) : vingt à trente animaux composaient ainsi ce lot. Ensuite, après une période dont la durée est à l'étude, 10 mâles présélectionnés sur la base de leur croissance et de leur conformation subissaient un contrôle individuel (testage final) qui comporte une étude de la croissance de l'animal, et de son indice de consommation propre. De plus, des récoltes de semence après dressage étaient effectuées régulièrement et ainsi la spermiologie explorée. A la suite de cette phase, 3 ou 4 animaux sont retenus comme futurs géniteurs sur la base de leurs différentes performances (vitesse de croissance, conformation extérieure, indice de consommation, qualité du sperme, aptitude au saut). Ils seront testés sur descendance par insémination artificielle ou par monte naturelle sur les femelles de la station (Sow *et al.*, 1988).

A partir de 2004, tous les animaux ont été ramenés à la petite concession (à la bouverie) pour un contrôle plus strict. L'alimentation du cheptel repose essentiellement sur les pâturages naturels. Les animaux séjournent sur les pâturages de l'extensif deux fois la journée ; une première à l'aube et qui dure quatre (4) heures de temps (5h du matin à 9h) et une deuxième pendant le reste de la journée (10h30 du matin au crépuscule).

Les animaux du centre sont en perpétuelle compétition pour la ressource avec, les animaux privés autorisés à pâturer dans le centre, ceux des villages environnants de même que ceux des transhumants pendant l'hivernage du fait de l'absence de clôture dans la majeure partie du centre.

3.5.6) Les points d'eau

Le centre disposait de deux forages dont l'un situé en extensif (forage de Diéry à environ 6 km de la bouverie) et l'autre dans la petite concession. Ils assurent l'alimentation en eau de la population animale du centre, des populations environnantes et leur bétail.

Il est à noter que le forage de Diéry n'est plus fonctionnel depuis 2005 du fait d'une baisse du niveau de la nappe. Ce qui a motivé le transfert des animaux de l'extensif à la petite concession pour leur éviter les longs déplacements pour l'abreuvement (CRZ/Dahra, 2012). L'abreuvement se fait donc actuellement uniquement dans la petite concession au retour des pâturages de l'aube en utilisant le même abreuvoir que les animaux privés (CRZ/Dahra, 2014).

3.5.7) Situation de la recherche

Le centre de recherches zootechniques, a connu plusieurs travaux de recherches portant sur des domaines aussi divers que sont la santé et la production animales (ISRA, 1982, 1985, 1987, 1988, 1989, 1991, 2002 ; CRZ-Dahra, 1970, 1971, 1973, 1979). Les principales activités ont porté sur la physiologie animale (Touré, 1985), l'étude et l'amélioration de la productivité à travers l'étude de paramètres zootechniques des bovins (Denis, 1981; Diallo, 1984a, 1984d; Coly, 1985 ; Kamara, 1985 ; Mbaye et Ndiaye, 1986 ; Mbaye et al., 1986), des petits-ruminants (Sow et al., 1985a, 1985 b) et des équins, les systèmes de production laitière (Ndong, 1982 ; Ngom, 2009 ; Dieng, 2011) et bouchère (Mime, 1982 ; Diop, 1989) et l'alimentation du bétail (Diallo, 1982 ; Niang, 1982 ; Thiogane, 1982 ; Diallo, 1984c, 1984e ; Diallo et Ngoma, 1984, 1991a, 1991b ; Ndiaye, 1985).

Des études sur les pâturages naturels (Boudet, 1980, 1981, 1983), ont été longtemps effectuées par l'équipe agrostologique du LNERV et du CRZ de Dahra. Elles portaient sur la structure (recouvrement, richesse, diversité spécifique, etc.) (Raynal, 1964), le fonctionnement (phytomasse) (Valenza, 1981), la qualité (valeur fourragère) (Guérin *et al.*, 1982), la capacité de charge (ISRA, 1989) , la dynamique et l'amélioration (Guérin, 1981) des parcours, avec l'utilisation dernièrement de la télédétection (Diallo, 1996 ; Fensholt, 2003) pour la caractérisation de la végétation.

L'importance de la documentation dans cette zone, fait d'elle un cadre idéal pour les activités de recherches.

Chapitre 4 : Démarche méthodologique

Nous exposerons dans cette partie, les différentes méthodes recourues pour apprécier la dynamique de la structure et du fonctionnement de la végétation, celle du carbone, de l'azote et du rapport C/N du sol et enfin l'effet de la sécheresse à court terme sur le couvert herbacé de la station du CRZ de Dahra.

4.1) Dynamique de la végétation du CRZ de Dahra

L'essentiel des données utilisées pour l'étude de dynamique de la végétation du CRZ de Dahra provient des travaux de Raynal (1964), Boudet (1980, 1981 et 1983), ISRA (1988) et de celles qu'on a réalisé en 2011.

Dans le cadre de leurs travaux, Boudet (1980, 1981 et 1983) et ISRA (1988) ont subdivisé la zone d'étude en deux secteurs Dahra nord et Dahra sud en fonction de la disposition des placeaux suivant le gradient pluviométrique (ISRA, 1988). Le secteur Dahra nord correspond aux placeaux localisés au niveau des dunes de l'erg moyen et le secteur Dahra sud ceux des dunes de l'erg ancien. Le secteur Dahra correspond à la moyenne des données collectées dans ces deux secteurs. Les données recueillies dans les études de ces deux derniers auteurs ont permis de faire l'analyse pluriannuelle de la contribution des types morphobiologiques au recouvrement herbacée, des indices spécifiques de qualité, de la valeur pastorale brute et de la phytomasse herbacée.

Ensuite, nous avons effectué une comparaison de la végétation du centre de 1964 et 2011 sur le plan structural et fonctionnel en nous basant sur les relevés phyto-sociologiques réalisés par Raynal (1964). En effet ce dernier avait effectué ces relevés sur 55 sites au niveau du CRZ de Dahra, avec l'aide du SIG, nous avons pu réaliser des relevés de végétation sur ces mêmes sites en 2011.

4.1.1) Diversité floristique

Pour l'évolution de la composition floristique du Centre en 1964 et 2011, une comparaison de la richesse floristique et du recouvrement des espèces par la méthode Braun-Blanquet (1964) est faite. Par rapport au recouvrement qui est un paramètre semi-quantitatif, il a été transformé en recouvrement moyen selon la méthode de Dufrêne (2003), qui utilise la médiane pour chaque classe de recouvrement donnée par Braun-Blanquet.

L'importance et la distribution des espèces dans les différents biotopes ont été étudiées en utilisant l'histogramme des classes de fréquences de Raunkiaer (1905) cité par Mangara *et al.* (2008), les indices de Shannon (H' et E) et de Jaccard, qui utilisent la fréquence de présence. Il en est de même que la fréquence absolue ou spécifique d'une espèce E dans N relevés, traduit par le nombre de présences de l'espèce E dans les N relevés. La fréquence relative d'une espèce E dans N relevés, exprimée en pourcentage est le rapport du nombre de présences de l'espèce E sur l'ensemble des relevés, soit E/N (Mangara *et al.*, 2008). Pour les deux années (1964 et 2011), les espèces recensées ont été regroupées en 5 classes de fréquence selon l'histogramme de Raunkiaer (1905) cité par Mangara *et al.* (2008) présenté au tableau 4.

Tableau 4 : Correspondance entre les classes de fréquence de Raunkiaer (1905) cité par Mangara *et al.* (2008) et les fréquences relatives.

Classes	Fréquences relatives (%)
I	0 à 20
II	21 à 40
III	41 à 60
IV	61 à 80
V	81 à 100

La contribution spécifique liée à la fréquence de chaque espèce ou CSi expression de la contribution apportée par une espèce dans une végétation donnée, à partir de sa fréquence absolue. Elle est calculée par la formule proposée par Daget et Poissonet (1969), à savoir :

$$CSi = \frac{FS(e)}{\sum_1^n FS}$$

Où $FS(e)$ est la fréquence absolue de l'espèce (e) et $\sum_1^n FS$, la somme des fréquences absolues de toutes les espèces recensées (n).

L'indice de diversité de Shannon ($H' = -\sum f_i \log_2 f_i$, avec $0 < f_i < 1$), qui repose sur la théorie de l'information, suppose que la diversité dans un écosystème peut être mesurée comme l'information contenue dans un message ou un code. Plus l'indice est élevé, plus la diversité est grande.

L'évaluation de l'équitabilité ($E = H'/H_{max}$) est utile pour détecter les changements dans la structure d'une communauté et, ainsi, le niveau d'organisation de cette dernière. On l'appelle aussi régularité ; c'est le rapport entre la diversité observée (H') et la diversité maximale ($H_{max} = \log_2 S$), S étant le nombre d'espèces.

Les indices de Jaccard ($P_j = c / (a+b+c) \times 100$ où : a = nombre d'espèces de la liste a (relevé A) ; b = nombre d'espèces de la liste b (relevé B) ; c = nombre d'espèces communes) permettent de quantifier la similarité entre habitats (ou milieux). La similarité augmente avec la valeur de ces indices (Akpo et Grouzis, 2004).

4.1.2) phytomasse herbacée

La méthode de la récolte intégrale a été utilisée pour l'évaluation de la phytomasse herbacée. Trente (30) échantillons de phytomasse ont été prélevés sur une superficie d'environ d'un hectare à l'aide d'un carré d'un mètre de côté, sur chaque site. La phytomasse moyenne du couvert herbacé du centre a été calculée pour ces deux périodes et leurs confrontations ont permis d'avoir une idée sur la situation de sa production herbagère.

4.1.3) Valeur pastorale et capacité de charge

La valeur pastorale permet l'évaluation de la qualité fourragère des parcours (Boudet, 1983 ; Daget et Godron, 1995 ; César, 2005). Elle dépend à la fois de la contribution spécifique des espèces (CSi) et de leur indice de qualité spécifique (ISi). Cette dernière correspond soit aux valeurs bromatologiques des espèces végétales des milieux analysés ou alors aux notes attribuées

par des éleveurs (bergers, propriétaires de troupeaux, personnes ressources) enquêtés (Sawadogo, 2011). L'indice de qualité (ISi) prend également en compte, 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 (Boudet, 1983 ; Akpo, *et al.*, 2002 ; Bakhoun, 2013).

Boudet (1983) et Kièma (2007), en ont retenu quatre classes (0 à 3) présentées comme suit :

- 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 est déterminée à partir de la formule suivante (Daget et Poissonet, 1969):

$$VPB = \frac{1}{k} \sum CSi \times ISi$$

k , plus fort indice de l'échelle donc 3 dans le cas de cette présente étude;

ISi , indice de qualité spécifique ou coefficient de valeur de l'espèce i ;

CSi , contribution spécifique de l'espèce i .

La capacité de charge, qui correspond au nombre de têtes de bétail qu'un parcours peut accueillir et nourrir sans se détériorer, est calculée à partir de la formule suivante (Sawadogo, 2011) :

$$CC(UBT / ha / dp) = \frac{PH(KgMS / ha) \times CU}{6,25(KgMS / UBT) \times dp}$$

- CC , capacité de charge en UBT/ha/période (ou ha/UBT/période);

PH , phytomasse maximale ;

- CU , coefficient d'utilisation, nous avons retenu 30 % représentant la portion de la production potentielle qui peut être réellement consommée en tenant compte des pertes dues à la consommation par d'autres herbivores, aux insectes, aux moisissures, aux feux, au piétinement (Breman et De Ridder, 1991) et à la part qui doit être préservée pour assurer la couverture du sol afin d'assurer sa protection contre l'érosion (Boudet, 1978) ;

- $6,25$, consommation journalière de l'UBT en kg de matière sèche ;

- dp , durée en jours de la période de la saison de pâturage concernée, (soit 365 pour la capacité de charge annuelle ; période de végétation active soit 95 jours pour la saison pluvieuse ; 270 jours soit l'année moins la période de végétation active pour la saison sèche).

Pour cette présente étude, c'est la capacité de charge en saison sèche qui est calculée.

4.2) Effet de la sécheresse à court terme sur les parcours

Un dispositif d'exclusion de pluie (figure 30) de 4 m² avec 4 traitements (témoin + 3 traitements de sécheresse : 25%, 50% et 75%) répétés 5 fois a été mis en place au cours de l'année 2011. A partir de 2012, le dispositif est amélioré et a vu ses dimensions augmentées à 8 m² en vue de minimiser l'effet bordure. De même, le nombre de répétition est passé de 5 à 10.



Figure 30 : Parcelle d'expérimentation du dispositif d'exclusion de pluie et dispositif de mesure de la teneur en eau du sol

Un certain nombre de paramètres ont été étudiés afin de tester ce dispositif. Le rayonnement photosynthétique (PAR) pour voir si les abris qui servent de toit se laisse traverser par la lumière solaire, la température ambiante et sous abris, la température du sol, la teneur en eau du sol dans les horizons 0-15 et 15-30 cm et l'effet bordure.

En ce qui concerne l'étude de la structure de la végétation, elle est faite à travers la caractérisation de la richesse spécifique suivant la présence et l'absence des espèces, le recouvrement de la strate herbacée selon la méthode de Braun-Blanquet (1964) et qui est transformé en recouvrement moyen selon l'approche de Dufrêne (2003).

S'agissant du fonctionnement de la strate herbacée, la méthode de la récolte intégrale est utilisée pour évaluer la phytomasse herbacée. Un carré de 1 m de côté est placé au centre de chaque parcelle d'un traitement donné, puis un tri des espèces est effectué au niveau de chaque échantillon afin d'apprécier la contribution de ces dernières dans la phytomasse (figure 31).

La valeur nutritive des différents types morphobiologiques (graminées, légumineuses et phorbés) est évaluée dans les différents traitements pour l'année 2013. Un échantillon de 200 g de chaque type morphobiologique est prélevé sur chaque traitement de sécheresse et acheminé au laboratoire d'alimentation et de nutrition du LNERV afin de déterminer certaines de ces composantes organiques (cellulose, lignine, protéine), minérales (phosphore, calcium) et les unités fourragères lait et viande.



Figure 31 : tri des différentes espèces herbacées du dispositif expérimental

4.3) Evolution de la teneur en carbone et azote du sol de la station du CRZ de Dahra

Dans le cadre de cette étude, 62 relevés pédologiques sont réalisés au niveau du CRZ de Dahra. Ces derniers sont effectués sur les mêmes endroits que ceux d'Audry en 1962 (figure 32). Sur chaque relevé, des prélèvements de sols au niveau des horizons 0-20 cm et 20-40 cm sont effectués. Le nombre d'échantillons est fonction de la superficie des différents types de sols rencontrés que sont : **CFC**= Complexe ferrugineux calcimorphe des zones sableuses à calottes calcaires ; **-CMD**= Complexe mal drainé des bas-fonds et mares temporaires ; **-SBR**= Sols bruns rouges; **-SD**= Sols diors; **-SFT**= Sols ferrugineux tropicaux à drainage moyen ou médiocres.

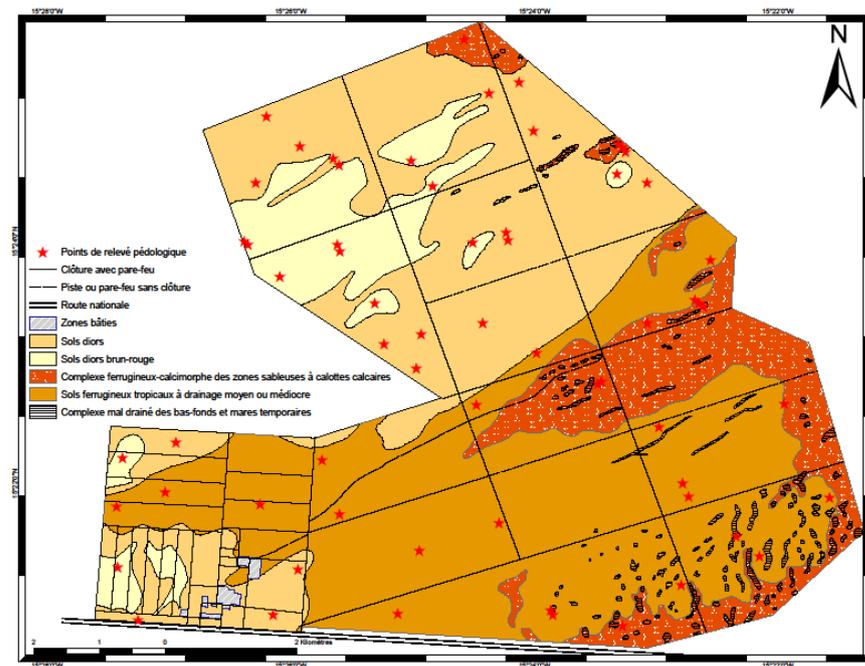


Figure 32 : Localisation des relevés pédologiques dans les différents types de sols du CRZ de Dahra

La superposition des points de relevés pédologiques sur la carte d'occupation du sol du centre (figure 33) nous a permis d'identifier le nombre de prélèvements de chaque système d'exploitation (pâturages (33), gommier âgé entre 10 à 15 ans (23) et culture âgée entre 6 à 18 ans (6)). Ces échantillons de sol sont par la suite analysés au laboratoire à l'aide d'un analyseur Leco TruSpec afin de déterminer la teneur en Carbone total et en Azote du sol. Dans le cadre de ces travaux, Audry (1962) avait recouru respectivement aux méthodes de Walkley-Black et Kjeldahl pour caractériser ces dernières.

La densité apparente a été mesurée sur les différents types d'occupation avec les tailles suivantes : pâturages (4), gommier (7) et culture (3). Le stock de carbone est évalué à partir de la formule suivante (Pearson et Brown, 2005) :

$$C \text{ (t /ha)} = [\text{densité de masse du sol (g /cm}^3\text{)} \times \text{profondeur du sol (cm)} \times C] \times 100.$$

Dans cette équation le C est une fraction décimale ; par exemple un carbone de 2,2% est catégorisé comme étant 0,022 dans l'équation.

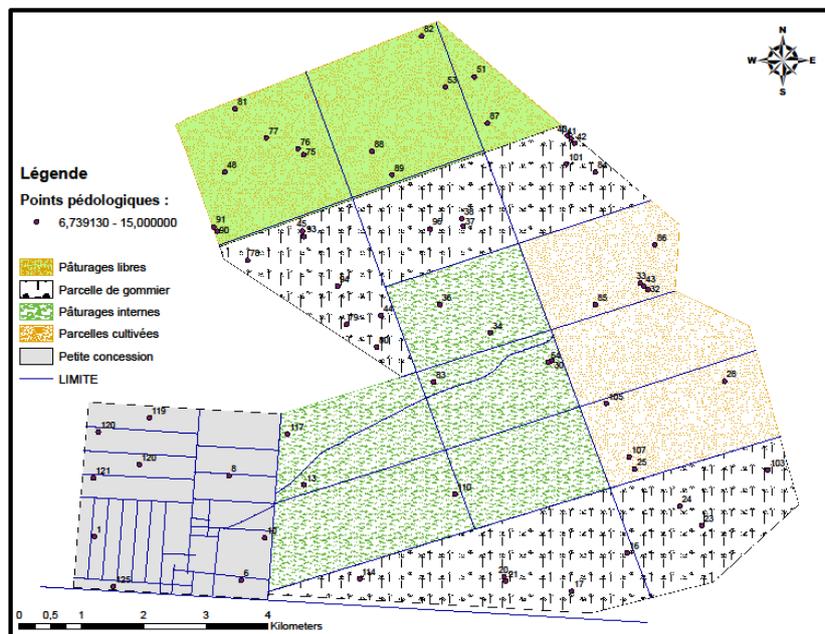


Figure 33 : Localisation des points de relevés pédologiques dans les différents systèmes d'exploitation de la station de Dahra

Le rapport C/N nous a permis d'apprécier l'évolution du carbone et de la matière organique du sol de façon générale. Ainsi quatre classes de ce rapport sont retenues (Kaboré 2001) :

- $C/N < 10$: sol minéralisable à faible teneur en matière organique ;
- $8 < C/N < 12$: matière organique bien décomposée ;
- $15 < C/N < 25$: matière organique mal décomposée ;
- $C/N > 25$: sol pauvre en matière organique.

4.4) Analyses statistiques des données

Des ANOVA ont été réalisées avec le logiciel KaleidaGraph pour déterminer l'existence ou non de différence significative au seuil de 5% (test de Tukey) :

- Des données de la phytomasse, du recouvrement et de la richesse spécifique du couvert herbacé suivant les différents traitements de sécheresse ;
- Des données de la teneur en C, en N et le rapport C/N des différents substrats et types d'occupation du sol pour les années 1962 et 2011.

Des régressions linéaires ont été également utilisées pour voir les corrélations entre certains variables (carbone et azote, phytomasse et pluviométrie).

Une analyse en composante principale (ACP) est également réalisée afin de donner une typologie de la variation du carbone et de l'azote du sol au niveau du CRZ de Dahra.

Deuxième partie : Résultats et discussions

Chapitre 5 : Dynamique de la végétation pastorale du CRZ de Dahra

L'étude de la dynamique des pâturages revêt une importance capitale dans les écosystèmes pastoraux sahéliens car constituant la base de l'alimentation du cheptel et offrant également de nombreux services écosystémiques. Son appréciation permet une meilleure gestion de ses ressources en limitant les fortes pressions qu'elles subissent, et une mise en place de plans rationnels de leur exploitation et de leur sauvegarde.

Dans ce chapitre, une analyse de l'évolution de certains paramètres de structure (types morphobiologiques), de qualité des pâturages (valeur pastorale brute (VPB), indice spécifique (ISi) et de production (la phytomasse herbacée) est faite, suivie d'une étude comparative de la diversité floristique et de la phytomasse herbacée des années 1964 et 2011, enfin les facteurs susceptibles d'expliquer cette dynamique sont déclinés.

5.1) Variation des types morphobiologiques au niveau de Dahra et ses secteurs

Au niveau de Dahra, la contribution des types morphobiologiques au recouvrement, fluctue en moyenne de 9 (1979) à 68% (1981) pour les graminées, de 17,5 (1977) à 75,5% (1987) pour les légumineuses et de 0 (1981) à 41 % (1979) pour les phorbes (figure 34). Les graminées et les légumineuses constituent les groupes dominants (4 années sur 8 chacune).

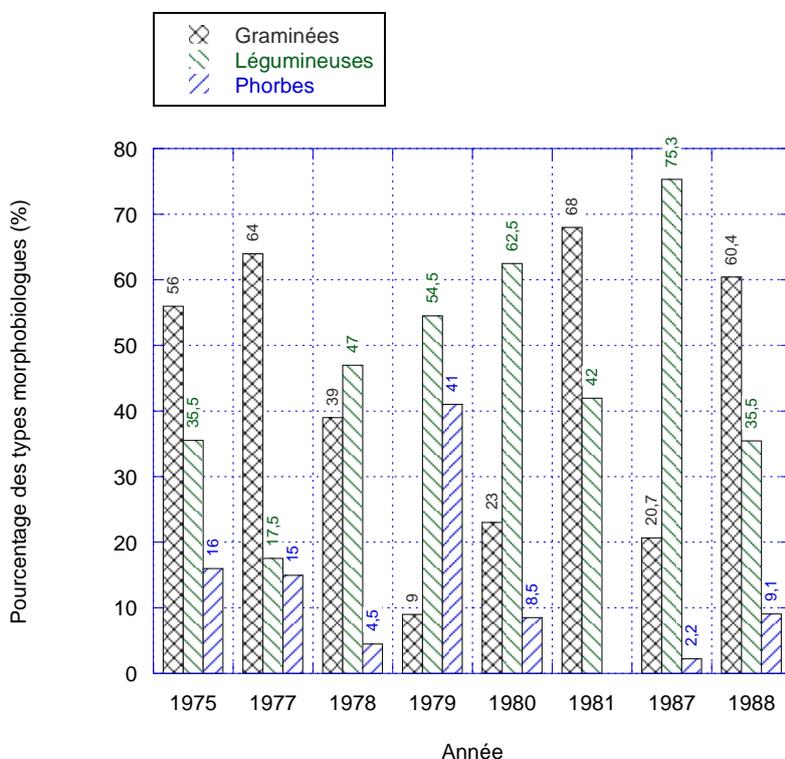


Figure 34 : Variation interannuelle des types morphobiologiques au niveau de Dahra

Au niveau de Dahra Nord, la contribution des types morphobiologiques varie de 0 (1979) à 71% (1977) pour les graminées, de 2 (1977) à 73,7% (1987) pour les légumineuses et de 0 (1981) à 76% (1979) pour les phorbes. Les graminées présentent les taux les plus importants de 1975 à 1978 et en 1988 (5 années sur 9), les légumineuses pour les années 1980, 1981 et 1987 (soit 3 années sur 9) et les phorbes en 1979 (figure 35).

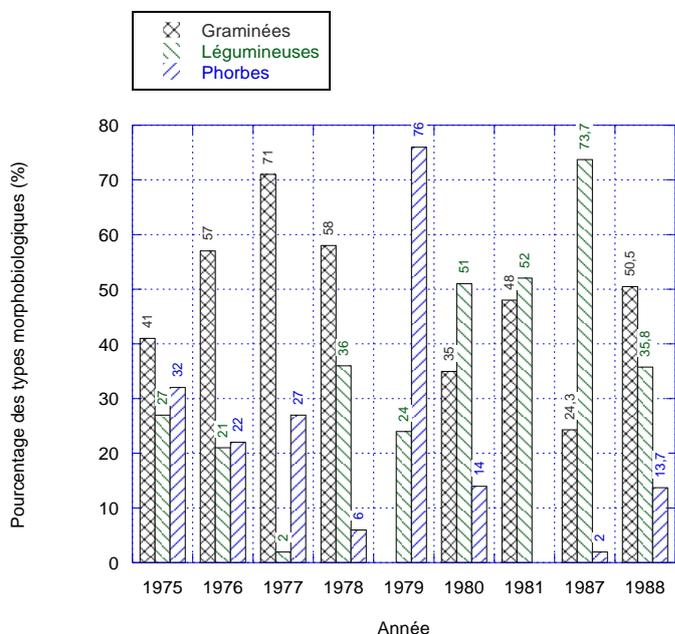


Figure 35 : Variation interannuelle des types morphobiologiques au niveau de Dahra Nord

Au niveau de Dahra Sud, la contribution des types morphobiologiques varie de 9 (1979) à 68% (1981) pour les graminées, de 33 (1977) à 85% (1979) pour les légumineuses et de 0 (1975) à 6% (1979) pour les phorbes. Les graminées étaient prépondérantes pour les années suivantes 1975, 1977, 1981 et 1988 (soit 4 années sur 8) tandis que les légumineuses dominaient de 1978 à 1980 et en 1987 (soit 4 années sur 8) (figure 36).

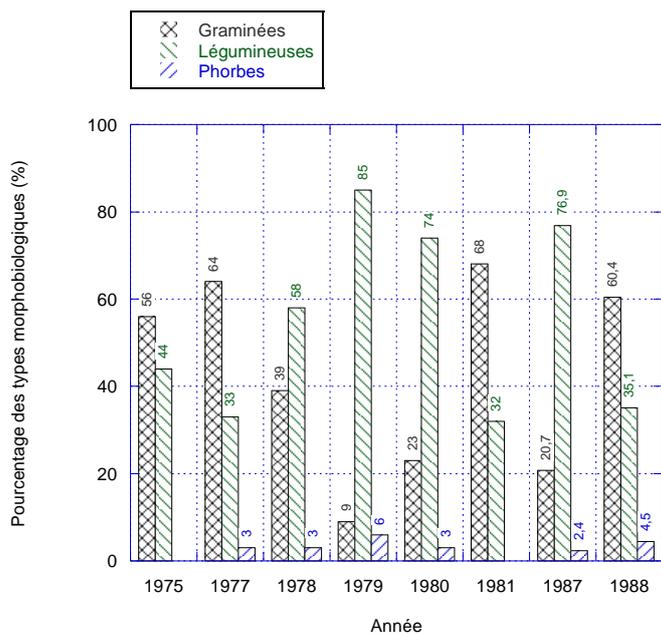


Figure 36 : Variation interannuelle des types morphobiologiques au niveau de Dahra Sud

5.2) Evolution de la phytomasse herbacée

La phytomasse herbacée varie en moyenne de 450 (1979) à 1880 KgMS/ha (1988) à Dahra (figure 37), celle-ci était comprise entre 570 et 1740 KgMS/ha au Nord et de 330 à 2020 KgMS/ha au Sud (figure 38). La production de phytomasse était plus importante au Nord (4 années sur 5) qu'au sud (1 année sur 5).

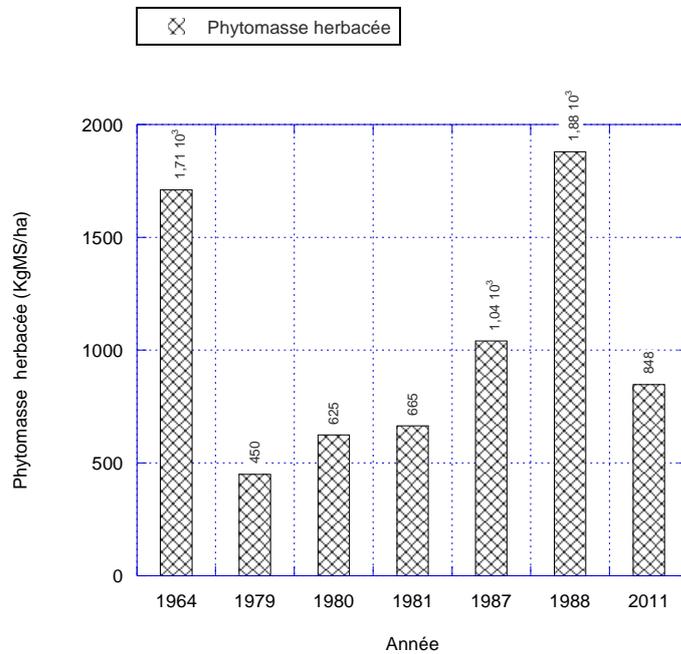


Figure 37 : Evolution de la phytomasse herbacée de Dahra

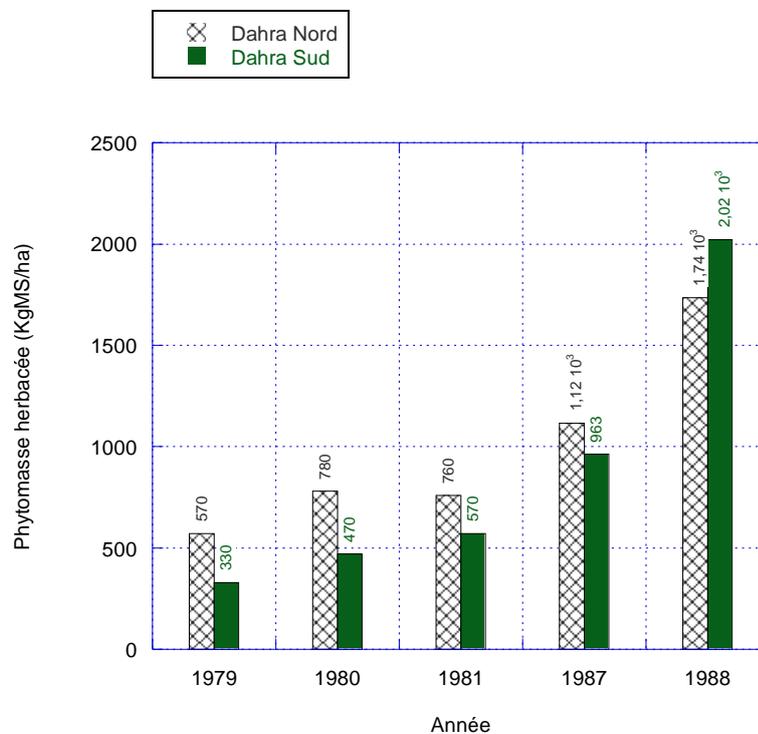


Figure 38 : Evolution de la phytomasse herbacée dans les secteurs Nord et Sud de Dahra

L'analyse du tableau 5 montre que 1964 et 1988 sont des années à phytomasse herbacée importante, les années 1980, 1981, 1987 et 2011 présentent une phytomasse moyenne et 1979 a une production faible (tableau 5).

Tableau 5 : Les différentes classes de phytomasse herbacée au niveau de Dahra

Phytomasse herbacée moyenne (PH) ± Standard deviation (KgMS/ha)	Appréciation	Année
PH>1586,29	Importante	1964 ; 1988
1586,29≤PH≤475,71	Moyenne	1980 ; 1981 ; 1987 ; 2011
PH<475,71	Faible	1979

5.4) Dynamique de la valeur pastorale brute

Au niveau de Dahra, la valeur pastorale brute (VPB) du couvert herbacée varie entre 57,8 (1979) et 76% (1981) (figure 39). L'analyse du tableau 6 indique que 7 années sur 9 présentent une VPB moyenne donc comprise entre 64,5 et 74, 9%, 1 année sur 9 présentant une VPB importante (en 1981) et une VPB faible (en 1979).

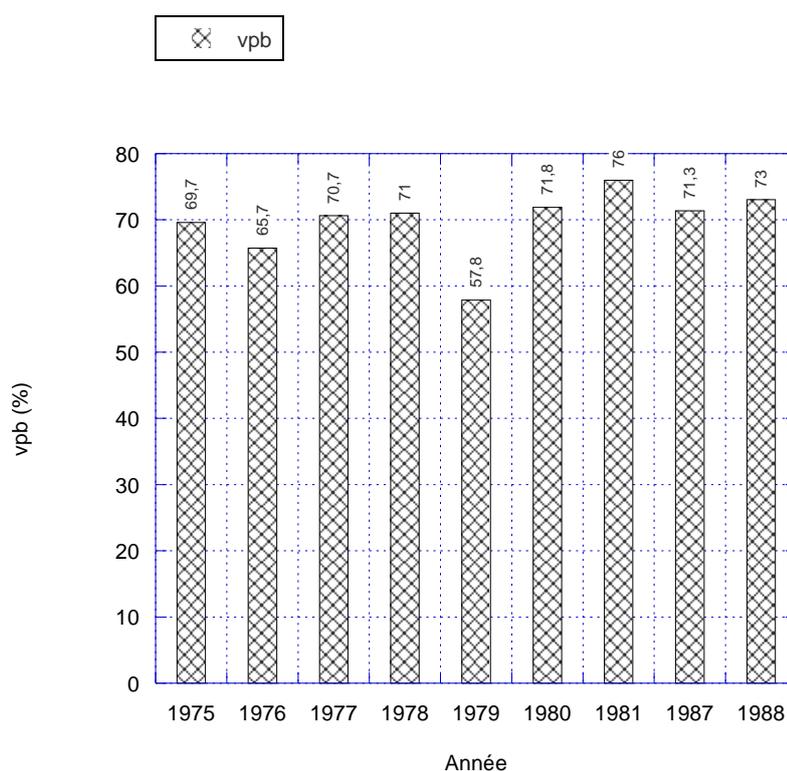


Figure 39 : Variation de la valeur pastorale brute au niveau de Dahra

Tableau 6 : Les classes de VPB au niveau de Dahra

VPB± (Standard deviation) en %	Appréciation	Année	Nombre d'années
VPB>74,9	Importante	1981	1
64,5≤VPB≤74,9	Moyenne	1975 à 1978 ; 1980 ; 1987 et 1988	7
VPB<64,5	Faible	1979	1

Au niveau des secteurs, cette VPB varie de 48 (1979) à 73,2% (1987) au Nord et de 67,7 (1979) à 81,3% (1975) au Sud. La VPB était importante au niveau de 4 années sur 8 et moyenne pour le même nombre d'année au Sud. Par contre au Nord, 7 années sur 9 avaient une VPB moyenne et 2 sur 9 une VPB faible comparée à celle de Dahra (figure 40). Donc les pâturages du secteur Sud présentent une qualité supérieure à celle du Nord.

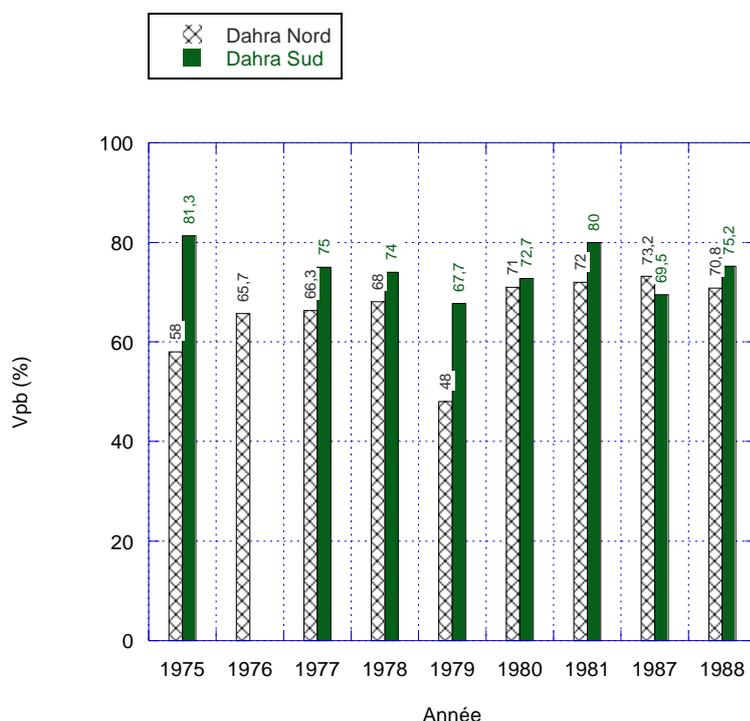


Figure 40 : Evolution de la valeur pastorale brute au niveau des secteurs Nord et Sud de Dahra

5.5) Variation de l'indice spécifique de qualité de la flore du CRZ de Dahra

La flore de Dahra est marquée par la prédominance des espèces à moyenne valeur pastorale (MVP) de 1975 à 1981 avec des taux variant entre 31 et 50%. Elles sont suivies par les espèces de bonne valeur pastorale (BVP) et de faible valeur pastorale avec des taux respectifs variant de 20 à 43,7% et 13,6 à 34,5% (figure 41).

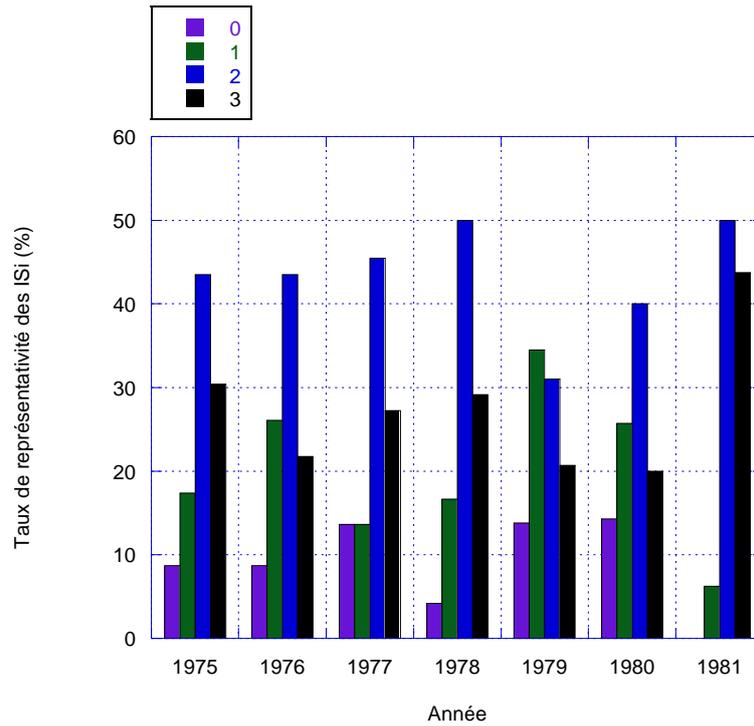


Figure 41 : Evolution des indices spécifiques de la flore du Dahra

5.6) Relation entre la pluviométrie, phytomasse herbacée et capacité de charge

Le tableau 7 montre la variation de la phytomasse herbacée moyenne, de la capacité de charge en saison sèche et du nombre de jour de pâture suivant le gradient pluviométrique. L'ensemble des paramètres étudiés (phytomasse herbacée, capacité de charge en saison sèche et le nombre de jour de pâture) augmente avec l'humidité, même si les valeurs les plus élevées ne sont pas observées durant l'année la plus pluvieuse (1987).

Tableau 7 : Variation de la phytomasse herbacée, capacité de charge et nombre de jour de pâture suivant le gradient pluviométrique

Gradient	Aridité		Humidité				
	1979	1981	1964	1980	1987	1988	2011
Années	1979	1981	1964	1980	1987	1988	2011
Pluviométrie (mm)	310	325,1	459,9	376	448	424,9	345,2
Phytomasse herbacée moyenne (Kg MS/ha)	450	665	1710	625	1039,5	1879	847,86
capacité de charge en saison sèche (UBT/ha/dp)	0,08	0,12	0,30	0,11	0,18	0,33	0,15
Nombre de jour de pâture (j)	72	106	274	100	166	301	136

Une corrélation positive est notée entre la pluviométrie et la phytomasse herbacée du CRZ de Dahra ($R^2 = 0,62$), celle-ci est plus importante au niveau du secteur Nord ($R^2 = 0,71$) que celui du Sud ($R^2 = 0,63$) (figure 42).

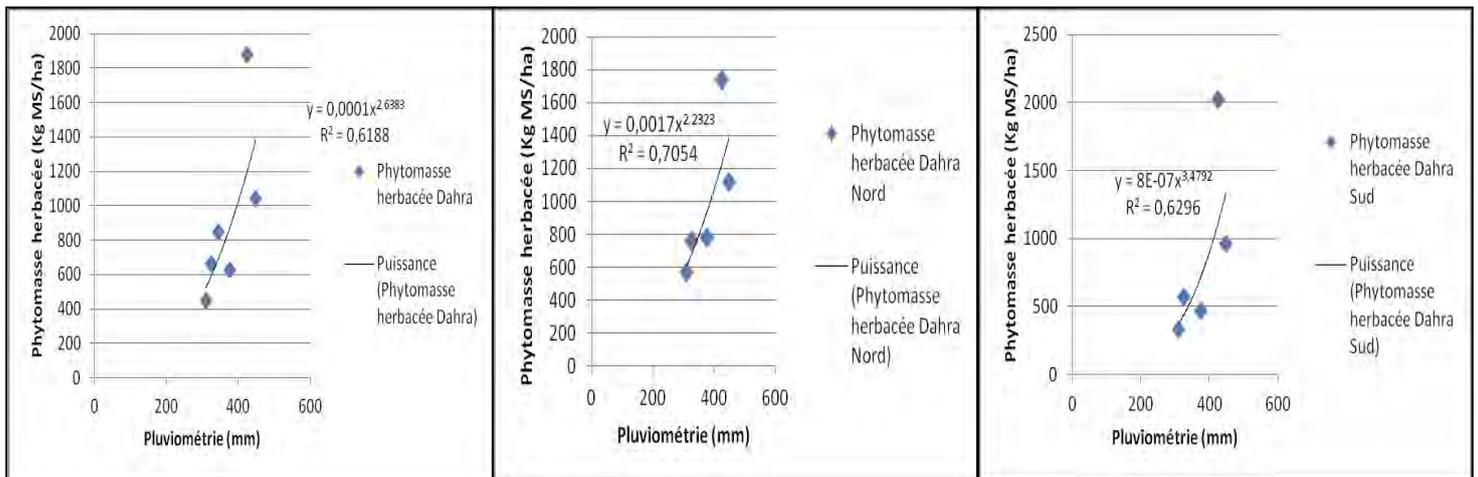


Figure 42 : Relation phytomasse herbacée et pluviométrie au niveau de Dahra et secteurs

5.7) Etude comparative de la végétation du CRZ de Dahra de 1964 et 2011

5.7.1) Variation de la composition floristique

La composition floristique du CRZ a connu une baisse significative. Le nombre d'espèces présentes (herbacées et ligneux) qui était de 152 en 1964 est passé à 92 en 2011, soit une baisse de 60 espèces. Quarante-vingt-dix (90) des espèces recensées en 1964 sont « absentes » (dont 81 herbacées et 9 ligneux) en 2011, même si on a pu identifier 31 « nouvelles présences » (dont 27 herbacées et 4 ligneux) au cours de cette dernière année de suivi. Le nombre de genre est passé de 94 à 56 et celui de la famille de 41 à 30 (Tableau 8). Le couvert herbacé était riche de 129 espèces réparties en 78 genres et 30 familles en 1964 alors qu'en 2011 il ne présentait que 74 espèces réparties en 44 genres et 20 familles (Tableau 8).

Tableau 8 : variation de la richesse floristique (herbacée et ligneuse) du CRZ de Dahra pour les années 1964 et 2011

Années	Type de végétation	Nombre d'espèces présentes	Nombre d'espèces absentes	Nombre de genres	Nombre de familles
1964	Herbacé	129	27	78	30
	Ligneux	23	4	16	11
	Total	152	31	94	40
2011	Herbacé	74	81	44	20
	Ligneux	18	9	12	10
	Total	92	90	56	30

Les espèces herbacées étaient plus représentées en 1964 et 2011 dans la famille des Poaceae (34,88% contre 29,73%), des Fabaceae (17,05% contre 18,91%), et des Rubiaceae (6,20% contre 10,81%). Les Cyperaceae qui étaient bien représentées en terme d'espèces en 1964 (6,98%) ont connu une baisse en 2011 (1,35%) par contre les Convolvulaceae ont connu une hausse et sont passées de 4,65 % à 10,81% (tableau 9).

Tableau 9 : Variation de la fréquence des espèces par famille en 1964 et 2011 au niveau du CRZ de Dahra

Familles	fréquence espèces/famille 1964 (%)	fréquence espèces/famille 2011 (%)
Acanthaceae	3,10	5,41
Aizoaceae	2,33	4,05
Amaranthaceae	2,33	1,35
Asparagaceae	1,55	0,00
Asteraceae	1,55	0,00
Boraginaceae	0,78	0,00
Burséraceae	0,00	1,35
Caryophyllaceae	0,78	1,35
Commelinaceae	1,55	1,35
Convolvulaceae	4,65	10,81
Cucurbitaceae	4,65	2,70
Cyperaceae	6,98	1,35
Euphorbiaceae	3,10	0,00
Fabaceae	17,05	18,91
Geraniaceae	0,78	0,00
Gisekiaceae	0,78	0,00
Lamiaceae	0,78	0,00
Malvaceae	3,10	1,35
Menispermaceae	0,78	0,00
Onagraceae	0,78	0,00
Orobanchaceae	1,55	0,00
Pedaliaceae	1,55	2,70
Phyllanthaceae	1,55	0,00
Poaceae	34,88	29,73
Polygalaceae	0,78	0,00
Portulacaceae	0,78	0,00
Rubiaceae	6,20	10,81
Solanaceae	0,00	1,35
Sapindaceae	0,78	1,33
Sphenocleaceae	1,55	1,35
Sterculiaceae	0,78	1,35
Tiliaceae	0,00	1,35
Tribullaceae	0,78	1,35

S'agissant des ligneux, vingt et trois (23) espèces ont été dénombrées en 1964 réparties en 16 genres et 11 familles tandis qu'en 2011 le nombre d'espèces était de 18 réparti en 12 genres et 10 familles (tableau 8). Les espèces *Euphorbia balsamica*, *Calotropis procera*, *Leptadenia hastata* et *Ziziphus micronata* étaient absentes en 1964 tandis qu'en 2011, le nombre d'espèces absentes, au nombre de 9 correspond à *Acacia macrostachya*, *Bauhinia rufescens*, *Commiphora africana*, *Guiera senegalensis*, *Lannea acida*, *Piliostigma reticulatum*, *Sterculia setigera*, *Stereospermum kunthianum* et *Tamarindus indica*.

La famille des Mimosaceae et celle des Combrétaceae ont été les plus représentées en termes d'espèces au cours de ces deux années, avec des taux respectifs de 26,09 et 21,74% en 1964 puis de 27,78 et 22,22% en 2011 (figure 43).

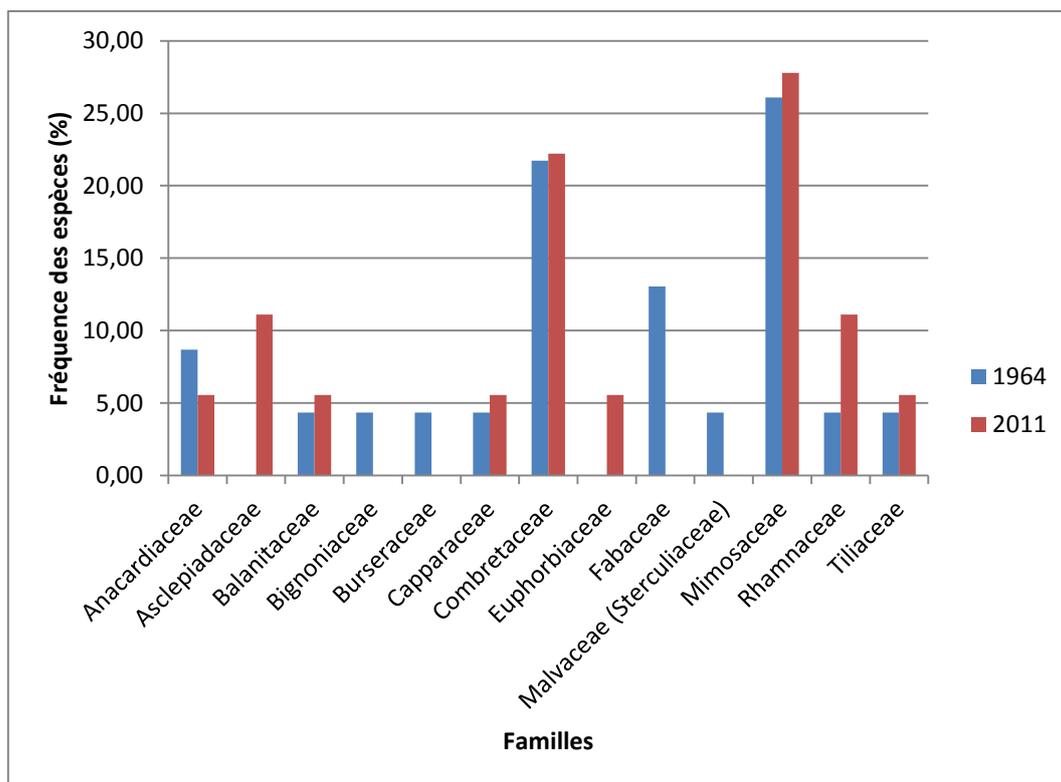


Figure 43 : Répartition des espèces ligneuses par familles botaniques en 1964 et 2011 au niveau du CRZ de Dahra

5.7.2) Variation de la fréquence et de la diversité floristique dans la station de Dahra

L'analyse des courbes de fréquences de 1964 et 2011 indique une prédominance des espèces accidentelles (I) et accessoires (II) et une faible présence des espèces de classe V et IV dans la station du CRZ de Dahra pour ces deux périodes. Cette disposition en L de l'histogramme de fréquence révèle une hétérogénéité et une instabilité du milieu (figure 44).

Le nombre moyen d'espèces par relevé est de 31 ± 8 en 1964 avec 45,45% des relevés dépassant la moyenne spécifique et de 21 ± 4 espèces en 2011 avec 47,27% des relevés dépassant cette moyenne. La moyenne pour les deux périodes est de 26 ± 8 espèces dont 87,27% des relevés de 1964 qui présentait une richesse spécifique supérieure à cette moyenne alors qu'en 2011 il était de 9,09%.

Les espèces herbacées les plus fréquentes en 1964 étaient *Andropogon amplexans divers.*(87,50%), *Borreria stachydea* (87,50%), *Zornia glochidiata* (82,14%), *Cassia mimosoides* (78,57%), *Merremia pinnata* (76,79%) et *Cenchrus biflorus* (76,79%) avec une contribution variant de 2,82 à 3,22% alors qu'en 2011 les espèces *Zornia glochidiata* (94,55%), *Dactyloctenium aegyptium* (90,91%), *Schoenefeldia gracilis* (90,91%), *Alysicarpus ovalifolius* (81,82%), *Chloris prierii* (76,36%), *Cenchrus biflorus* (74,55%) et *Eragrostis tremula* (74,55%) étaient les plus représentées avec une contribution variant entre 4,56 et 5,78% (Tableau 10). La contribution spécifique des graminées est passée de 37, 67% à 41,82%, les légumineuses de 17,33% à 15,02% et les autres herbacés de 44,65 à 43,16% respectivement en 1964 et 2011.

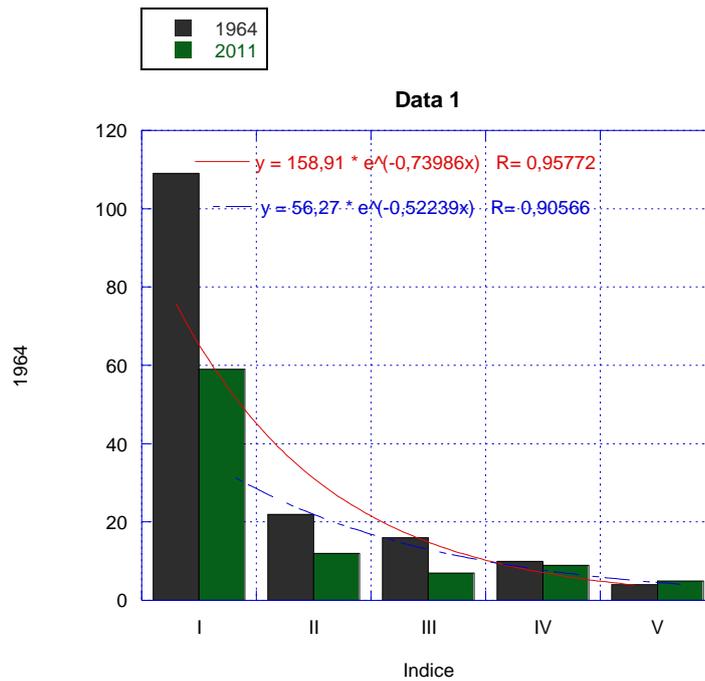


Figure 44 : Variation des histogrammes de fréquences entre 1964 et 2011

Tableau 10 : Fréquence et Contribution spécifique (CSi) de la flore herbacée du CRZ de Dahra de 1964 et 2011

Espèces	1964			Espèces	2011		
	Fréquence relative (%)	CSi (%)	ISi		Fréquence relative (%)	CSi (%)	ISi
<i>Andropogon amplexans divers.</i>	87,50	3,22		<i>Zornia glochidiata</i>	94,55	5,78	2
<i>Borreria stachydea</i>	87,50	3,22	1	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	90,91	5,56	2
<i>Zornia glochidiata</i>	82,14	3,02	2	<i>Schoenefeldia gracilis</i>	90,91	5,56	3
<i>Cassia mimosoides</i>	78,57	2,89	2	<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	81,82	5,01	2
<i>Merremia pinnata</i>	76,79	2,82	2	<i>Chloris prierii</i>	76,36	4,67	3
<i>Cenchrus biflorus</i>	76,79	2,82	3	<i>Cenchrus biflorus</i>	74,55	4,56	3
<i>Commelina forskalaei</i>	67,86	2,50	2	<i>Eragrostis tremula</i>	74,55	4,56	3

<i>Digitaria adscendens</i>	67,86	2,50		<i>Ipomea vagans</i>	70,91	4,34	2
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	64,29	2,36	2	<i>Cassia tora (obs)</i>	69,09	4,23	
<i>Polycarpaea linearifolia</i>	62,50	2,30	0	<i>Aristida mutabilis</i>	63,64	3,89	2
<i>Borreria radiata</i>	62,50	2,30	0	<i>Achyranthes aspera</i>	63,64	3,89	1
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	60,71	2,23	2	<i>Merremia pinnata</i>	60,00	3,67	2
<i>Eragrostis tremula</i>	58,93	2,17	3	<i>Merremia sp</i>	56,36	3,45	
<i>Digitaria gayana</i>	53,57	1,97		<i>Cynodon dactylon</i>	45,45	2,78	
<i>Phyllanthus pentandrus</i>	51,79	1,90		<i>Merremia aegyptium</i>	41,82	2,56	2
<i>Ceratotheca sesamoides</i>	48,21	1,77	0	<i>Borreria linearis</i>	41,82	2,56	
<i>Brachiaria xantholeuca</i>	48,21	1,77	3	<i>Corchorus tridens</i>	41,82	2,56	1
<i>Sporobolus festivus</i>	48,21	1,77		<i>Cucumis melo</i>	36,36	2,22	1
<i>Ipomea pes-tigridis</i>	46,43	1,71	2	<i>Ceratotheca sesamoides</i>	34,55	2,11	0
<i>Cenchrus prieurii</i>	46,43	1,71	3	<i>Digitaria gayana</i>	34,55	2,11	
<i>Ipomea vagans</i>	44,64	1,64	2	<i>Tephrosia purpurea</i>	32,73	2,00	
<i>Chloris pilosa</i>	44,64	1,64	3	<i>Brachiaria xantholeuca</i>	30,91	1,89	3
<i>Chloris prieurii</i>	44,64	1,64	3				
<i>Cassia tora</i>	42,86	1,58					
<i>Elionurus elegans</i>	42,86	1,58	1				
<i>Tephrosia linearis</i>	41,07	1,51					
<i>Aristida mutabilis</i>	41,07	1,51	2				
<i>Melothria maderaspatana</i>	37,50	1,38					
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	37,50	1,38	3				
<i>Waltheria americana</i>	37,50	1,38					
<i>Indigofera aspera</i>	33,93	1,25	2				
<i>Achyranthes argentea</i>	32,14	1,18	1				
<i>Brachiaria hagerupii</i>	32,14	1,18					
<i>Tephrosia purpurea</i>	30,36	1,12					
<i>Striga aspera</i>	30,36	1,12					

NB : seules les espèces présentant une fréquence relative supérieure ou égale à 30% sont représentées avec leur contribution spécifique (CSi)

Les espèces *Guiera senegalensis* (82,14%), *Combretum glutinosum* (71,43%), *Balanites aegyptiaca* (58,93%) et *Acacia senegal* (32,14%) étaient les plus fréquentes dans le centre de Dahra en 1964 tandis qu'en 2011 c'était plutôt les espèces *Balanites aegyptiaca* (87,27%), *Leptadenia hastata* (76,26%), *Acacia raddiana* (52,73%), *Acacia seyal* (50,91%), *Acacia nilotica* (38,18%) et *Acacia senegal* (23,64%) (Tableau 11). *Guiera senegalensis* qui était majoritaire en 1964 a « disparu » au niveau du Centre de Dahra par contre *Combretum glutinosum* et *Grewia bicolor* ont fortement régressé.

La contribution des espèces à la végétation ligneuse est passée de 44,64% à 4,75% pour la famille des Combretaceae, de 20,09 à 44,39% pour les Mimosaceae et de 14,73 à 22,43% pour les Balanitaceae.

Tableau 11 : Fréquence et Contribution spécifique (CSi) de la flore ligneuse du CRZ de Dahra de 1964 et 2011

Familles	Espèces	1964		2011	
		FR (%)	CSi (%)	FR (%)	CSi (%)
Mimosaceae	<i>Acacia ataxacantha</i>	5,36	1,34	7,27	1,87
Mimosaceae	<i>Acacia macrostachya</i>	1,79	0,45	0,00	0,00
Mimosaceae	<i>Acacia nilotica</i>	12,50	3,13	38,18	9,81
Mimosaceae	<i>Acacia raddiana</i>	3,57	0,89	52,73	13,55
Mimosaceae	<i>Acacia senegal</i>	32,14	8,04	23,64	6,07
Mimosaceae	<i>Acacia seyal</i>	25,00	6,25	50,91	13,08
Combretaceae	<i>Anogeissis leiocarpus</i>	1,79	0,45	0,00	0,00
Balanitaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>	58,93	14,73	87,27	22,43
Fabaceae	<i>Bauhinia rufescens</i>	1,79	0,45	0,00	0,00
Capparaceae	<i>Boscia senegalensis</i>	7,14	1,79	0,00	0,00
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i>	0,00	0,00	21,82	5,61
Combretaceae	<i>Combretum aculeatum</i>	10,71	2,68	7,27	1,87
Combretaceae	<i>Combretum glutinosum</i>	71,43	17,86	3,64	0,93
Combretaceae	<i>Combretum micranthum</i>	12,50	3,13	7,27	1,87
Burseraceae	<i>Commiphora africana</i>	5,36	1,34	0,00	0,00
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia balsamina</i>	0,00	0,00	1,82	0,47
Tiliaceae	<i>Grewia bicolor</i>	28,57	7,14	0,00	0,00
Combretaceae	<i>Guiera senegalensis</i>	82,14	20,54	0,00	0,00
Anacardiaceae	<i>Lannea acida</i>	12,50	3,13	0,00	0,00
Asclepiadaceae	<i>Leptadaena hastata</i>	0,00	0,00	76,36	19,63
Fabaceae	<i>Piliostigma reticulatum</i>	1,79	0,45	0,00	0,00
Anacardiaceae	<i>Sclerocarya birrea</i>	10,71	2,68	5,45	1,40
Malvaceae (Sterculiaceae)	<i>Sterculia setigera</i>	3,57	0,89	0,00	0,00
Bignoniaceae	<i>Stereospermum kuntianum</i>	1,79	0,45	0,00	0,00
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i>	1,79	0,45	0,00	0,00
Ramnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i>	7,14	1,79	3,64	0,93
Rhamnaceae	<i>Ziziphus sp</i>	0,00	0,00	1,82	0,47

L'analyse des indices de diversité floristique montre que l'indice de diversité de Shannon (diversité α) et la régularité sont plus élevés en 1964 qu'en 2011, révélant une diversité plus importante pour la première année. La régularité nous indique une bonne représentation des espèces rencontrées dans la station pour les deux périodes confirmant l'hétérogénéité de cet écosystème (tableau 12).

L'indice de similarité de Jaccard (diversité β) qui est de 19,51 % révèle une faible similitude de la flore de la station du CRZ pour ces deux périodes.

Tableau 12 : Paramètres de diversité de la station du CRZ de Dahra entre 1964 et 2011

Paramètres de diversité	Année 1964	Année 2011
Indice de Shannon (H')	6,482	5,618
Régularité (E)	0,877	0,8611
Indice de Jaccard (en %)	19,505	

5.7.3) Variation de la phytomasse herbacée

L'analyse statistique de la phytomasse de la station du CRZ, au cours des périodes 1964 et 2011, montre une baisse significative ($P < 0,05$) de la phytomasse de 2011 comparée à celle de 1964 avec des rendements respectifs de $0,85 \pm 0,48$ T/ha et $1,71 \pm 0,64$ T/ha (figure 45).

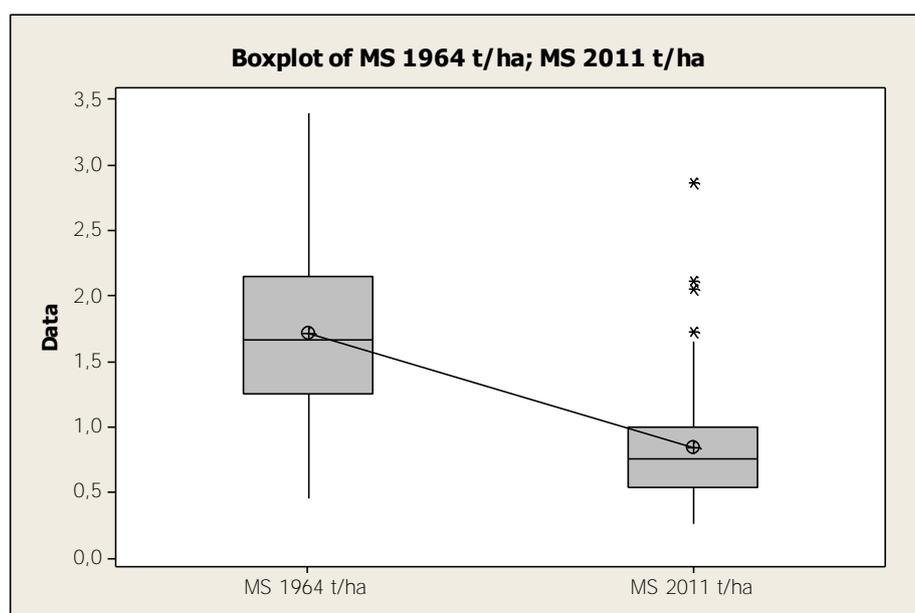


Figure 45 : Variation interannuelle de la phytomasse herbacée entre les périodes 1964 et 2011 au niveau de CRZ de Dahra

5.8) Discussion

L'étude de la dynamique de la végétation pastorale du CRZ de Dahra révèle une fluctuation de la contribution des types morphobiologiques (ou groupes fonctionnels) au recouvrement du couvert herbacée avec une prédominance des graminées et des légumineuses présentant des taux respectifs variant de 20,7 à 68% et 2,2% à 41%. Toutefois, la dominance des graminées est plus accentuée durant les périodes d'aridité (1977 et 1981) tandis que les légumineuses sont plus importantes en période humide (1980 et 1987). Ce même scénario est retrouvé dans les secteurs Nord et Sud du Centre.

Cette situation montre une plus grande adaptation des graminées aux conditions arides contrairement aux légumineuses qui abondent lorsque les conditions hydriques redeviennent favorables. Ces résultats sont confirmés par de nombreux travaux menés dans les écosystèmes semi-arides et qui pourraient trouver leurs explications dans les réserves semencières du sol, les propriétés physico-chimiques des semences, la vitesse, les conditions de croissance (Ndiaye, 1981, 1995 ; Grouzis, 1992 ; Grouzis et al., 1986) et la physiologie des espèces végétales (De Ridder et al., 1982 ; Sala *et al.* 1988 ; Grouzis, 1992 ; Huxman *et al.* 2004), les conditions hydriques et les propriétés du sol (Breman et De Ridder, 1991).

La phytomasse herbacée varie dans le même sens que la pluviométrie, même si des effets mémoires sont parfois constatés à la suite de phases de sécheresse ou d'humidité plus ou moins longues. Le CRZ est marquée par une prédominance des phytomasse moyennes (3 années sur 6). Le secteur Nord présente généralement une production plus importante que celui du Sud qui pourrait probablement se justifier par des conditions hydriques plus favorables (liées à la distribution de la pluie et à la position topographiques).

La capacité de charge et le nombre de jours de pâture, au même titre que la phytomasse herbacée, évoluent dans le même sens que la pluviométrie, en d'autres termes augmentent en années humides et diminuent en années sèches. Ce qui est une évidence dans la mesure où ces deux éléments sont calculés à partir de la phytomasse qui est dépendante des précipitations. Toutefois, si l'on tient compte des aspects qualitatifs (valeur pastorale nette) et quantitatifs (recouvrement) dans le calcul de la capacité de charge, cela peut changer la tendance.

La valeur pastorale dépasse les 64,5% 8 années sur 9 au niveau de la zone d'étude ; ce qui indique une bonne qualité des pâturages. Ce même constat est fait dans d'autres pâturages du Ferlo (Tessékéré) avec des taux fluctuant entre 73,1% et 78,5% par Bakhoum (2013). La qualité des pâturages du CRZ est confirmée par la prédominance des espèces à moyenne valeur pastorale (MVP) suivi de celles à bonne valeur pastorale (BVP) au cours des différentes années d'observation. Cependant, cette valeur pastorale n'est pas corrélée avec la pluviométrie et semble plutôt liée aux espèces végétales présentes (Akpo et Grouzis, 2000), à l'indice spécifique de qualité (ISi) et à la contribution spécifique (CSi) (Bakhoum, 2013) de ces dernières.

L'analyse de la composition et des paramètres de diversité floristique révèle une hétérogénéité de la végétation de la station du CRZ de Dahra pour les années 1964 et 2011. Cette situation est relatée par d'autres auteurs ayant travaillé dans les écosystèmes sahéliens qui l'imputent aux fluctuations climatiques associées aux activités anthropiques (Ndiaye, 2013).

Le couvert herbacé de Dahra est riche de 129 espèces réparties en 78 genres et 30 familles en 1964 alors qu'en 2011 il ne présente que 74 espèces réparties en 44 genres et 20 familles. Ndiaye (2013) a recensé pour le Ferlo en 2012, 75 espèces réparties en 50 genres appartenant à 25 familles par contre Bakhoum (2013) indique une variation du nombre d'espèces de 72 à 14 et de celui des familles de 28 à 5 entre 1974 et 2010. Les espèces herbacées sont plus représentées dans la famille des Poaceae et Fabaceae comme le confirment Bakhoum (2013) et Ndiaye (2013) dans leurs travaux.

La diversité spécifique est plus importante en 1964 qu'en 2011, la similarité entre les biotopes pour ces deux périodes est faible (19,5%) indiquant un changement important dans la composition floristique de la station.

Les espèces pérennes (*Andropogon amplexans divers.*) associées à des espèces à germination mixte (*Zornia glochidiata*) plus adaptées aux aléas climatiques et celle à germination lente (*Borreria stachydea*) présentaient les contributions spécifiques les plus importantes en 1964 alors qu'en 2011, elles sont substituées par les espèces annuelles comme *Alysicarpus ovalifolius*, *Schoenfeldia gracilis* et *Dactyloctenium aegyptium* à germination moyenne à rapide et *Zornia glochidiata*, ces espèces sont plus résistantes au déficit hydrique (Grouzis, 1988).

L'évolution du spectre floristique de la station de Dahra, caractérisée par la prédominance des herbacées annuelles et la raréfaction des herbacées pérennes localisées dans des endroits à situation hydrique favorable, indique des fluctuations pluviométriques importantes associées à des pressions de pâtures élevées. En effet, l'installation des espèces à germination rapide est révélatrice d'une situation pluviométrique favorable. Celle-ci est confirmée par les hausses pluviométriques notées entre 2009 et 2011. La présence des espèces à germination mixte (rapide ou lente) comme *Zornia*, qui est un faciès de dégradation qui a la particularité de coloniser les substrats dégradés (Boudet, 1983), est un indicateur du niveau de détérioration de ces parcours pouvant être imputé en partie par le surpâturage.

Du point de vue qualitatif, les espèces les plus fréquentes répertoriées en 2011 constituent des espèces de bonne qualité fourragère car elles sont bien consommées en vert comme sous forme de paille sèche. Toutefois, *Zornia glochidiata* bien que appréciée par le bétail, cause des problèmes de météorisation. Par contre en 1964, hormis *Andropogon amplexans divers.* qui est de qualité moyenne, les autres espèces prédominantes étaient soit médiocres (*Borreria stachydea*) donc peu consommées par les ruminants, soit susceptibles de causer des problèmes sanitaires comme la météorisation (*Zornia*).

La richesse floristique des ligneux a varié de 23 à 18 espèces entre les deux années (1964 et 2011). Ces résultats sont similaires à ceux de Bakhoum (2013) réalisés dans un autre écosystème pastoral du Ferlo (Tessékéré) avec des effectifs variant de 23 à 17 espèces entre 1974 et 2010, mais différent de ceux de Diouf (2012) réalisé entre 1970 et 2000 à Thieul avec une richesse floristique variant de 18 à 8 espèces et de 31 à 19 espèces à Réwane.

Ce couvert ligneux est caractérisé par la prédominance des Mimosacées, Balanitacées et les combrétacées qui renferment des espèces plus adaptées au déficit hydrique. Toutefois, la régression de certaines espèces zoo-anthropiles comme *Guiera senegalensis*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum* et *Grewia bicolor* pourrait être expliquée par l'action combinée des conditions climatiques (Bakhoum, 2013 et Ndiaye, 2013) et de leurs usages par les populations locales soit comme produits médicinaux ou matériaux de construction. Le développement de *Calotropis procera* est considéré comme un indicateur de dégradation des parcours (Bakhoum, 2013).

Cette composante ligneuse est essentielle pour les pâturages sahéliens car elle apporte l'essentiel des éléments nutritifs (azote et protéine) dont a besoin le bétail en saison sèche (Von Maydell, 1983 ; Guinko *et al.*, 1989 ; Guinko, S., 1991 ; Baumer, 1992 ; Ickowicz *et al.*, 2005) et contribue

également à l'amélioration de la diversité et de la phytomasse du couvert herbacée (Akpo et Grouzis, 2004).

S'agissant de la phytomasse herbacée, la baisse constatée pourrait principalement être attribuée aux variations pluviométriques marquées par des années déficitaires importantes. Cette situation provoque la raréfaction d'espèces productrices (herbacées pérennes) au détriment des annuelles moins productrices. Il s'y ajoute également d'autres facteurs secondaires comme la pression de pâture élevée de ces parcours causant des dommages importants dans les substrats (formation de croûtes, colmatage) (Toutain *et al.*, 1983 ; Gaston, 1981 ; Daget et Godron, 1995) entraînant une augmentation des plages nues qui limite le recouvrement du couvert herbacée et par la même occasion de la phytomasse herbacée.

Le dynamisme de la composition et structure floristique, de la phytomasse herbacée des écosystèmes pastoraux sahéliens dépendent de plusieurs facteurs. Les facteurs climatiques, à travers la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie, le cumul et les événements pluviométriques, constituent les éléments primordiaux dans le déterminisme de la composition botanique et de la phytomasse herbacée (Boudet, 1981, 1983 ; Ndiaye, 1981 ; Kluge, 1982 ; Miehle, 1990 ; Tilman et Downing 1994 ; Briggs *et al.*, 1995 ; Blair 1997 ; Knapp et Smith 2001 ; Hiernaux et Le Houérou, 2006).

Il s'y ajoute des facteurs intrinsèques aux végétaux tels que la quantité et la qualité de la graine produite, les conditions de germination (Ndiaye, 1981, 1995 ; Grouzis *et al.*, 1986 ; Grouzis, 1992), la vitesse de croissance et la physiologie de la plante (De Ridder *et al.*, 1982 ; Sala *et al.* 1988 ; Grouzis, 1992 ; Huxman *et al.* 2004) ; les facteurs anthropiques tels que les activités pastorales (Carrière, 1996 ; Devineau, 1999 ; Gaucherand, 2005 ; Turner *et al.*, 2005 ; Peco *et al.*, 2006), agricoles et les feux de brousse provoqués et édaphiques (nature, structure, texture, situation hydrique et état de dégradation du sol).

Conclusion

La dynamique de la végétation pastorale du CRZ de Dahra montre une certaine variabilité de ces paramètres structurels et fonctionnels. En effet, les types morphobiologiques ou groupes fonctionnels sont caractérisés par une dominance des graminées généralement en années arides tandis que les légumineuses sont plutôt favorisées en années humides. Il en est de même pour la phytomasse herbacée avec quelque fois l'observation d'effet mémoire. Une bonne corrélation entre la pluviométrie et la phytomasse herbacée est notée dans cette zone.

La valeur pastorale brute (VPB) est variable et présente généralement des valeurs supérieures à 64,5% donc révélatrices de la bonne qualité de ces pâturages durant ces périodes. Toutefois, cette VPB n'est pas corrélée avec la pluviométrie et dépendrait des espèces végétales présentes, de leurs valeurs relatives (ISi) et contributions spécifiques (CSi). Cette bonne qualité des pâturages, est confirmée par la prédominance durant ces périodes des espèces à Moyenne (MVP) et bonne valeur pastorale (BVP).

L'étude comparative de la végétation du CRZ de Dahra en 1964 et 2011 indique une baisse de la phytomasse herbacée et de la diversité floristique. Cette dernière est marquée par une diminution de la richesse spécifique de la flore herbacée et ligneuse. Au niveau du couvert herbacé, il est noté

une augmentation de la contribution spécifique (CSi) des graminées (Poaceae) tandis que celle des légumineuses (Fabacées) et des autres herbacées (phorbes) ont connu une régression.

Le couvert ligneux est caractérisé par une augmentation des espèces de la famille des Mimosaceae et une diminution de celles des Combrétaceae. Toutefois, les Mimosaceae, Balanitaceae et Combrétaceae présentent les fréquences relatives et les contributions les plus importantes pour ces deux années.

Chapitre 6 : Effets à court terme de la sécheresse sur le couvert herbacé d'un parcours sahélien

Après l'analyse de la dynamique à long terme de végétation du centre de Dahra, il est jugé nécessaire d'étudier les facteurs pouvant être à l'origine du déterminisme de cette évolution du couvert végétal et plus particulièrement de la végétation herbacée. C'est dans ce contexte que l'effet de sécheresse, qui est considéré comme l'un des facteurs prépondérants engendrant des changements dans la végétation, est étudié au niveau du couvert herbacé.

Dans ce chapitre sera traité l'effet de différents traitements de sécheresse sur la composition floristique, la richesse spécifique, le recouvrement, la phytomasse et la valeur nutritive du couvert herbacé.

6.1) Les paramètres pluviométriques du dispositif expérimental :

Au niveau de la station expérimentale, il a été enregistré un cumul pluviométrique moyen de $377,01 \pm 8,68$ et $303 \pm 5,09$ mm au cours des saisons des pluies respectives des années 2012 et 2013 (tableau 13).

Le volume d'eau intercepté par les réservoirs des traitements de sécheresse 25, 50 et 75% est respectivement de 4370,67 ; 8437,58 et 12890,34 litres avec des pourcentages réellement détournés de $30,53 \pm 8,26$, $58,02 \pm 12,44$ et $88,75 \pm 16,36\%$ pour l'année 2012. Par contre pour l'année 2013, le volume d'eau intercepté était respectivement de 2964,73 ; 5199,66 et 7019,74 litres avec des proportions respectives de $28,72 \pm 15,77$ %, $48,40 \pm 17,72\%$ et $64,78 \pm 20,34\%$ réellement détournées (tableau 14).

Tableau 13 : Cumul et moyenne pluviométrique de la station expérimentale

Année	2012		2013	
	Cumul (mm)	Moyenne et Ecart-type (mm)	Cumul (mm)	Moyenne et Ecart-type (mm)
Pluviomètre A	370,87	$377,01 \pm 8,68$	306,6	$303 \pm 5,09$
Pluviomètre B	388,14		299,4	

Tableau 14 : Pourcentage réel détourné et volume d'eau intercepté au niveau du dispositif expérimental en 2012 et 2013

Traitements	Pourcentage réellement détourné et écart-type (%)		Volume d'eau détourné durant la période de suivi (litre)	
	2012	2013	2012	2013
Année				
25%	$30,53 \pm 8,26$	$28,72 \pm 15,77$	4370,67	2964,73
50%	$58,02 \pm 12,44$	$48,40 \pm 17,72$	8437,58	5199,66
75%	$88,75 \pm 16,36$	$64,78 \pm 20,34$	12890,34	7019,74

6.2) Teneur en eau du sol

L'observation des courbes polynomiales de la teneur en eau du sol suivant les différentes directions (EO et NS) quelle que soit la profondeur (0-15 et 15-30 cm), montre l'allure d'une cuvette où les extrémités présentent les parties les plus élevées. Autrement dit, les valeurs les plus importantes de la teneur en eau sont notées à l'extérieur du dispositif d'exclusion (-120 et -60 cm) et les valeurs les plus faibles à l'intérieur (0 à 90 cm) (figure 46).

On s'aperçoit également que les courbes évoluent proportionnellement avec les pluies donc les valeurs augmentent progressivement avant jusqu'à la troisième pluie à l'intérieur du dispositif (0-60 cm) quelle que soit la direction et la profondeur. La teneur en eau est légèrement plus importante dans l'horizon 15-30 cm que 0-15 cm (figure 46).

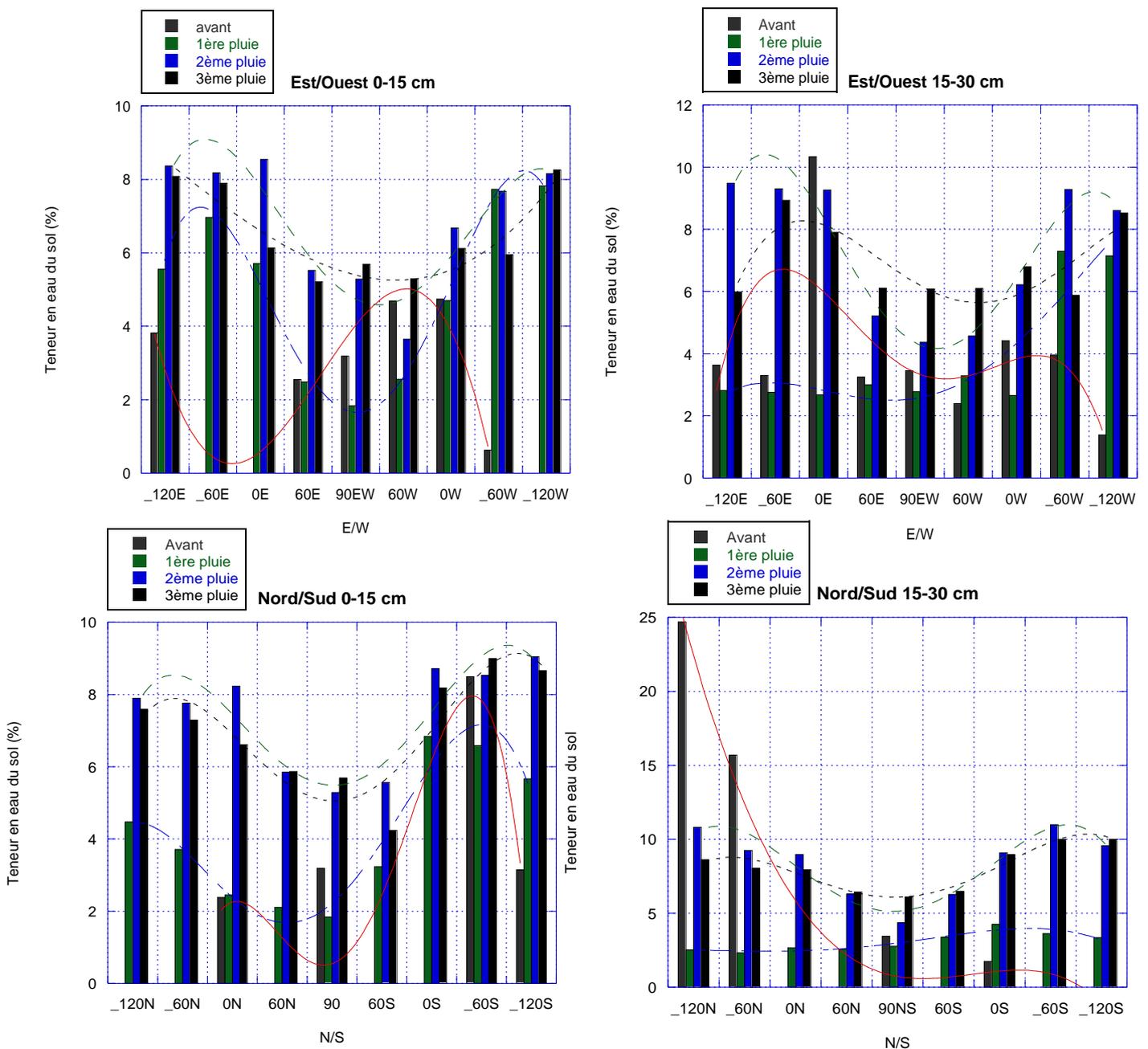


Figure 46 : Teneur en eau du sol suivant les directions Est/Ouest et Nord/Sud dans les horizons 0-15 et 15-30 cm

6.3) Rayonnement photosynthétique du dispositif

Concernant le rayonnement photosynthétique (RP) en 2011 (figure 47), les traitements 25% et 50% qui retiennent respectivement 12,42±1,14% et 18,33±1,39% ne sont pas significativement différents du témoin ($P>0,05$). Par contre une diminution significative ($P<0,05$) de 23,69±2,58% est notée au niveau du 75% (figure 48 (année 2011)).

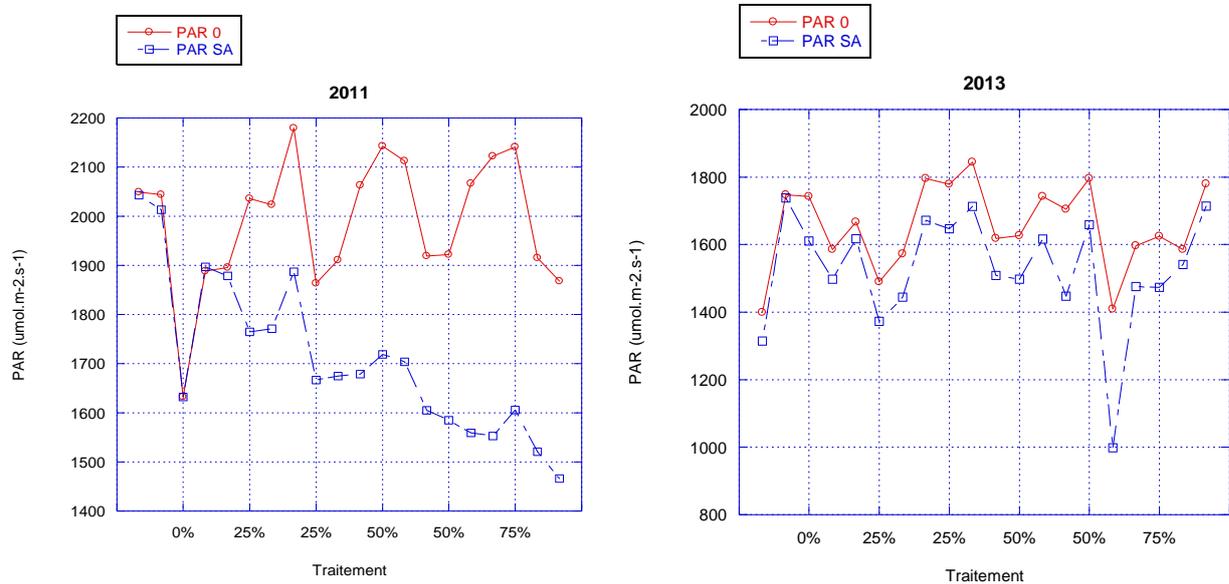


Figure 47: Variation du rayonnement photosynthétique ambiant et sous abri suivant les traitements entre 2011 et 2013

Toutefois, les mesures réalisées en 2013 (figures 47 et 48), après modification du dispositif, n'ont révélé aucune différence significative ($P>0,05$) entre les traitements de sécheresse et le témoin (figure 48), ce qui montre que les abris ne modifient pas la lumière qui parvient aux plantes.

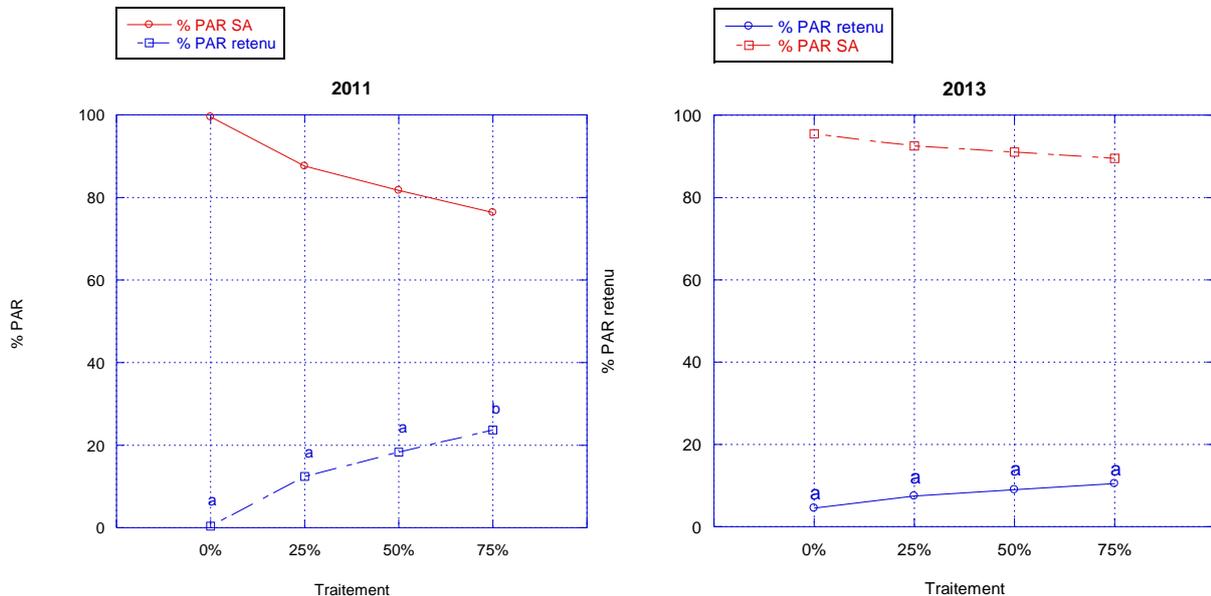


Figure 48 : Variation du pourcentage de rayonnement sous abri et rayonnement retenu en fonction des traitements en 2011 et 2013

NB : Les traitements suivis des mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives

6.4) La température de l'air

La température ambiante (TA) est presque similaire pour le témoin et les 25% et 50% en 2011 avec une légère hausse de ces dernières respectivement de 0,18 et 0,08 °C. Par contre une hausse significative ($P < 0,05$) de 0,48 °C a été notée au niveau de 75% (figure 49). Toutefois, les mesures effectuées en 2013 n'ont pas révélé de différences significatives ($P > 0,05$) entre le témoin et les autres traitements (figure 49).

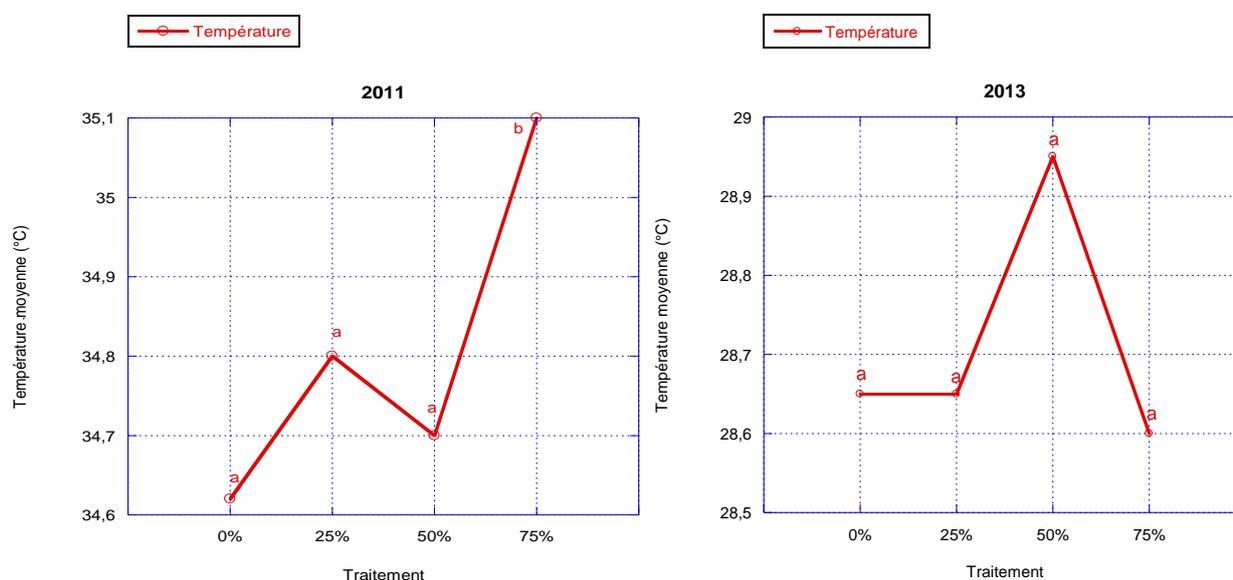


Figure 49 : Variation de la température de l'air suivant les traitements en 2011 et 2013

NB : Les traitements suivis des mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives

6.5) Phytomasse suivant les traitements :

La phytomasse herbacée était comprise entre 107 gMS/m² (T 75%) et 176 gMS/m² (T 25%) en 2012 alors qu'elle était de 84,6 gMS/m² (T 75%) à 137 gMS/m² (témoin) en 2013. Cette phytomasse ne présentait une baisse significative ($P < 0,05$) qu'au niveau du traitement 75% pour les deux années (tableau 15).

Tableau 15 : Variation de la phytomasse herbacée suivant les traitements

Année	2012	2013	2012-2013
Pluviométrie moyenne (mm)	377,01±8,68	303±5,091	340
Phytomasse herbacée (g MS/m ²)			
Témoin	171 (a)	137 (a)	154 (a)
T 25%	176 (a)	121 (a, b)	148 (a)
T 50%	149 (a, b)	114 (a, b)	132 (a, b)
T 75%	107(b)	84,6 (b)	95,5 (b)

NB : Les colonnes ayant les mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives ($P > 0,05$)

6.5.1) Contribution des formes de vie à la phytomasse herbacée :

- Traitement témoin :

Les contributions des graminées et des légumineuses sont importantes pour ce traitement. Elles ont représenté respectivement 26,2% et 59,1% de la phytomasse en 2012 et 48 et 45,1% en 2013. Les autres herbacées n'ont participé qu'à hauteur de 14,7% en 2012 et de 6,9% en 2013 (tableau 16). Aucune différence significative ($P>0,05$) n'est notée dans ces contributions (2013).

- Traitement 25% :

La contribution a atteint 40,7% en 2012 et 60,8% en 2013 pour les graminées, 37,7% et 33,8% pour les légumineuses respectivement en 2012 et 2013 et enfin 21,7% et 5,4% pour les autres herbacées (tableau 16). Aucune différence significative ($P>0,05$) n'est notée entre ces contributions (2013).

- Traitement 50% :

La part des graminées dans la phytomasse herbacée était de 32,4% en 2012. Elle a beaucoup augmenté pour atteindre 72,2% en 2013. Par contre celle des légumineuses est passée de 42% et 21,8% entre 2012 et 2013. Les autres herbacées ont une contribution respective de 25,6% et 6,01% pour les deux années successives (tableau 16). Aucune différence significative ($P>0,05$) n'est également notée entre ces contributions (2013).

- Traitement 75% :

Les graminées ont contribué respectivement à hauteur de 34,6% et 70,7% à la phytomasse herbacée tandis que les légumineuses et autres herbacées ont des contributions voisines ; qui sont respectivement de 34,9% et 30,5% pour 2012 ; 14,9% et 14,5% pour 2013 (tableau 16). Aucune différence significative ($P>0,05$) entre ces contributions n'est également notée (2013).

6.5.2) Variation intra-annuelle de la contribution des formes de vie à la phytomasse herbacée :

La comparaison des traitements de sécheresse avec le témoin, pour les années 2012 et 2013 révèle que pour un déficit hydrique de 25%, les graminées connaissent une hausse respective de 14,4% et de 12,8% au détriment des légumineuses qui présentent des pertes respectives de 21,4% et de 11,3% de leurs phytomasses. Par contre les autres herbacées ont connu une hausse de 7% pour l'année 2012 et une baisse de 1,53% en 2013. Cette augmentation de la contribution des graminées est plus importante pour une sécheresse de 50% en 2013 avec des taux atteignant 24,2% alors qu'elle était de 6,2% en 2012 au moment où les légumineuses connaissent une baisse considérable de leur contribution (23,3% et 17,1% respectivement pour ces mêmes années). Quant aux autres herbacées, leur contribution ont connu un gain de 10,9% en 2012 et une légère baisse de l'ordre de 0,91% en 2013. A partir d'une sécheresse de 75%, les pertes au niveau des légumineuses atteignent respectivement 24,2% et 30,2% de la phytomasse herbacée en 2012 et 2013. Toutefois, les graminées et les autres herbacées présentent des hausses respectives de 8,4% et 15,8% en 2012 et 22,7% et 7,58% en 2013 (tableau 16).

Tableau 16 : Variation intra et interannuelle de la contribution des formes de vie à la phytomasse herbacée

Année et pluviométrie	Types morphobiologiques	Contribution des types morphobiologiques suivant les traitements(%)				Variation intra-annuelle (%)		
		témoin	T25%	T50%	T75%	Δ25%	Δ50%	Δ75%
2012 (377,01±8,68 mm)	Graminées	26,2	40,6	32,4	34,6	14,4	6,2	8,4
	Légumineuses	59,1	37,7	42	34,9	-21,4	-17,1	-24,2
	Autres herbacées	14,7	21,7	25,6	30,5	7	10,9	15,8
2013 (303±5,091 mm)	Graminées	48	60,8	72,2	70,7	12,8	24,2	22,7
	Légumineuses	45,1	33,8	21,8	14,9	-11,3	-23,3	-30,2
	Autres herbacées	6,9	5,4	6	14,5	-1,53	-0,9	7,6
Variation interannuelle (%)	Graminées	21,8	20,2	39,8	36,1			
	Légumineuses	-14	-3,9	-20,2	-20			
	Autres herbacées	-7,9	-16,3	-19,6	-16			

NB : Δ représente la variation intra-annuelle pour un traitement donnée

6.5.3) Variation interannuelle de la contribution des formes de vie à la phytomasse herbacée :

La comparaison de chaque traitement, entre les deux années de suivi (2012 et 2013), montre une augmentation de la contribution des graminées en 2013 sur l'ensemble des traitements de sécheresse avec un taux maximal de 39,8% obtenu dans le T 50%. Toutefois, les légumineuses et les autres herbacées présentent une baisse sur l'ensemble des traitements, pour cette même année, avec des taux maximaux respectifs de 20,2% (T 50%) et 19,59 (T 50%) (Tableau 16).

6.6) La richesse spécifique suivant les traitements :

Le nombre d'espèces varie de 17 (T 25%) à 19 (témoin, T 50 et T 75%) en 2012 et de 17 (T 25%) à 23 (T 50%) pour l'année 2013. Cependant, c'est au niveau des traitements de sécheresse les plus sévères (T 50% et T 75%) qu'on rencontre le plus d'espèces présentes (respectivement 23 et 22 espèces pour 2013 et 19 pour les deux traitements en 2012), même si aucune différence significative ($P>0,05$) n'est notée entre les traitements (tableau 17).

Tableau 17 : Variation de la richesse spécifique suivant les traitements entre 2012 et 2013

Traitement	Richesse spécifique annuelle	
	2012	2013
Témoin	19 (a)	20 (a)
T 25%	17(a)	17(a)
T 50%	19 (a)	23 (a)
T 75%	19 (a)	22 (a)

NB : Les colonnes ayant les mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives

6.7) Recouvrement herbacé suivant les traitements

Le recouvrement moyen de la strate herbacée varie entre le traitement 75% et le témoin de 43,3% à 75% en 2012 et de 36,7% à 57% en 2013. Le témoin était significativement ($P < 0,05$) plus important que les autres traitements de sécheresse en 2012 alors qu'en 2013, il ne présentait de différence qu'avec le traitement 75% (figure 50). Donc, le recouvrement de la strate herbacée varie avec le déficit hydrique à court terme car l'année 2012, qui présentait la pluviométrie la plus élevée, a le recouvrement moyen le plus important.

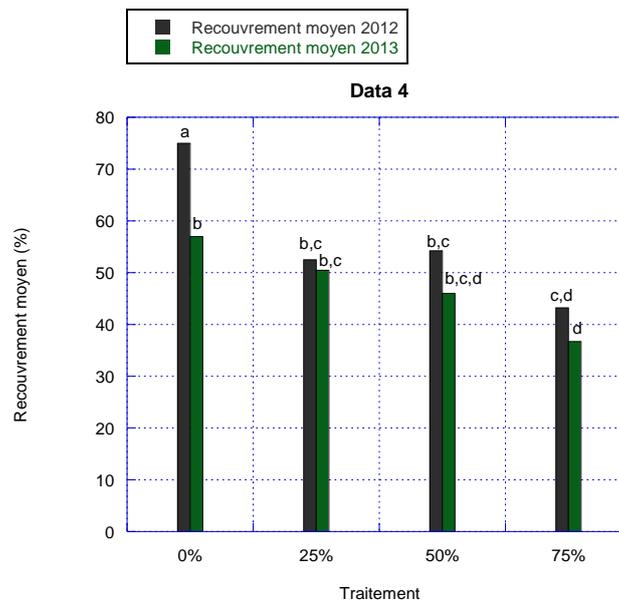


Figure 50 : Recouvrement moyen de la strate herbacée suivant les traitements pour les années 2012 et 2013
NB : Les traitements ayant les mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives

6.8) Valeur nutritive des différents types biologiques du couvert herbacé de la station

6.8.1) Variations suivant les traitements des paramètres bromatologiques

6.8.1.1) Graminées

L'analyse chimique des graminées suivant les traitements révèlent une importance de leurs compositions en cellulose au niveau du témoin, en lignine pour le traitement de sécheresse à 50% et le témoin, et en protéine pour les traitements 75% et 25% avec des taux moyens respectifs de 37%, 9% et 7% (figure 52). Les autres traitements connaissent une baisse de leur teneur en cellulose qui est maximale au niveau du traitement 25% (5,49%). Par contre une hausse de 2,62% de la lignine est notée sur T 50% et de 5,12 et 4,58% respectivement sur les traitements 75% et 25%. Le phosphore et le calcium sont présents en traces avec des taux n'atteignant pas 1%, ils sont plus faibles sur les autres traitements comparés au témoin.

L'unité fourragère lait et l'unité fourragère viande présentent les valeurs les plus importantes au niveau du témoin avec respectivement 0,62 UFL/Kg MS (voisine avec le traitement 75%) et 0,56 UFV/Kg MS (figure 51).

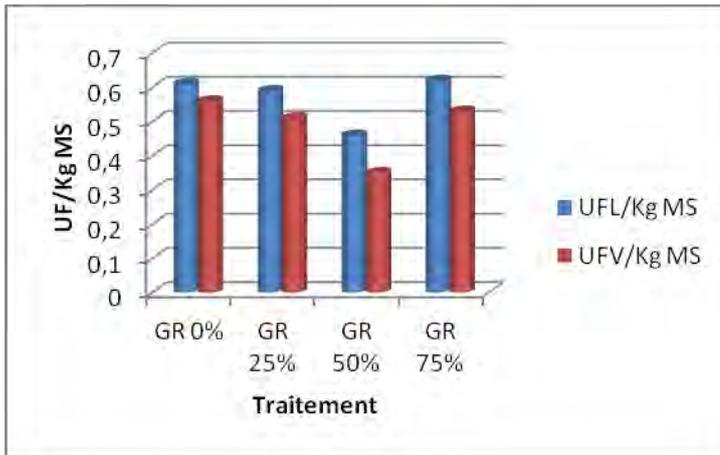


Figure 52 : Variation de l'UFL/Kg MS et l'UFV/Kg MS des graminées suivant les traitements

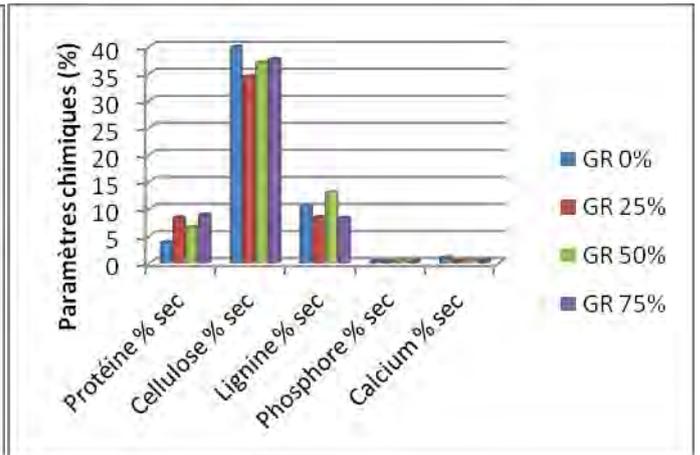


Figure 51 : Variation de certains paramètres bromatologiques des graminées suivant les traitements

6.8.1.2) Légumineuses

Les légumineuses présentent des taux importants de cellulose, dans les différents traitements, variant entre 30,73% au niveau du traitement 75% (soit une baisse de 8,76%) et 39,49% dans le témoin. Il est suivi de la lignine et de la protéine avec un pourcentage atteignant respectivement 20,48% (traitement 75%, soit une hausse de 4,5%) et 14,62% (témoin), les autres traitements présentent une baisse de leur teneur en protéine (figure 54). Le phosphore et le calcium sont présents à un faible taux dépassant rarement 1%. Toutefois, ils connaissent une augmentation sur les autres traitements exceptés pour le phosphore au niveau du 25%. L'unité fourragère lait et l'unité fourragère viande et variant respectivement de 0,47 à 0,58 UFL/Kg MS et de 0,33 à 0,47 UFV/Kg MS, connaissent une augmentation dans les traitements 25 et 50%. Par contre une baisse est constatée au niveau du 75% (figure 53).

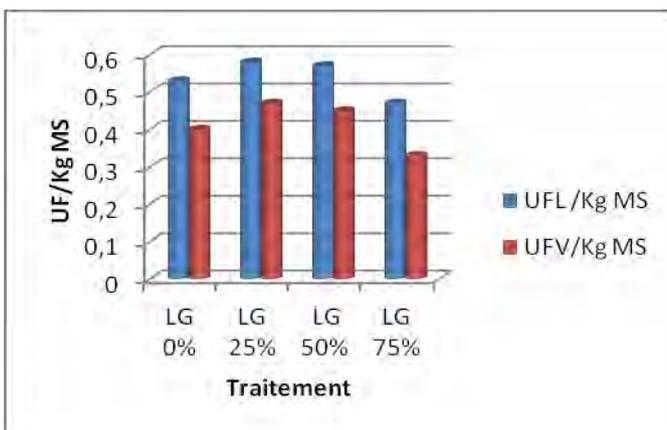


Figure 54 : Variation de l'UFL/Kg MS et l'UFV/Kg MS des légumineuses suivant les traitements

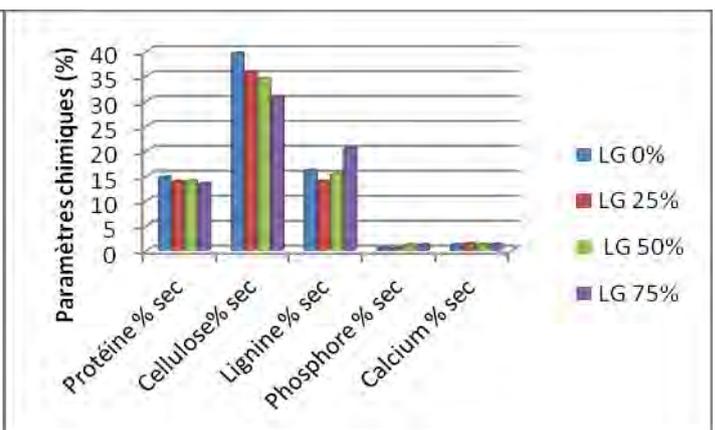


Figure 53 : Variation de certains paramètres bromatologiques des légumineuses suivant les traitements

6.8.1.3) Autres herbacées

Les autres herbacées présentent une composition chimique plus importante en cellulose (traitements 75% et témoin) suivi de la lignine (traitement 25%) et de la protéine (traitement 75%) (Figure 56). La cellulose connaît une augmentation de 2,24% sur le traitement 75% alors

qu'elle diminue sur les traitements 50% et 25% atteignant pour ce dernier 4,37%. Quant à la lignine une hausse respective de 4,78 et 2,65% est notée dans les traitements 25 et 50% par contre le 75% présente une baisse de 3,3%. Ce dernier présente un gain en protéine de 3,79% alors que des pertes de 1,47% et 0,7% sont relevées respectivement sur les traitements 50 et 25%. Le phosphore et le calcium sont présents en faible taux dépassant rarement 1%. Le phosphore présente une augmentation au niveau de 25% et 50% tandis que le calcium connaît une baisse sur l'ensemble des traitements comparés au témoin.

L'unité fourragère lait et l'unité fourragère viande présentent des teneurs variant respectivement de 0,35 à 0,49 UFL/Kg MS et de 0,2 à 0,37 UFV/Kg MS (figure 55). Le traitement 50% présente des teneurs similaires au témoin, une hausse est notée pour le 75% tandis que le 25% connaît une baisse.

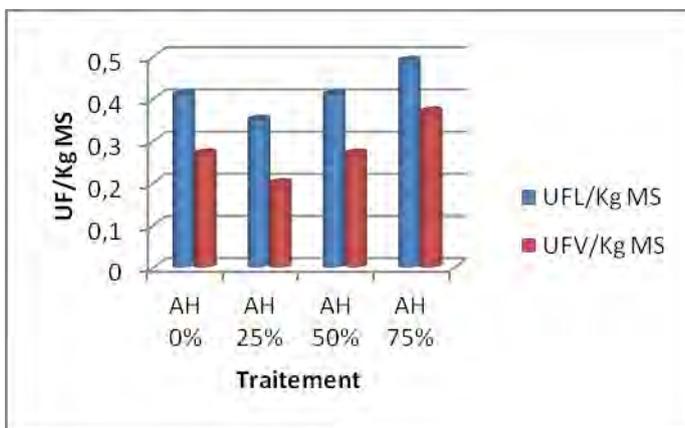


Figure 55 : Variation de l'UFL/Kg MS et l'UFV/Kg MS des autres herbacés suivant les traitements

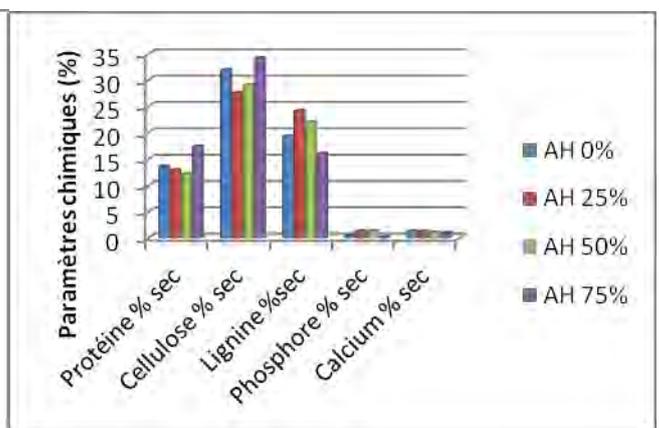


Figure 56 : Variation de certains paramètres bromatologiques des autres herbacés suivant les traitements

6.8.2) Variation des paramètres bromatologiques suivant les formes biologiques

6.8.2.1) Témoin

Les graminées présentent les teneurs les plus importantes en cellulose (voisine avec les légumineuses), UFL/Kg MS et UFV/Kg MS, les légumineuses en protéines et les autres herbacées en lignine phosphore et calcium (figures 57 et 58).

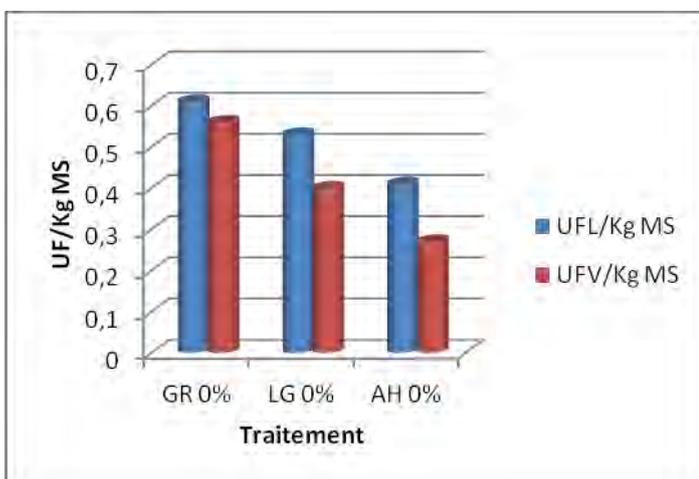


Figure 57 : Variation de l'UFL/Kg MS et l'UFV/Kg MS des formes biologiques dans le témoin

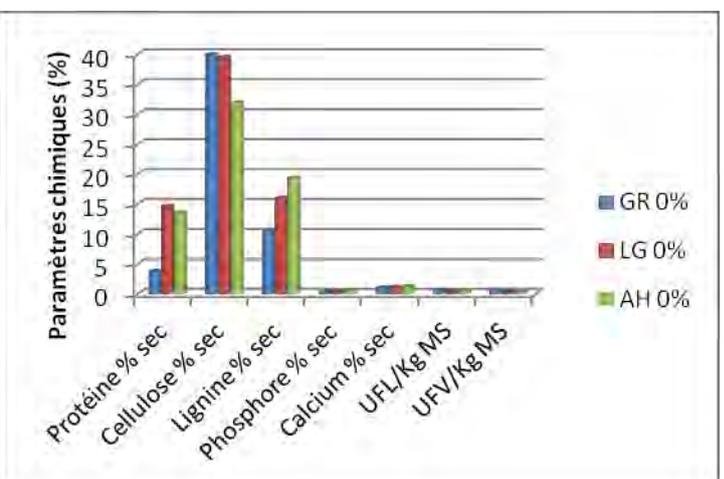


Figure 58 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le témoin

6.8.2.2) Traitement 25%

Les légumineuses présentent les teneurs les plus importantes en cellulose, protéine et en calcium (voisine des autres herbacées) ; les graminées en UFL/Kg MS (voisine avec les légumineuses) et UFV/Kg MS et les autres herbacées en lignine et phosphore (figures 59 et 60).

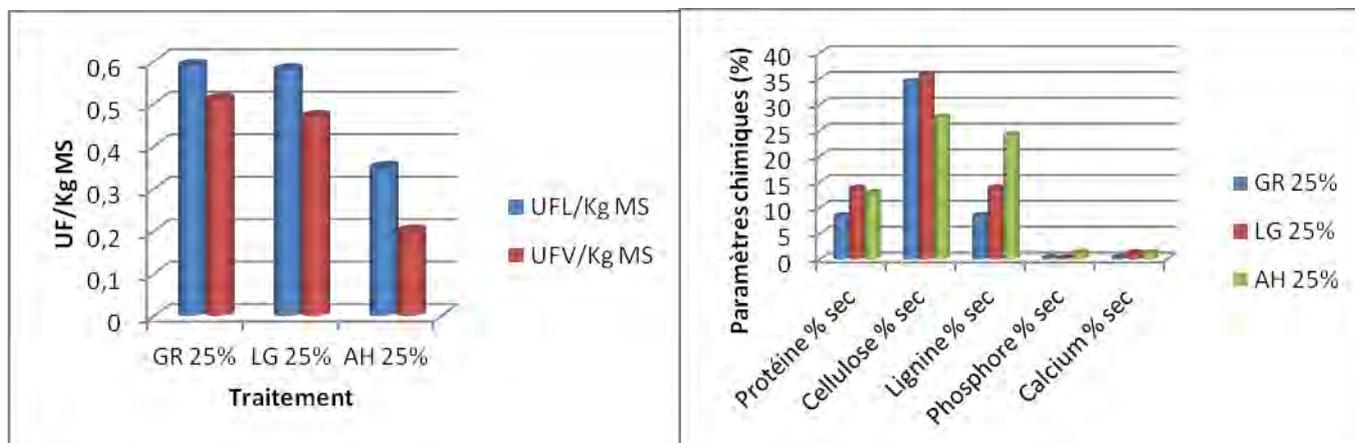


Figure 59 : Variation de l'UFL/Kg MS et l'UFV/Kg MS des formes biologiques dans le traitement 25%

Figure 60 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le traitement 25%

6.8.2.3) Traitement 50%

Les légumineuses présentent les teneurs les plus élevées en protéines, calcium, UFL/Kg MS et UFV/Kg MS, les autres herbacées en lignine et phosphore tandis que les graminées présentent une teneur en cellulose plus importante (figures 61 et 62).

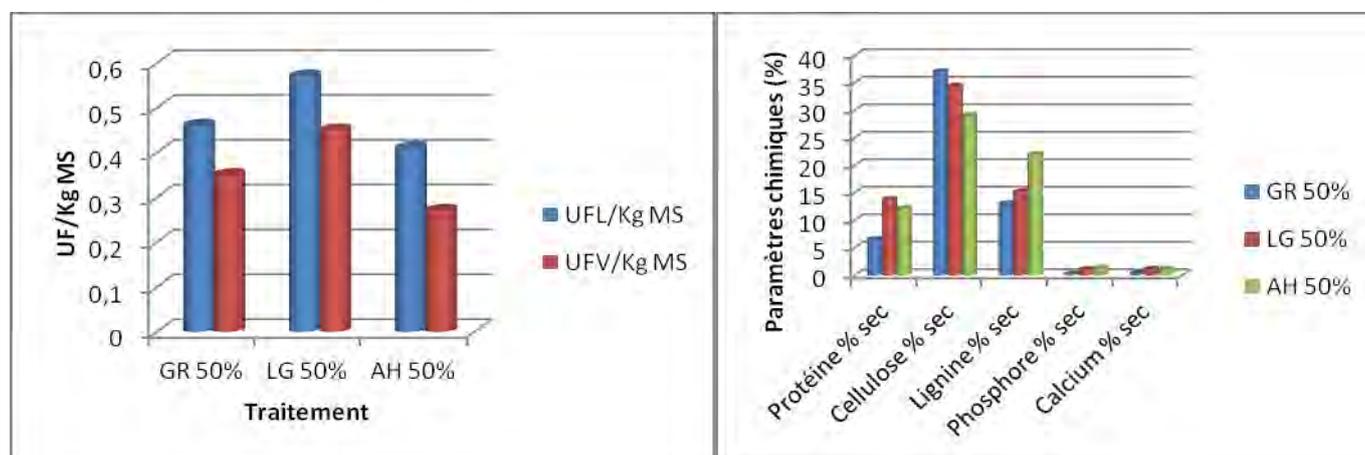


Figure 61 : Variation de l'UFL/Kg MS et l'UFV/Kg MS des formes biologiques dans le traitement 50%

Figure 62 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le traitement 50%

6.8.2.4) Traitement 75%

Les graminées présentent la teneur la plus importante en cellulose, UFL/Kg MS et UFV/Kg, les légumineuses en lignine, phosphore et calcium et les autres herbacées en protéines (figures 63 et 64).

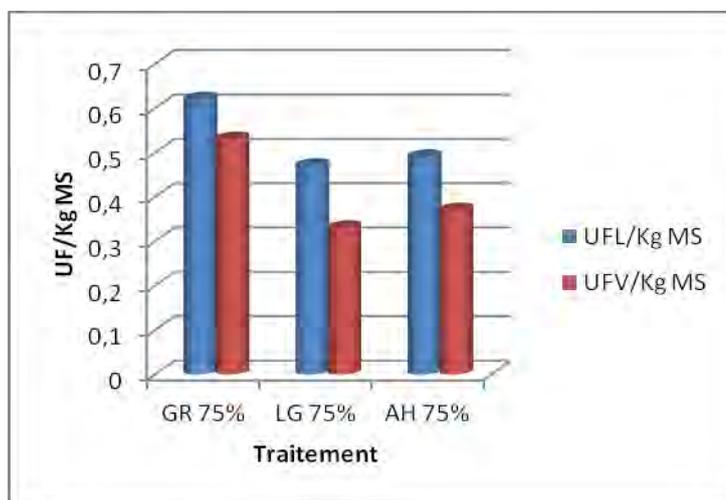


Figure 64 : Variation de l'UFL/Kg MS et l'UFV/Kg MS des formes biologiques dans le traitement 75%

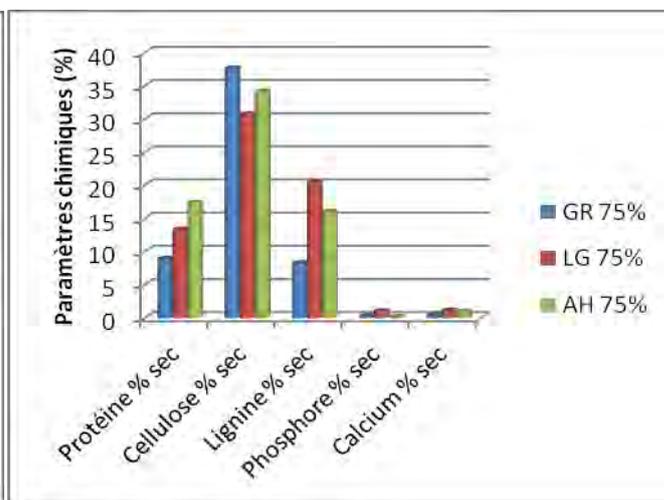


Figure 63 : Variation de certains paramètres bromatologiques des formes biologiques dans le traitement 75%

6.9) Discussion

Cette étude nous a permis de tester un dispositif d'exclusion de pluie dans un écosystème pâturé sahélien. L'ensemble des paramètres testés, à savoir le rayonnement photosynthétique, la température sous abris, n'a montré de différence significative ($P > 0,05$) entre le témoin et les traitements de sécheresse qu'au niveau du 75%, ces mêmes résultats ont été rapportés par Yahdjian et Sala (2002). De même, les mesures de la teneur en eau du sol effectuées dans les horizons 0-10 et 15-30 cm suivant les directions Est/Ouest et Nord/Sud n'ont pas révélé de différence significative ($P > 0,05$) entre le témoin et les traitements de sécheresse pour l'année 2011.

Ces constats, ont motivé la modification du dispositif expérimental à partir de 2012 et a vu ses dimensions agrandies et le nombre de répétition amené à 10. Egalement un dispositif à toit translucide complètement fermé était mis en place pour la mesure de la teneur en eau du sol afin d'éviter les perturbations au niveau du dispositif expérimental.

Après modification, les mesures effectuées en 2012 et 2013 n'ont pas révélé de différence significatives ($P > 0,05$) entre le témoin et les traitements de sécheresse au niveau du rayonnement photosynthétique, de la température sous abris et de la température du couvert herbacé ; ce qui indique que les abris translucides ne modifient pas les paramètres environnementaux et qui autorisent à valider le dispositif d'exclusion de pluie.

Parallèlement, une baisse significative ($P < 0,05$) de la teneur en eau du sol était notée à l'intérieur du dispositif fermé comparée à l'extérieur suivant les directions Est/Ouest et Nord/sud, celle-ci étant plus importante dans l'horizon 0-15 cm. Cette baisse est également rapportée par Yahdjian et Sala (2002). Les résultats de la teneur en eau, nous laisse penser que plus le dispositif reçoit de pluies surtout quand elles sont rapprochées, il y'aura une petite circulation latérale de l'eau de l'extérieur vers l'intérieur du dispositif même si celle-ci n'est pas significative. Ces résultats montrent aussi une infiltration ou une remonté par capillarité de l'eau des horizons inférieurs (circulation verticale).

S'agissant de la phytomasse herbacée, les résultats des essais pour la période 2012-2013 ont montré une baisse significative ($P < 0,05$) de celle-ci au niveau du traitement 75%, ce qui indique en d'autres termes que la production est affectée par la sécheresse « importante » à court terme.

Ces résultats corroborent ceux de Sala *et al.* (1988) ; Tilman et Downing (1994) ; Briggs *et al.* (1995) ; Huxman *et al.* (2004) et Cantarel (2011).

De même, il est constaté que la production des graminées est favorisée par la sécheresse à court terme contrairement à celle des légumineuses. S'agissant des autres herbacées (phorbes), leur production est favorisée par les sécheresses extrêmes.

Ces constats par rapport à la phytomasse ont été évoqués par de nombreux auteurs ayant travaillé en région sahélienne ou dans des écosystèmes semi-arides et arides. En effet dans ces écosystèmes, la pluviométrie et sa distribution jouent un rôle primordial dans le déterminisme de la composition botanique et de la phytomasse herbacée (Boudet, 1981, 1983 ; Ndiaye, 1981 ; Kluge, 1982 ; Miehe, 1990 ; Tilman et Downing 1994 ; Briggs *et al.*, 1995 ; Blair 1997 ; Knapp et Smith 2001 ; Hiernaux et Le Houérou, 2006), même si d'autres facteurs, comme la nature et la texture des sols, la topographie, la physionomie de la végétation, la physiologie des espèces en question (type C3, C4 ou CAM) (De Ridder *et al.*, 1982 ; Sala *et al.* 1988 ; Huxman *et al.*, 2004), la disponibilité de l'eau (Breman et De Ridder, 1991) et des éléments fertilisants dans le sol, sont susceptibles d'intervenir.

L'explication de la variation intra et interannuelle des contributions des formes de vie à la phytomasse, outre la dynamique et les propriétés germinatives du stock semencier (Ndiaye, 1981, 1995 ; Grouzis *et al.*, 1986 ; Grouzis, 1992) pourrait être recherchée dans la physiologie (Grouzis, 1992) plus précisément dans le mode de photosynthèse de ces types morphologiques.

En effet, les graminées annuelles et certaines dicotylédones qui ont une photosynthèse de type C4, le plus souvent associée à une régulation de l'ouverture des stomates, utilisent moins d'eau (De Ridder *et al.*, 1982), ce qui les avantagent en situation de sécheresse. Par contre, les légumineuses présentent le mode C3 qui n'est pas associé à une régulation de l'ouverture des stomates (Hiernaux et Le Houérou, 2006), ce qui fait que la transpiration sera très élevée pour ces espèces (De Ridder *et al.*, 1982) et elles ne pourront pas résister longtemps à un stress hydrique qui pourrait être un frein à la photosynthèse suite à une élévation de la température foliaire (De Ridder *et al.*, 1982).

L'autre élément défavorisant est que les légumineuses présentent également une faible vitesse de croissance comparées aux graminées, ce qui les désavantage surtout en début de période de croissance. Permettant ainsi à ces dernières, d'occuper et d'exploiter en premier lieu l'espace et les ressources disponibles (De Ridder *et al.*, 1982), ce qui les rend plus compétitives (Grouzis, 1992).

En ce qui concerne la richesse floristique, il n'a pas été noté un impact de la sécheresse à court terme, d'ailleurs les traitements de sécheresse les plus élevés présentés un nombre d'espèces plus important même si la différence n'est pas significative. Ces résultats corroborent ceux de Cantarel (2011) qui évoque une absence de variation significative de la richesse spécifique sous changement climatique à court terme.

Le recouvrement de la strate herbacée, comme la phytomasse herbacée, diminuent avec la sécheresse ce qui nous pousse à supposer que cette dernière réduit la phytomasse herbacée suite à la diminution de son recouvrement dans ces écosystèmes sahéliens.

La composition chimique du couvert herbacé donne des renseignements essentiels sur la qualité des parcours sahéliens. Celle-ci varie suivant l'espèce botanique, le stade de croissance, le cycle de végétation, la saison et le sol (Rivière, 1977). Dans cette étude, les analyses chimiques ont porté sur les différents types morphobiologiques à la fin du cycle de végétation.

Les résultats obtenus révèlent une baisse de la cellulose et une augmentation de la lignine sur l'ensemble des types morphobiologiques sous l'effet de la sécheresse. Cela a des conséquences sur la digestibilité de ces fourrages.

Les légumineuses et autres herbacés montrent une diminution de leurs teneurs en protéines sous sécheresse (traitement 25 et 50%) alors qu'au niveau des graminées une augmentation est observée (traitement 25 et 75%). La chute de la teneur en protéine dans ces groupes végétaux peut altérer la croissance, l'entretien et le fonctionnement du cheptel car ce sont des constituants essentiels des tissus et liquides de leur organisme (Rivière, 1977).

Le phosphore et le calcium sont des macroéléments qui sont présents en faible quantité dans ces types morphobiologiques avec un taux n'atteignant pas 1%.

En ce qui concerne les unités fourragères lait et viande, une baisse de leurs valeurs est constatée au niveau des graminées (traitement 25 et 75%) et des autres herbacés (25%). Par contre, elles présentent une augmentation chez les légumineuses au niveau des traitements 25 et 50%.

Les valeurs de ces unités fourragères notées aussi bien dans le témoin que dans les traitements de sécheresse ne permettent de couvrir les besoins d'entretien d'un bovin de 250 Kg de poids vifs estimé à 2,3 UF par Rivière (1977) ce qui indique la faible qualité du couvert herbacé.

6.10) Conclusion

L'étude de l'effet de la sécheresse sur le couvert herbacé du parcours du CRZ de Dahra, a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

Le rayonnement photosynthétique (PAR) et la température sous abris au niveau du témoin ne présentent pas de différence significative avec les autres traitements de sécheresse en 2013 alors qu'en 2011, le traitement 75% présentait une variation significative pour ces paramètres avec le témoin.

La teneur en eau du sol présente une baisse significative ($P < 0,05$) à l'intérieur du dispositif d'exclusion complète de la pluie comparée à l'extérieur suivant les directions Est/Ouest et Nord/Sud. Cette baisse est plus accentuée dans l'horizon 0-15 cm.

La phytomasse herbacée était significativement ($P < 0,05$) plus faible au niveau du traitement 75% pour les années 2012 et 2013. La contribution des graminées à cette phytomasse était plus élevée sous sécheresse contrairement aux légumineuses. Les autres herbacés (ou phorbes) avaient leur contribution la plus importante dans la situation de sécheresse extrême (traitement 75%).

En ce qui concerne la richesse floristique, il n'a pas été noté un impact de la sécheresse à court terme, d'ailleurs les traitements de sécheresse les plus élevés présentaient un nombre d'espèces plus important même si la différence n'est pas significative ($P > 0,05$).

Le recouvrement de la strate herbacée, comme la phytomasse herbacée, diminuent avec la sécheresse. Cette diminution était significative à partir du traitement 25% en 2012 alors qu'en 2013 c'était à partir du traitement 50%.

Les résultats de l'analyse chimiques révèlent une baisse de la cellulose et une augmentation de la lignine sur l'ensemble des types morphobiologiques sous l'effet de la sécheresse. Les légumineuses et autres herbacés montrent une diminution de leurs teneurs en protéines sous sécheresse (traitement 25 et 50%) alors qu'au niveau des graminées une augmentation est observée (traitement 25 et 75%). Le phosphore et le calcium sont des macroéléments qui sont présents en faible quantité dans ces types morphobiologiques avec un taux n'atteignant pas 1%.

En ce qui concerne les unités fourragères lait et viande, une baisse de leurs valeurs est constaté au niveau des graminées (traitement 25 et 75%) et des autres herbacés (25%). Par contre, elles présentent une augmentation chez les légumineuses au niveau des traitements 25 et 50%.

Chapitre 7 : Dynamique de la teneur en carbone et azote du sol et du rapport C/N dans les sites et substrats du CRZ de Dahra

Outre l'effet de la sécheresse sur la végétation, certains éléments chimiques tels que le carbone et l'azote du sol semblent jouer un rôle non moins important sur les processus de mise en place et d'évolution de cette dernière car constituant les éléments assurant en partie la nutrition de la plante. De même dans un contexte de changement climatique où l'importance des émissions de gaz à effet de serre est imputée en partie à l'élevage, il s'avère essentiel d'étudier l'évolution du carbone, de l'azote et du rapport C/N du sol mais également le stockage (séquestration) du carbone du sol dans ces écosystèmes pastoraux. Dans ce chapitre sera traité, l'évolution et les facteurs susceptibles d'être à l'origine de la variation de ces éléments chimiques dans les différents sites (points pédologiques), substrats et types d'occupations de sol notés du CRZ de Dahra.

7.1) Evolution spatio-temporelle du carbone du sol dans les différents points pédologiques des systèmes d'exploitation du CRZ de Dahra²

L'analyse de la figure 65 montre que la teneur en carbone est généralement plus importante au niveau de l'horizon 0-20 comparée à celui de 20-40 cm, aussi bien en 1962 qu'en 2011.

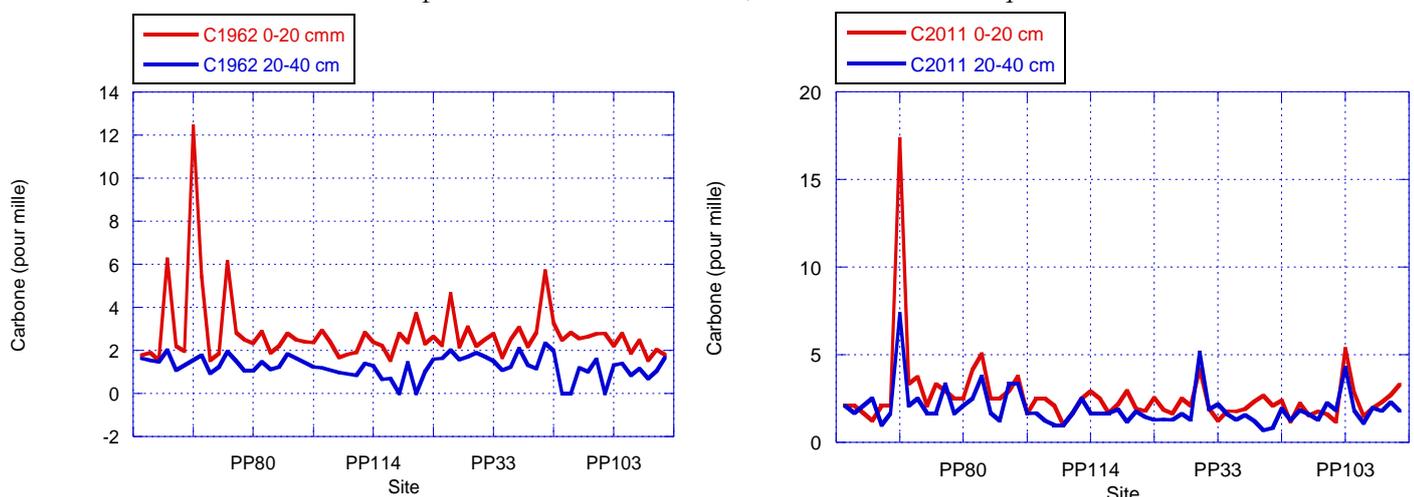


Figure 65 : Variation de la teneur en C au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm pour les années 1962 et 2011

L'analyse de la distribution de la teneur en carbone de l'horizon 0-20 cm, au niveau de la station du CRZ de Dahra, indique des valeurs légèrement plus importantes en 2011 qu'en 1962. Ceci est plus visible au niveau des parcelles de gommier et de la petite concession. Par contre l'inverse est observé au niveau des parcelles de pâturages (libres et internes) et agricoles avec des teneurs en carbone plus importantes en 1962 (figure 66).

Dans l'horizon 20-40 cm, sur presque l'ensemble des points pédologiques analysés, le carbone est plus élevé en 2011 avec des taux plus importants pour les gommiers de la partie Est du centre, les parcelles cultivées et les pâturages libres (figure 67).

² NB : CA1= Carbone 1962 ; CA2= Carbone 2011 ; NA1= Azote 1962 ; NA2= Azote 2011 ; S1= horizon 0-20 cm et S2= horizon 20-40 cm, PP= Point pédologique.

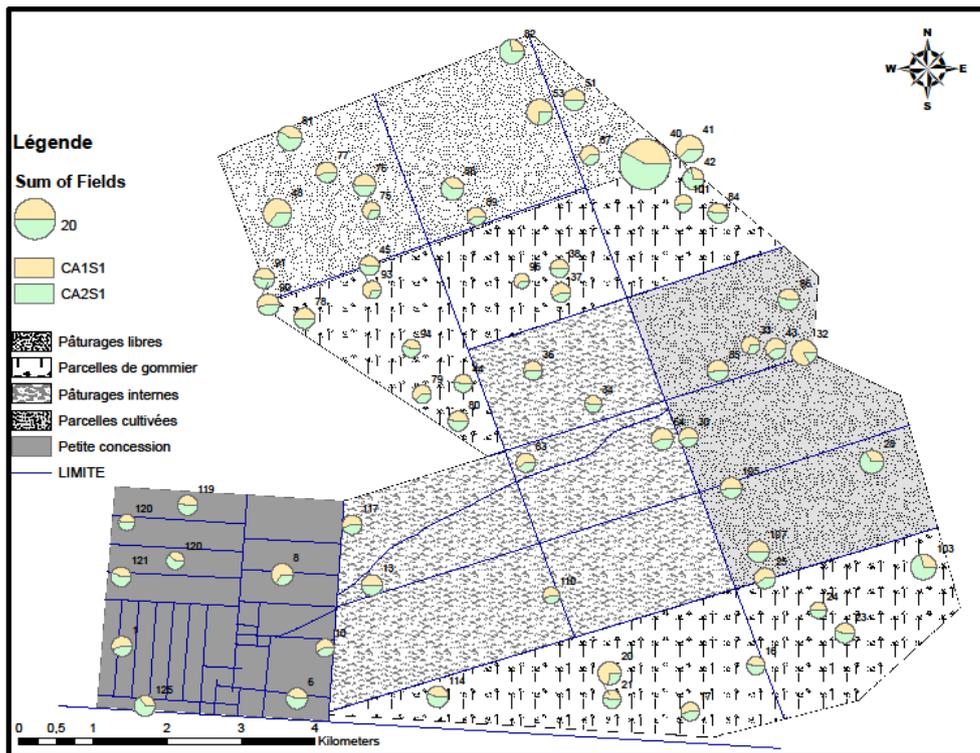


Figure 66 : Distribution spatiale de la teneur en carbone au niveau de l'horizon 0-20 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra

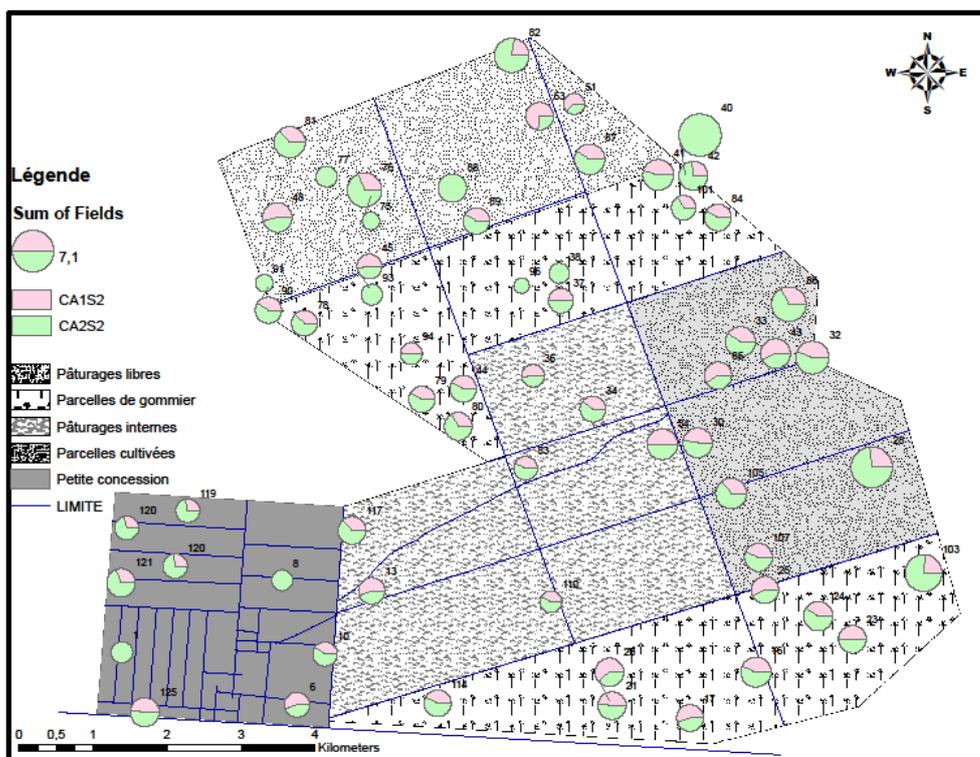


Figure 67 : Distribution spatiale de la teneur en carbone au niveau de l'horizon 20-40 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra

7.2) Evolution spatio-temporelle de la teneur en azote du sol dans les différents points pédologiques des systèmes d'exploitation du CRZ de Dahra

L'analyse de la figure 68 montre une certaine variabilité de la teneur en azote du sol des différents points pédologiques, au niveau des horizons et suivant les années. Toutefois, l'horizon 0-20 cm de l'année 2011 présente plus de points renfermant des teneurs en azote plus élevée.

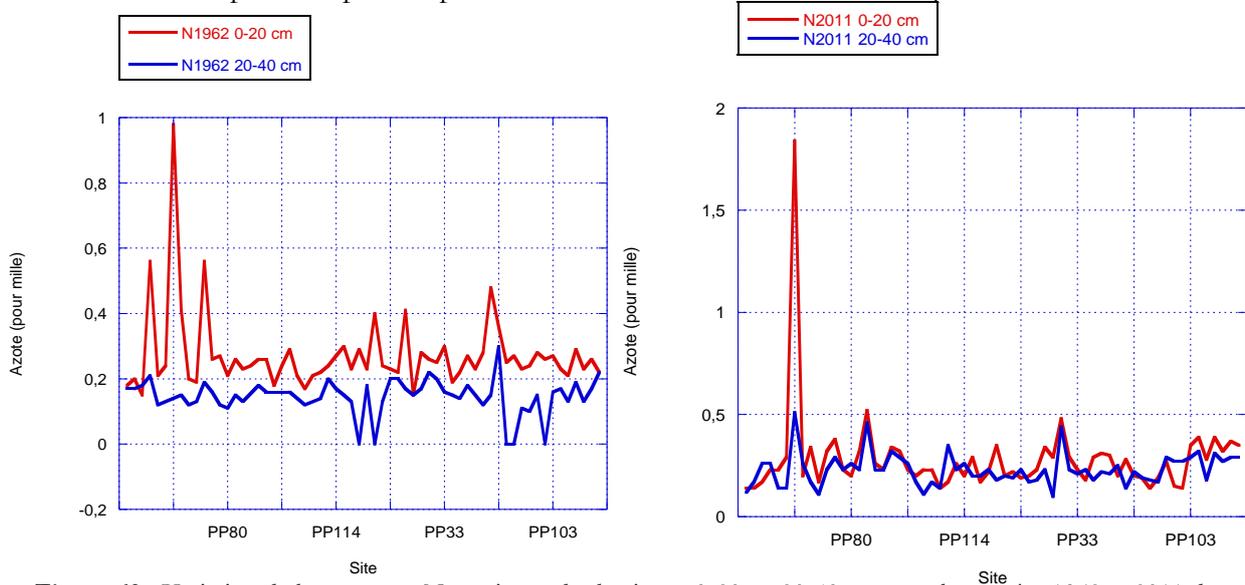


Figure 68 : Variation de la teneur en N au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm pour les années 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra

Au niveau de l'horizon 0-20 cm, la partie Nord-Est des parcelles de gommiers et une partie des pâturages libres présentent les valeurs azotées les plus élevées. Cependant, il faut noter que cette teneur en azote est essentiellement plus importante en 2011 sur l'ensemble des systèmes de production excepté celui des gommiers situés dans la partie Sud (figure 69).

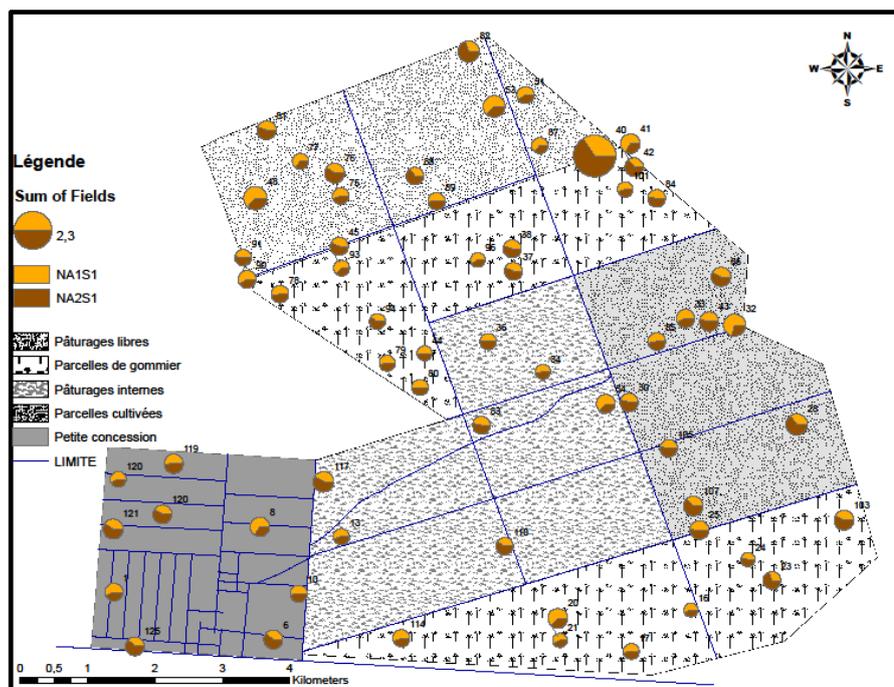


Figure 69 : Distribution spatiale de la teneur en azote au niveau de l'horizon 0-20 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra

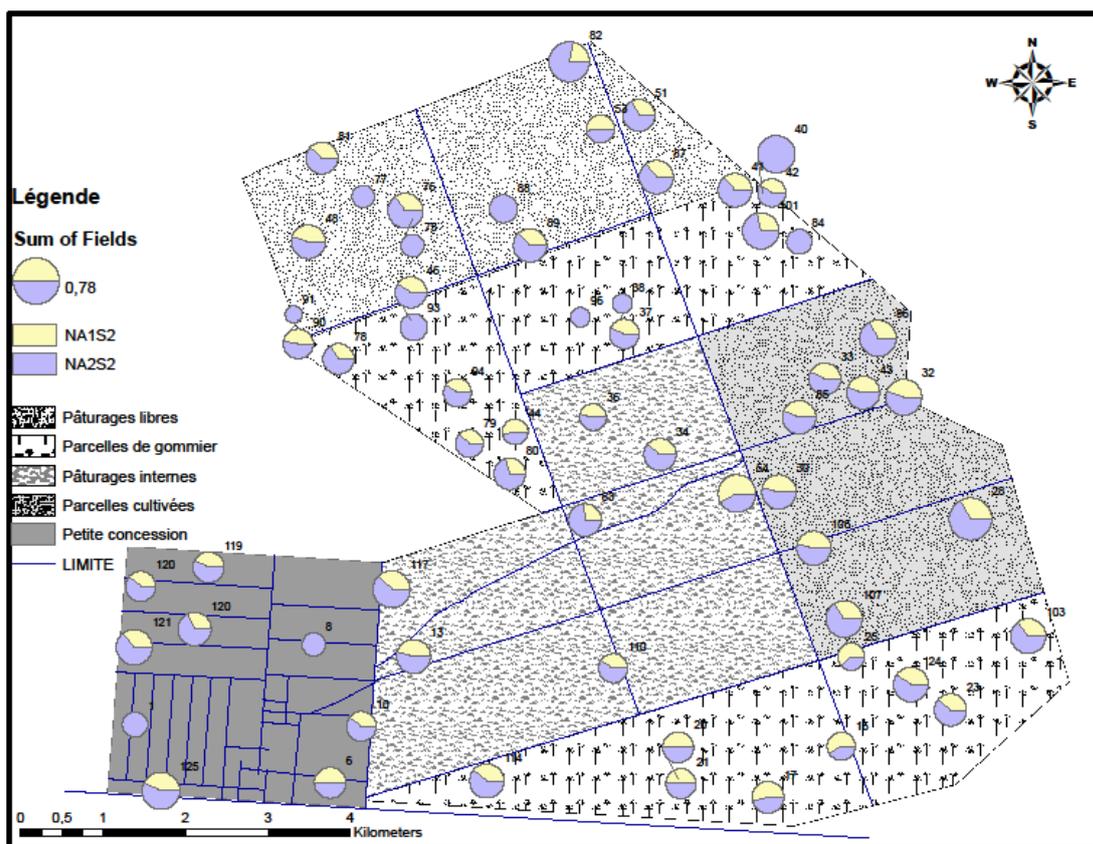


Figure 70 : Distribution spatiale de la teneur en azote au niveau de l'horizon 20-40 cm en 1962 et 2011 dans les différents sites du CRZ de Dahra

L'horizon 20-40 cm présente des teneurs en azote plus élevées pour l'année 2011 sur la quasi-totalité des systèmes d'exploitation, seuls quelques points pédologiques des gommiers situés dans la partie sud présentent des teneurs en azote plus importantes en 1962 (figure 70).

7.3) Dynamique de la teneur en carbone et en azote du sol du CRZ de Dahra et ses différents types de substrats

7.3.1) Analyse diachronique de la teneur en carbone du Centre

L'analyse de la teneur en carbone de l'horizon 0-20 cm montre qu'il n'y a pas de différence significative ($P > 0,05$) entre 1962 et 2011. Cependant, la teneur en carbone de 1962 est plus importante que celle de 2011, ce qui montre une légère baisse de la teneur en carbone pour cette profondeur (figure 71). Il en est de même pour l'horizon 20-40 cm, toutefois la teneur en carbone est plus importante pour 2011 que 1962 d'où une légère hausse de la teneur en carbone pour cet horizon (figure 71).

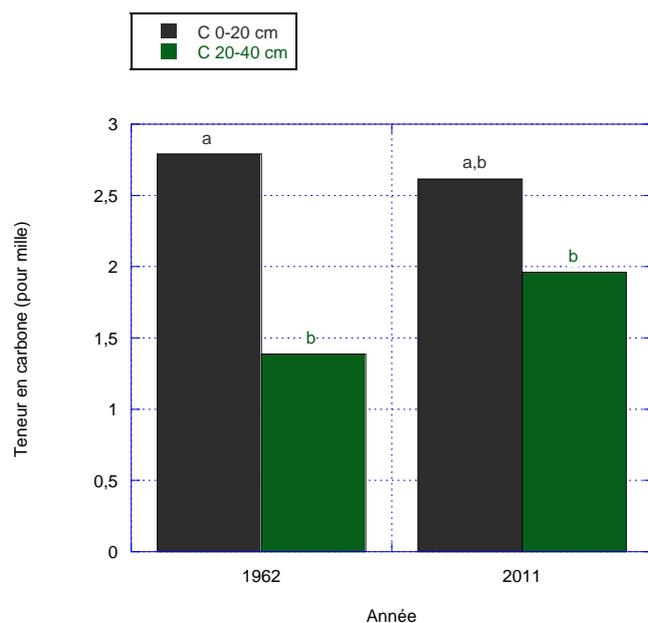


Figure 71 : Variation interannuelle de la teneur en carbone entre 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm

7.3.2) Analyse diachronique de la teneur en azote du Centre

L'analyse ne révèle pas de différence significative ($P > 0,05$) entre 1962 et 2011 pour l'horizon 0-20 cm, même si l'année 2011 présente une teneur en azote plus importante. Donc, il y a une tendance à la hausse de la teneur en azote (figure 72). En ce qui concerne l'horizon 20-40 cm, la teneur en azote de 2011 est significativement plus importante que celle de 1962, donc il y a un gain d'azote pour cette profondeur (figure 72).

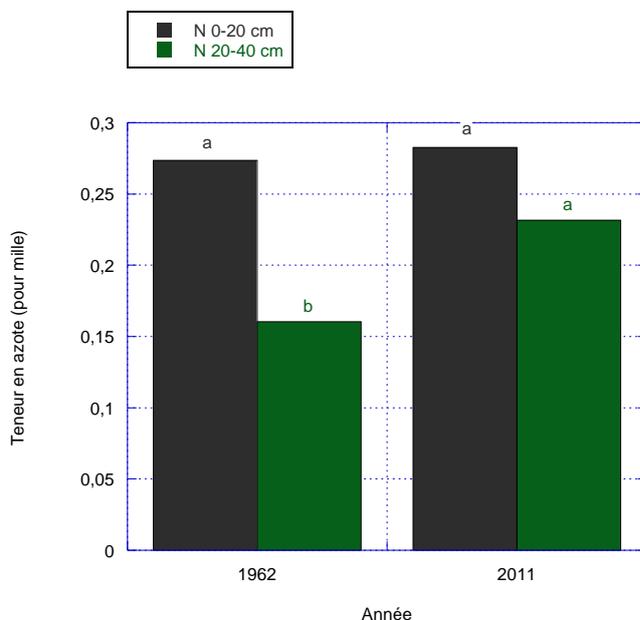


Figure 72 : Variation interannuelle de la teneur en azote entre 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm

7.3.3) Variation temporelle de la teneur en carbone du sol dans les horizons 0-20 et 20-40 cm suivant les types de sols

L'analyse statistique ne montre aucune différence significative ($P > 0,05$), au sein d'une unité pédologique, entre 1962 et 2011 au niveau de l'horizon 0-20 cm. Cependant, la teneur en carbone est plus importante en 1962 qu'en 2011 pour les unités CMD, SBR, SD et SFT d'où une tendance à une perte de carbone, alors qu'elle l'est plus pour CFC en 2011, donc une tendance à un gain de carbone pour cette unité (figure 73).

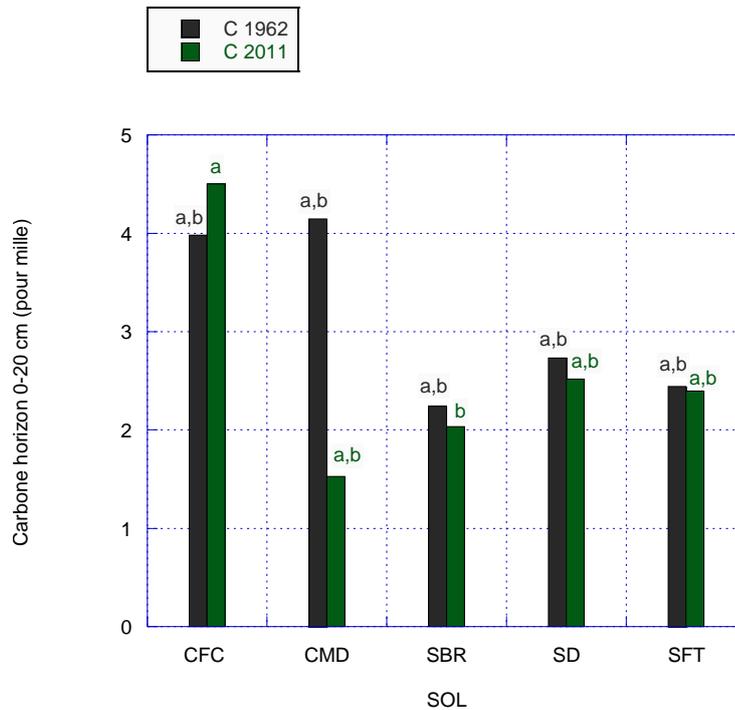


Figure 73 : Variation temporelle de la teneur en carbone du sol dans l'horizon 0-20 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra

NB : Les unités portant les mêmes lettres ne présentent pas de différences significatives

Types de sols : - **CFC**= Complexe ferrugineux calcimorphe des zones sableuses à calottes calcaires ; -**CMD**= Complexe mal drainé des bas-fonds et mares temporaires ; -**SBR**= Sols bruns rouges; - **SD**= Sols diors; -**SFT**= Sols ferrugineux tropicaux à drainage moyen ou médiocre

Au niveau de l'horizon 20-40 cm, l'analyse ne révèle aucune différence significative ($P > 0,05$), au sein d'une unité pédologique donnée, entre 1962 et 2011. Toutefois, la teneur en carbone est plus importante sur l'ensemble des unités pédologiques pour l'année 2011. Donc on assiste à une tendance à un gain de carbone sur l'ensemble de ces unités pour cet horizon (figure 74).

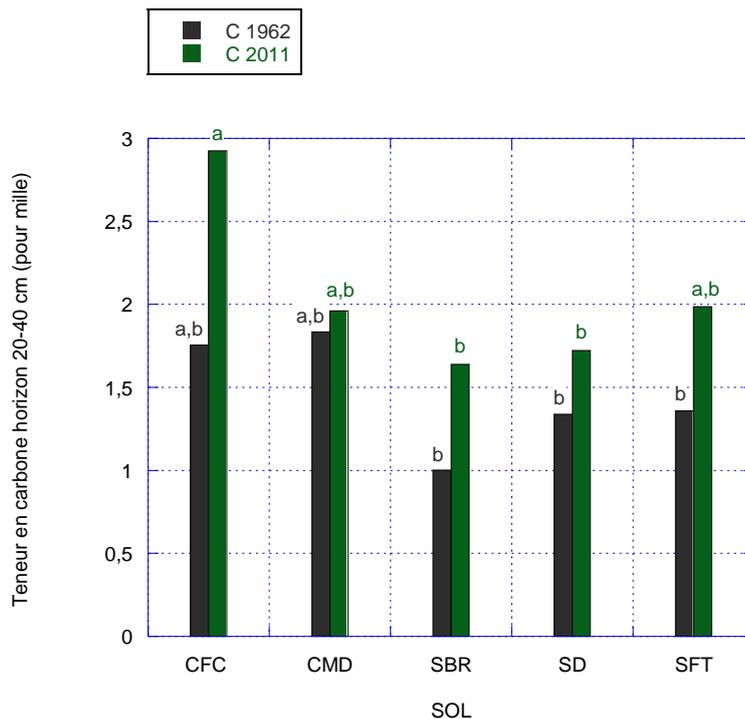


Figure 74 : Variation temporelle de la teneur en carbone du sol dans l'horizon 20-40 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra

7.3.4) Variation temporelle de la teneur en azote du sol dans les horizons 0-20 et 20-40 cm suivant les types de sols

L'analyse n'a pas décelé une différence significative ($P > 0,05$) de la teneur en azote entre 1962 et 2011 au sein d'une unité pédologique considérée de l'horizon 0-20 cm. Cependant, cette teneur est plus importante pour les unités CMD, SBR et SD en 1962 (donc tendance à une perte d'azote), et pour CFC et SFT en 2011 (tendance à un gain d'azote) (figure 75).

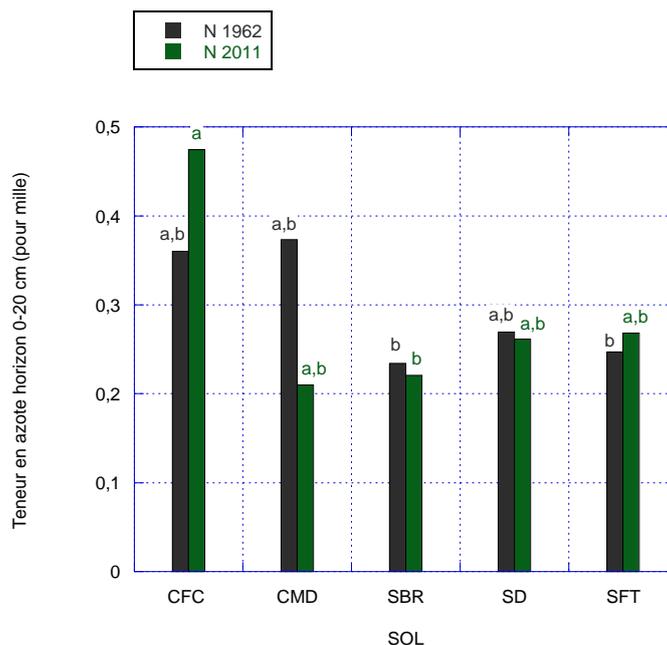


Figure 75 : Variation temporelle de la teneur en azote du sol dans l'horizon 0-20 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra

Dans l'horizon 20-40 cm, seule l'unité CFC présente une hausse significative ($P < 0,05$) de la teneur en azote en 2011. Toutefois, même si la différence n'est pas significative entre 1962 et 2011 au niveau des autres unités, la teneur en azote est qu'à même plus importante en 2011, d'où une tendance à un gain d'azote pour cette profondeur (figure 76).

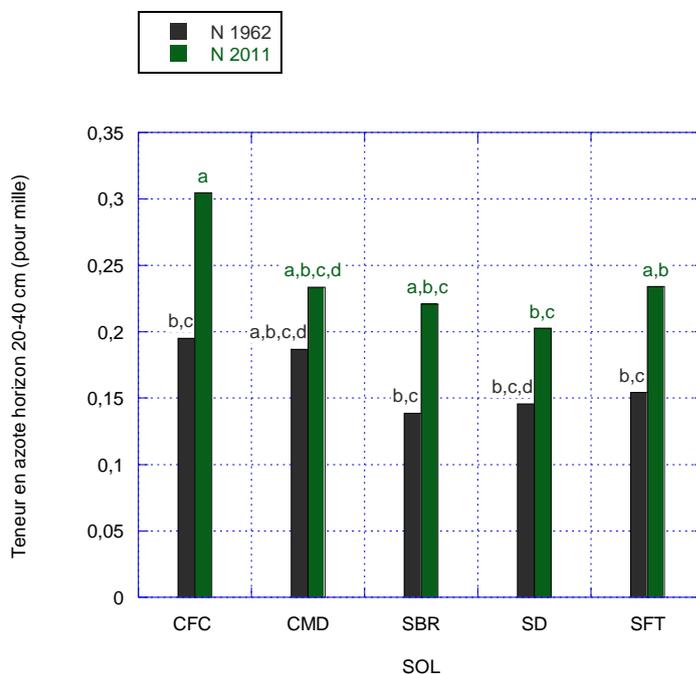


Figure 76 : Variation temporelle de la teneur en azote du sol dans l'horizon 20-40 cm suivant les types de sols du CRZ de Dahra

7.3.5) Relation entre la teneur en carbone et celle de l'azote des sols du CRZ de Dahra

L'analyse des graphes (figures 77 et 78) nous a permis de mettre en évidence une corrélation positive entre les teneurs en carbone et en azote du sol aussi bien pour l'année 1962 que 2011 au niveau de l'horizon 0-20 cm avec des coefficients de corrélation (R) respectifs de 0,97 et 0,94.

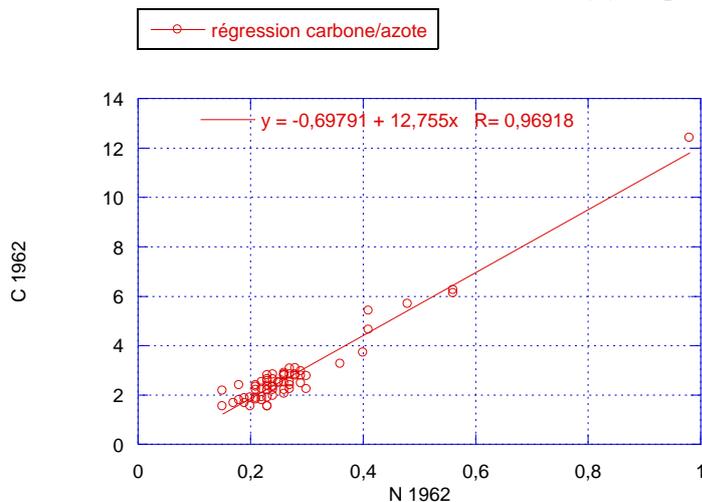


Figure 77 : Régression linéaire du C et N pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 0-20 cm

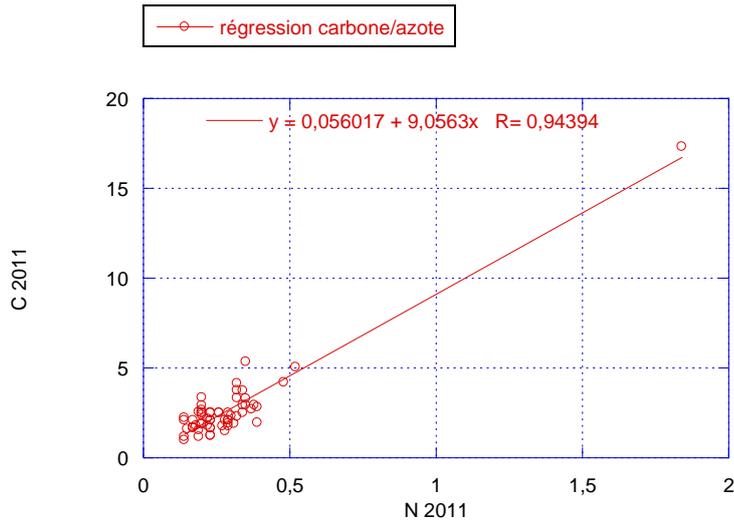


Figure 78 : Régression linéaire du C et N pour l'année 2011 au niveau de l'horizon 0-20 cm
 L'analyse des graphes de l'horizon 20-40 cm (figures 79 et 80), révèle une corrélation positive entre la teneur en carbone et en azote du sol pour les années 1962 et 2011. Toutefois cette corrélation est plus importante pour l'année 1962 (0,85 contre 0,75).

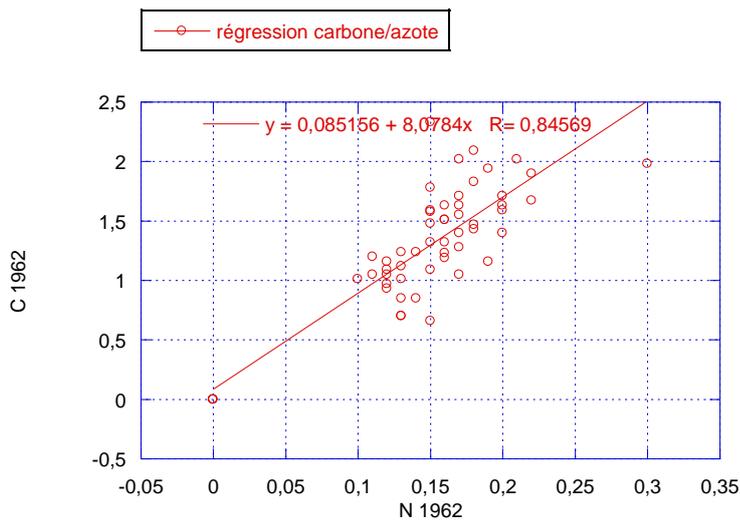


Figure 79 : Régression linéaire du C et N pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm

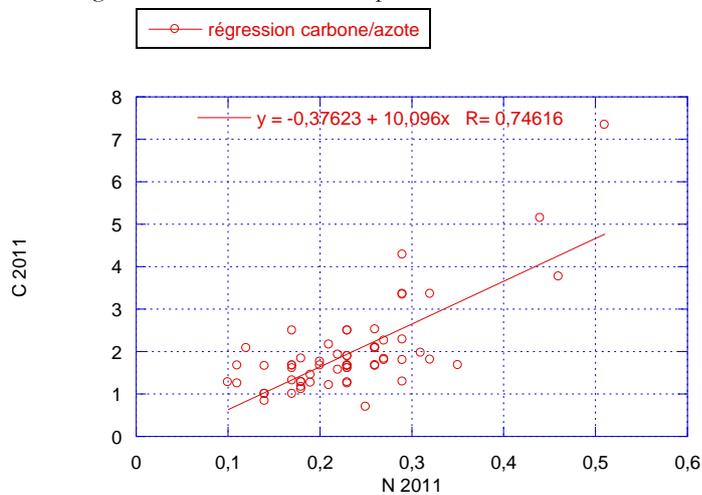


Figure 80 : Régression linéaire du C et N pour l'année 2011 au niveau de l'horizon 20-40 cm

Donc dans la station de Dahra, la corrélation entre la teneur en carbone et en azote du sol est plus importante au niveau de l'horizon 0-20 que 20-40 cm, aussi bien pour 1962 que 2011.

7.3.6) Variabilité spatio-temporelle du carbone et de l'azote du sol au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm

Le tableau de données, portant en ligne les points pédologiques et en colonne la teneur en carbone et en azote des horizons 0-20 et 20-40 entre l'année 1962 et 2011, a été soumis à une analyse en composante principale (ACP). Les deux premiers axes définis par l'ACP expliquent 68,7% de la variabilité totale (tableau 18).

L'axe PC1 correspond à l'axe présentant des teneurs en carbone et en azote décroissantes pour l'année 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm et des teneurs en azote pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm décroissantes. L'axe PC2 correspond à l'axe présentant des teneurs en carbone et en azote décroissantes pour l'année 1962 au niveau des horizons 0-20 cm et celles en carbone décroissante en 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm.

L'analyse de ces deux premiers axes nous a permis de discriminer cinq groupes (figure 81) :

Le groupe 1 correspond aux sites présentant des teneurs très importantes en carbone et en azote pour l'année 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm et également très importantes en azote pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm alors qu'en 1962, ils présentaient des teneurs décroissantes en carbone et en azote au niveau des horizons 0-20 cm et en carbone au niveau de l'horizon 20-40 cm. Il représente les unités des calottes calcaires avec hydromorphie.

Le groupe 2 correspond aux sols présentant des teneurs croissantes en carbone et en azote pour l'année 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm et en azote pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm et des teneurs décroissantes en carbone et en azote pour l'année 1962 au niveau des horizons 0-20 cm et en carbone en 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm. Il s'agit généralement des unités des sols ferrugineux tropicaux

Le groupe 3 représente les sites présentant des teneurs en carbone et en azote croissantes pour les années 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm. Il s'agit des sols des bas-fonds et mares temporaires.

Le groupe 4 correspond aux sites présentant des teneurs décroissantes en carbone et en azote pour l'année 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm et en azote pour l'année 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm et des teneurs croissantes en carbone et en azote pour l'année 1962 au niveau des horizons 0-20 cm et celles en carbone croissante en 1962 au niveau de l'horizon 20-40 cm. Il s'agit des unités des sols ferrugineux tropicaux et des sols diors.

Le groupe 5 représente les sites présentant des teneurs en carbone et en azote décroissantes pour les années 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm. Il représente les points pédologiques des sols diors ou brun rouges.

Tableau 18 : Coordonnées, valeur propre et pourcentage de variance des premiers axes de l'ACP appliquée aux points pédologiques/teneur en carbone et en azote.

Eigenvalue	2,8664	2,6263	0,9410	0,5626	0,4495	0,2892	0,2362	0,0287
Proportion	0,358	0,328	0,118	0,070	0,056	0,036	0,030	0,004
Cumulative	0,358	0,687	0,804	0,875	0,931	0,967	0,996	1,000
Variable	CA1S1	CA2S1	NA1S1	NA2S1	CA1S2	CA2S2	NA1S2	NA2S2
PC1	-0,262	-0,393	-0,299	-0,397	-0,323	-0,428	-0,315	-0,378
PC2	-0,494	0,294	-0,447	0,278	-0,407	0,288	-0,226	0,306

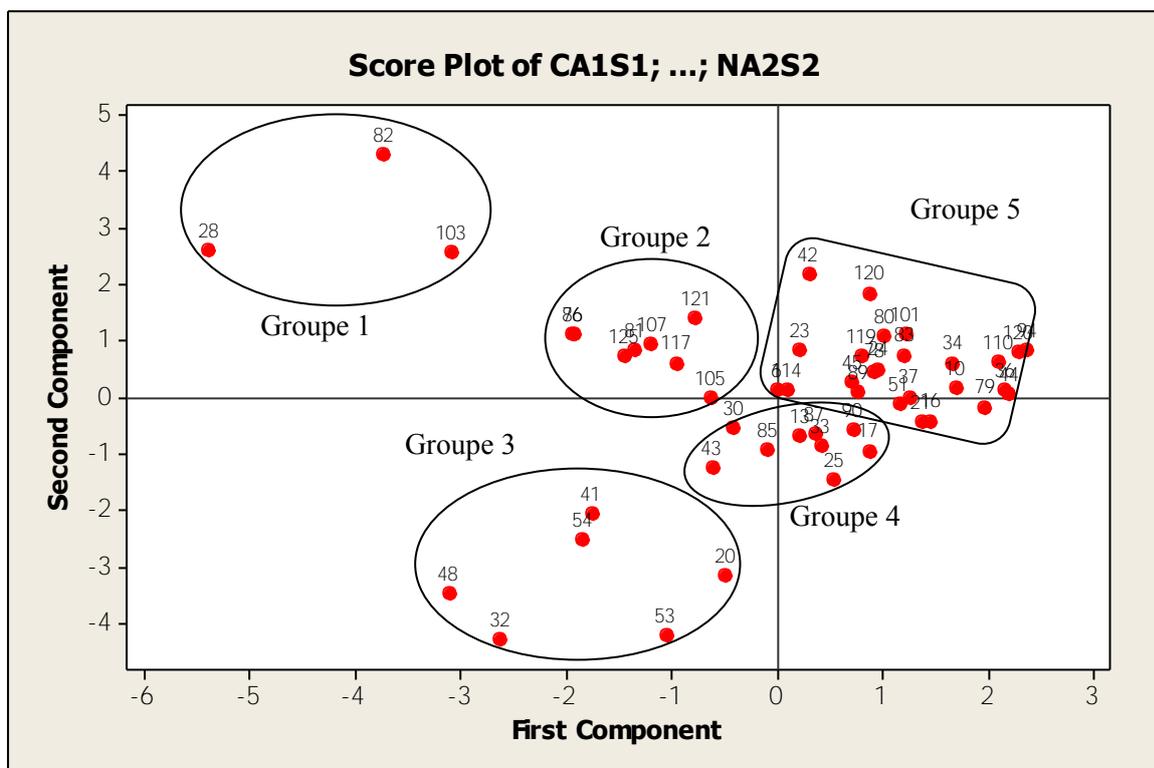


Figure 81 : ACP de la teneur en C et N pour les années 1962 et 2011 au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm

7.4) Variation de certains paramètres pédologiques des systèmes d'exploitation du CRZ Dahra

L'analyse de la teneur en carbone, en azote et du rapport C/N de l'horizon 0-20 cm des systèmes d'exploitation du CRZ de Dahra, n'a pas révélé de différence significative ($P > 0,05$) aussi bien pour l'année 1962 que celle de 2011. Les valeurs de ces éléments sont plus faibles dans les parcelles de culture et de pâturage en 2011 comparées à celles de 1962, alors qu'elles sont plus élevées pour les gommiers. En 2011, Le rapport C/N des cultures est inférieur à 8 ce qui révèle une faiblesse de la matière organique et sa minéralisation. Par contre les pâturages et les gommiers ont des rapports respectifs de 9,32 et 10,40 qui se trouvent dans la fourchette favorisant une bonne décomposition de la matière organique (figures 82, 83 et 84).

Au niveau de l'horizon 20-40 cm, parmi les paramètres étudiés, seule la teneur en carbone de 1962 présentait une différence significative ($P < 0,05$) entre les systèmes de cultures et les pâturages (rappelons qu'à l'époque il n'y avait que des pâturages et que c'est vers 1996 qu'ils ont faits l'objet d'une conversion en culture). Toutefois, en comparant les valeurs de 2011 à celles de 1962, on observe une augmentation de la teneur en carbone et en azote dans tous les systèmes d'exploitation.

En ce qui concerne le rapport C/N, une baisse est notée au niveau des cultures et pâturages alors que les gommiers connaissent une augmentation. Ce rapport est compris entre 8,12 et 9,22 pour cet horizon, ce qui indique une bonne décomposition de la matière organique (figures 82, 83 et 84).

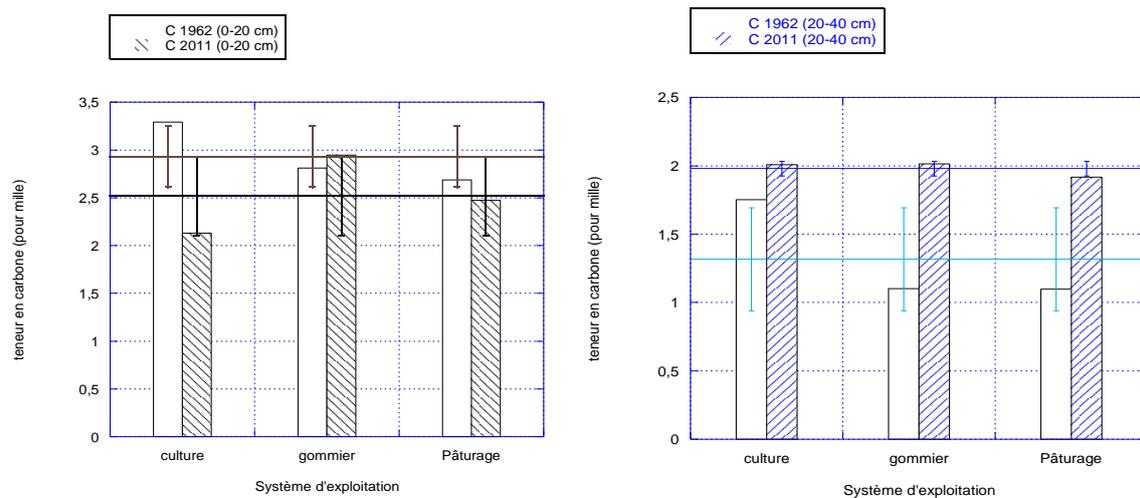


Figure 82 : Variation de la teneur en carbone des systèmes d'exploitation au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm entre 1962 et 2011 du CRZ de Dahra

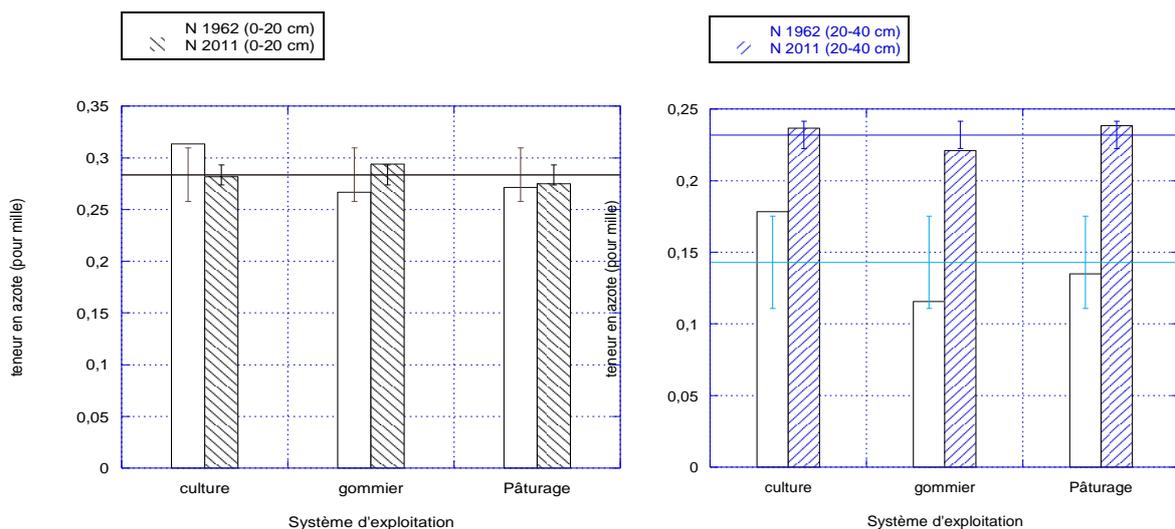


Figure 83 : Variation de la teneur en azote des systèmes d'exploitation au niveau des horizons 0-20 cm et 20-40 cm entre 1962 et 2011 du CRZ de Dahra

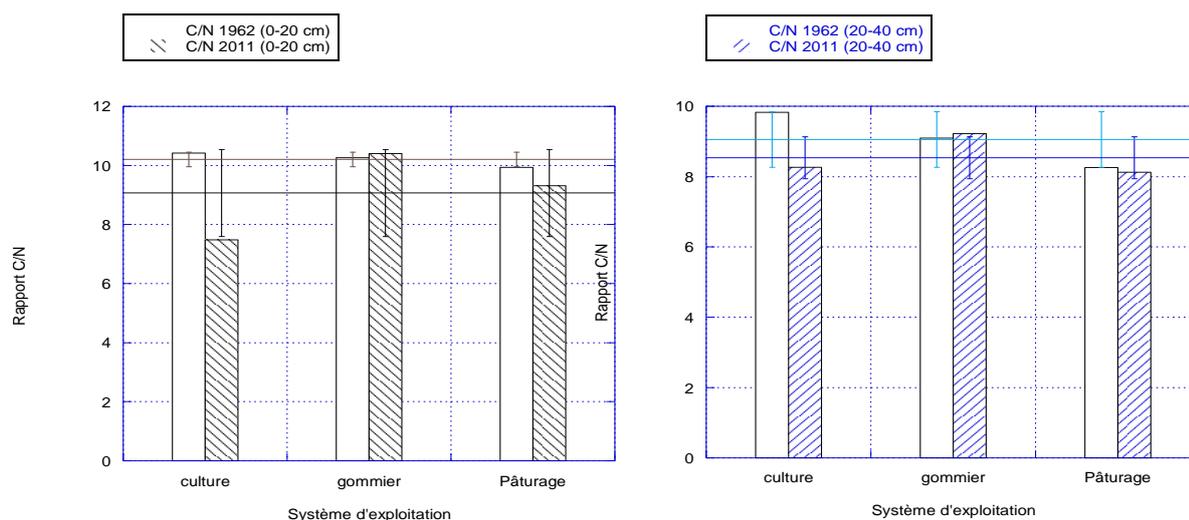


Figure 84 : Rapport C/N des systèmes d'exploitation au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm entre 1962 et 2011 du CRZ de Dahra

L'analyse de ce rapport C/N au niveau des points pédologiques répartis dans les différents systèmes d'exploitation indique pour l'horizon 0-20 cm en 1962 une valeur comprise entre 8-12, ce qui révèle une décomposition normale de la matière organique du sol (MOS). Les valeurs les plus faibles de ce rapport étaient notées au niveau de la petite concession, indiquant une faible quantité de MOS mais également une décomposition rapide de cette dernière (minéralisation). Seuls certains endroits (les parcelles du Nord-Est et Sud-Est du CRZ) qui sont généralement des zones à hydromorphie, présentaient un rapport supérieur à 14 (figure 85) d'où une décomposition lente de la MOS favorisant l'immobilisation.

Au niveau de l'horizon 20-40 cm pour cette même année, les valeurs du rapport C/N sont faibles (petite concession) à moyennes (restant de la station) donc comprises respectivement entre 0-8 et 8-12, d'où une minéralisation importante de la MOS (figure 86).

En ce qui concerne l'horizon 0-20 cm de l'année 2011, des valeurs basses du rapport C/N (< 8) sont observées à certains endroits de la petite concession, des pâturages internes, libres, des parcelles cultivées et dans la partie centrale des gommiers. Des valeurs moyennes de ce rapport (8-12), sont notées dans certaines parties de la petite concession, des parcelles cultivées et des gommiers (à l'Ouest). Les rapports les plus élevés (> 12) sont obtenus dans parcelles de gommiers du Sud, Nord-Est et Centre-Ouest, et au Nord-Ouest des pâturages libres (figure 87).

Les rapports C/N les plus importants, de l'horizon 20-40 cm de l'année 2011, ont principalement été enregistrés au niveau des parcelles de gommiers localisées dans la partie centre-ouest, nord-est et sud-est. Les pâturages internes, libres, la petite concession et les parcelles cultivées présentaient des rapports faibles à moyennes d'où une minéralisation importante de la MOS (figure 88).

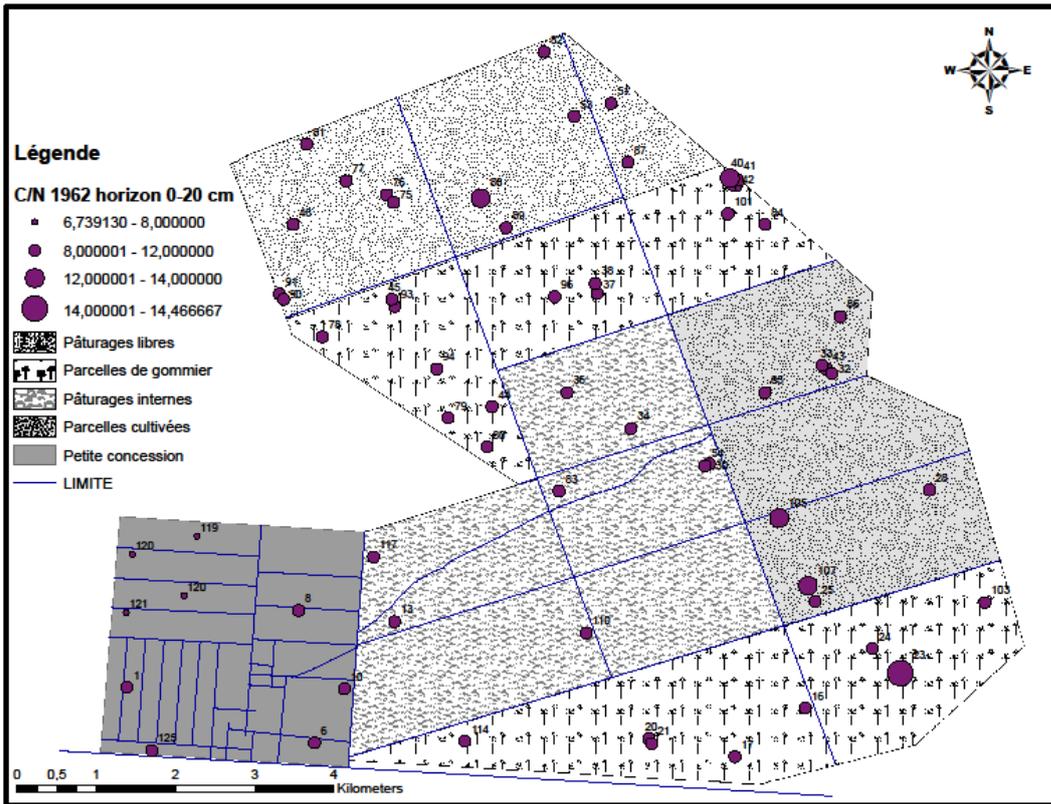


Figure 85 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 0-20 cm en 1962

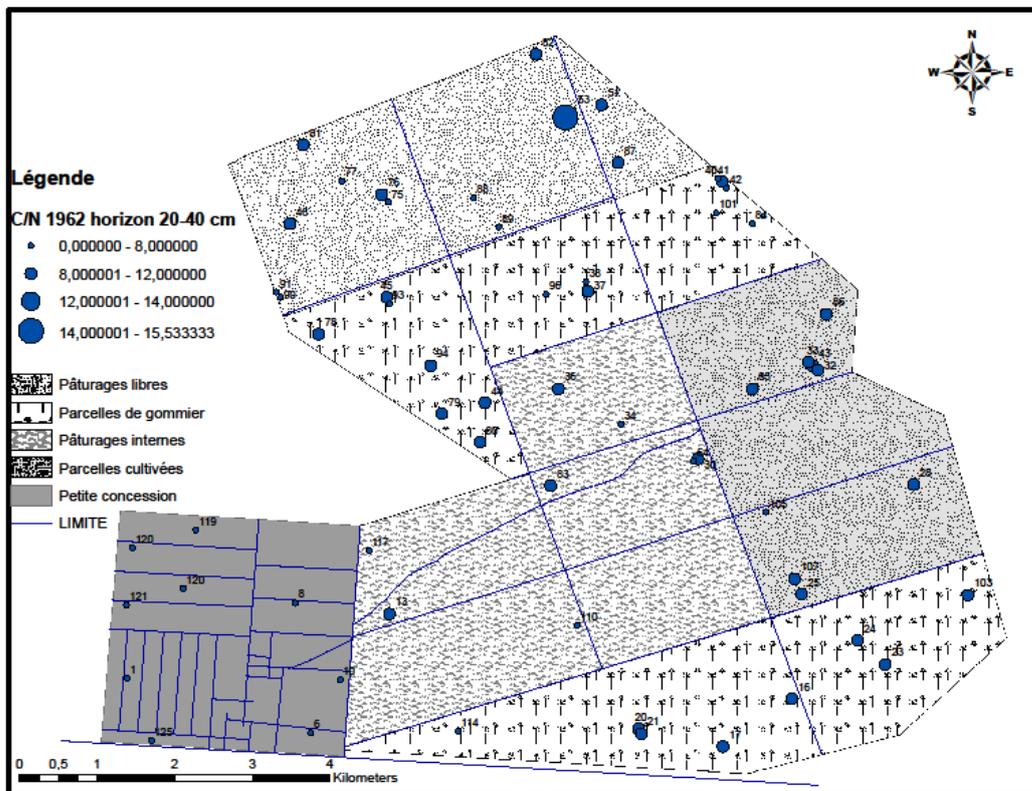


Figure 86 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 20-40 cm en 1962

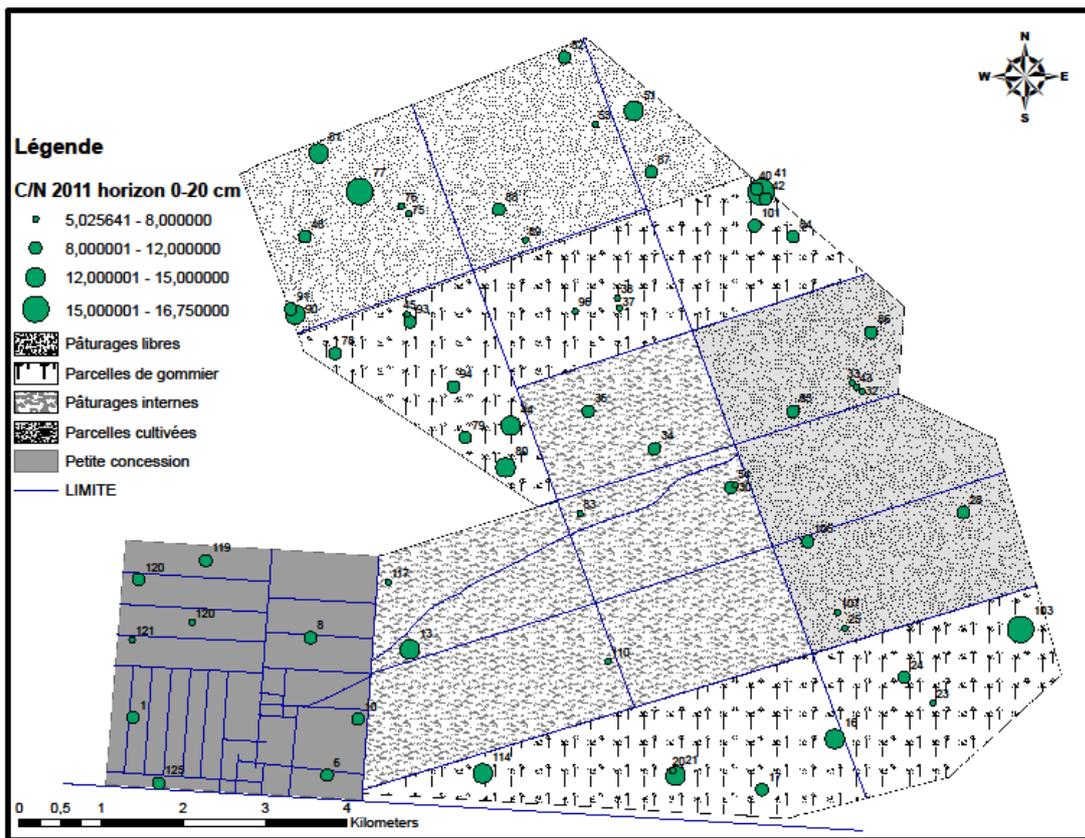


Figure 87 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 0-20 cm en 2011

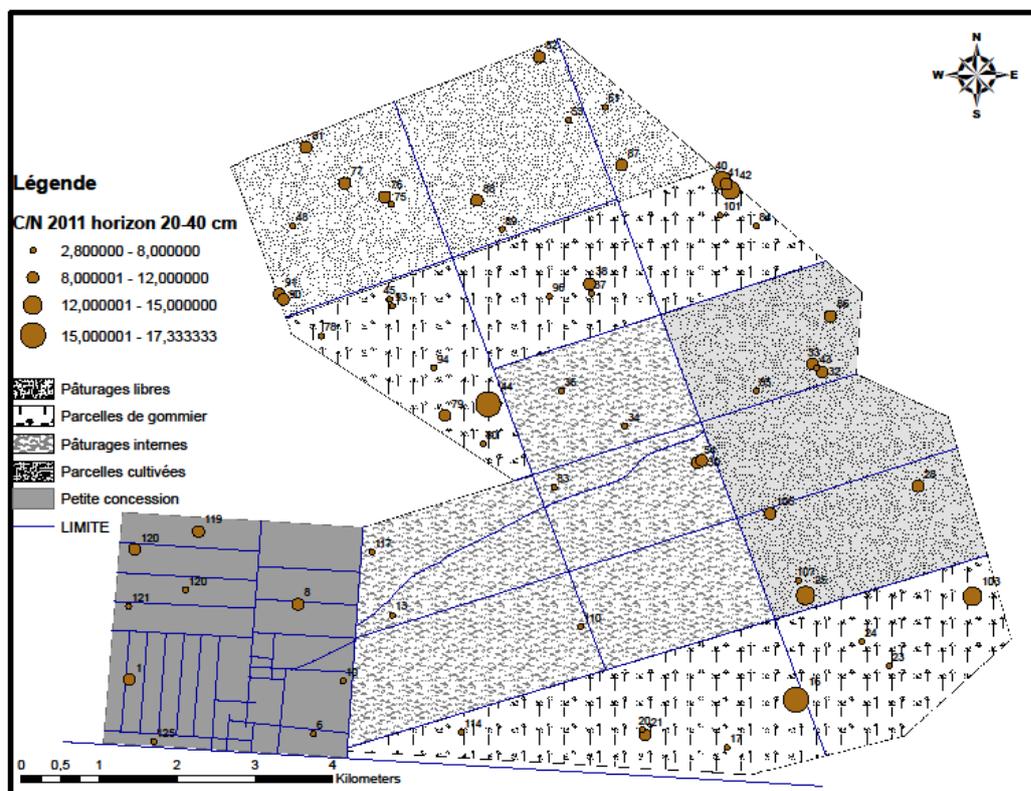


Figure 88 : Variation spatiale du rapport C/N de l'horizon 20-40 cm en 2011

7.5) Variation de la densité apparente et du stock de carbone des différents types de sol et systèmes d'occupation du sol du CRZ de Dahra

La densité apparente des sols du centre varie de 1482,75 (SD) à 1657,30 (CMD) avec une moyenne de $1585,32 \pm 104,62$ kg/m³ pour l'horizon 0-20 cm et de 1528,80 (CMD) à 1617,05 kg/m³ (CFC) avec une moyenne de $1590,12 \pm 64,39$ kg/m³ pour l'horizon 20-40 cm (tableau 19).

Elle varie au niveau des systèmes d'occupation du sol entre 1527,40 et 1619,70 kg/m³ pour l'horizon 0-20 cm et de 1503,27 et 1626,43 kg/m³ pour l'horizon 20-40 cm avec des moyennes respectives de $1585,32 \pm 104,62$ et $1590,12 \pm 64,39$ kg/m³ dans la station du CRZ. Cette densité est plus importante dans les gommiers et plus faibles au niveau des cultures (tableau 20).

Le stock de carbone est en moyenne de $0,08 \pm 0,03$ t/ha au niveau de l'horizon 0-20 cm et est plus important dans l'unité CFC (0,14 t/ha) et plus faible dans le CMD (0,05 t/ha). Dans l'horizon 20-40 cm, le stock moyen est de $0,06 \pm 0,02$ t/ha, il est plus élevé dans le CFC (0,09 t/ha) et plus bas au niveau de SBR et SFT (0,05 t/ha). Il faut noter que le stock de carbone est plus important dans l'horizon 0-20 que 20-40 cm (tableau 19). Au niveau des types d'occupation du sol, Celui-ci est plus important au niveau des gommiers dans les deux horizons (respectivement 0,1 et 0,07 t/ha) et plus faibles dans les systèmes de culture (0,07 et 0,06 t/ha) et les pâturages (0,08 et 0,06 t/ha) (tableau 20).

Tableau 19 : Densité apparente et stock de carbone des différents types de sols du CRZ de Dahra

		CFC	CMD	SBR	SD	SFT	CRZ/Dahra
stock de C (t/ha)	effectif (n)	9	3	14	19	17	62
	0-20 cm	0,14	0,05	0,07	0,07	0,08	$0,08 \pm 0,03$
	20-40 cm	0,09	0,06	0,05	0,05	0,06	$0,06 \pm 0,02$
D.a (kg/m ³)	effectif (n)	2	1	3	4	4	14
	0-20 cm	1563,15	1657,30	1619,17	1482,75	1655,60	$1585,32 \pm 104,62$
	20-40 cm	1617,05	1528,80	1585,67	1584,13	1601,33	$1590,12 \pm 64,39$

Tableau 20 : Densité apparente et stock de carbone des horizons 0-20 et 20-40 cm des systèmes d'occupation

		culture	gommier	Pâturage	CRZ/Dahra
stock de C (t/ha)	effectif (n)	6	23	33	62
	0-20 cm	0,07	0,10	0,08	$0,08 \pm 0,03$
	20-40 cm	0,06	0,07	0,06	$0,06 \pm 0,02$
D.a (kg/m ³)	effectif (n)	3	7	4	14
	0-20 cm	1527,40	1619,70	1568,60	$1585,32 \pm 104,62$
	20-40 cm	1503,27	1626,43	1591,73	$1590,12 \pm 64,39$

7.6) Discussion :

L'évolution de la matière organique, du carbone et de l'azote du sol dans ces écosystèmes pastoraux dépendent de plusieurs facteurs que sont la nature (structure, texture) et l'état du

substrat (niveau de dégradation du sol) (Sawadogo, 2011), le type de végétation qui s'y développe, les types d'activités présentes (pastorales, agricoles, sylviculture) et les conditions hydriques du sol (présence de mare par exemple).

La plupart des sols de la station du CRZ de Dahra sont pauvres en matière organique (matière organique inférieure à 1%). Cette situation est retrouvée dans beaucoup de sol de la sous-région comme le Burkina Faso.

Au niveau de l'horizon 0-20 cm, la diminution (non significative ($P > 0,05$)) du carbone et de l'azote au niveau des unités CMD, SBR, SD et SFT, peuvent être attribuées à leur texture qui est plus ou moins grossière et leur faible enrichissement en argile. Cette situation permet une bonne condition d'aération du sol (Jackson *et al.*, 2003 ; Gregorich *et al.*, 2006 ; Grosbellet, 2008) favorisant ainsi un pic d'activité des microorganismes du sol (Bernal *et al.*, 1998 ; Guerrero *et al.*, 2000 ; Busby *et al.*, 2007) et une dégradation facile de la matière organique libre du sol.

De même sur ces substrats, la végétation qui s'y développe avec la présence des cultures de gommiers constituent des sources de matière organique. Cet apport de litière peut favoriser la minéralisation de l'azote disponible (Samba, 2001 ; Diallo *et al.*, 2005 ; Diallo *et al.*, 2008).

Par contre, l'élévation du carbone notée dans le substrat CFC peut être attribuée à sa nature calcimorphe et les conditions d'engorgement d'eau temporaire qui y règnent, ce qui limitent l'activité biologique du sol favorisant l'immobilisation et l'accumulation du carbone dans ce substrat.

Au niveau de l'horizon 20-40 cm, la teneur en carbone et en azote plus importante (non significative ($P < 0,05$)) en 2011 qu'en 1962 pourrait s'expliquer par une faible minéralisation de la matière organique du sol (MOS) dans ces horizons plus enrichis en éléments fins.

En effet, les sols présentant une texture fine ou enrichis en éléments fins (comme l'unité CFC du centre) favorisent une séquestration du carbone et de l'azote due aux conditions anoxiques qu'ils créent réduisant ainsi la minéralisation de la matière organique du sol suite à la réduction des microorganismes aérobiques minéralisants du sol. De nombreux travaux sur la relation matière organique et fraction argileuse du sol (Tiessen et Stewart, 1983 ; Shang et Tiessen, 1997) ont montré que la fraction sableuse présente un faible coefficient d'enrichissement en carbone (Christensen, 2001 ; Pallo *et al.*, 2006).

De plus, grâce à l'adsorption des éléments fins (la matrice minérale) à la litière (Piccolo et Mbagwu, 1999 ; Chenu *et al.*, 2000 ; Rumpel *et al.*, 2004 ; Pulleman et Marinissen, 2004 ; Barral *et al.*, 2007), la surface d'attaque de cette dernière par les microorganismes du sol est faible ce qui réduit la décomposition de la MOS (Chenu, 1995 ; Balesdent *et al.*, 2000 ; Chenu *et al.*, 2000 ; Christensen, 2001).

Cette texture fine, de même que l'enrichissement en élément fin peuvent engendrer une situation d'engorgement d'eau du sol (mare temporaire, bas-fonds par exemple), ce qui fait que les conditions anaérobiques causées par cette présence d'eau réduisent la minéralisation de la MOS suite au processus cité ci-dessus. Il s'y ajoute aussi un enrichissement en matière organique dû au couvert végétal généralement plus développé à proximité des points d'eau qu'à l'extérieur.

Toutefois, selon la qualité biochimique de certaines parties de la plante, leur décomposition se fera plus ou moins rapidement, ce qui a pour conséquence la minéralisation du carbone et donc la diminution de la teneur en carbone des sols. Ceci est confirmé par le modèle de réponse de la décomposition de la qualité biochimique (Puget et Drinkwater 2001; Sall *et al.*, 2003).

La forte fréquentation animale autour de ces points d'eau est également une source de matière organique à travers les fèces (Fournier *et al.*, 2001; Besse et Toutain, 2002). Cependant, cette activité peut s'avérer très dommageable pour le substrat surtout enrichi en élément fin (Carrière, 1996) car entraînant sa dégradation suite au phénomène de tassement et d'encroûtement (Toutain *et al.*, 1983 ; Gaston, 1981 ; Daget et Godron, 1995) qui sont les causes de l'érosion hydrique et/ou éolienne (Devineau *et al.*, 2009 ; Sall *et al.*, 2007). Ces érosions limitent la fourniture en matière organique du sol accentuant ainsi les pertes et sont souvent aussi à l'origine de l'exportation des éléments organiques du sol vers d'autres endroits.

L'alternance de phase humide et sèche engendre une décomposition et une minéralisation de la MOS suite à l'exposition des particules de matières organiques à l'activité microbienne (Miller *et al.*, 2005).

L'analyse des rapports C/N au niveau de l'horizon 0-20 cm, montre que ceux de 1962 sont plus importants que ceux de 2011 sur l'ensemble des sols, d'où une tendance à une plus rapide transformation par les microorganismes de la matière organique contenue dans cette horizon et favorisant ainsi la minéralisation du carbone et de l'azote. Toutefois Sall *et al.* (2007) ont montré que rapport C/N à lui seul n'est pas suffisant pour prédire la décomposition de la matière organique.

Au niveau de l'horizon inférieur 20-40 cm, on a des gains de carbone sur l'ensemble des unités pédologiques. Ceci corrobore les résultats de Batjes (1996) qui montre que la teneur en carbone peut doubler entre une profondeur de 30 cm à 1 m et être multipliée par quatre jusqu'à 2 m. En considérant l'horizon 0-40, on se rend compte que les sols du CRZ ont tendance à accumuler du carbone et de l'azote ; cette accumulation est même significative ($P < 0,05$) pour cette dernière. Donc la diminution de la teneur en carbone et en azote constaté dans l'horizon 0-20 cm semble être compensée par leurs augmentations dans l'horizon 20-40 cm.

En ce qui concerne les types d'occupation du sol de la station du CRZ de Dahra, il est noté une baisse de la teneur en carbone et celle en azote au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm dans les cultures et les pâturages comparée à la situation de 1962. Il en est de même pour le stock de carbone. Cette baisse pourrait trouver son explication dans la nature biochimique des apports de matière organique dans ces deux systèmes. En effet, les engrais apportés dans les cultures favorisent la minéralisation de la matière organique du sol (MOS), ce qui est illustré par le rapport C/N inférieur à 8 noté dans ces systèmes.

Cette minéralisation de la MOS est accentuée par le travail du sol (labour) qui favorise la diminution des macro-agrégats (Cabrera, 1993 ; Franzluebbbers *et al.*, 1998), l'aération du sol (Jackson *et al.*, 2003 ; Gregorich *et al.*, 2006 ; Grosbellet, 2008) provoquant ainsi un pic d'activité des microorganismes du sol (Bernal *et al.*, 1998 ; Guerrero *et al.*, 2000 ; Busby *et al.*, 2007).

Dans les pâturages, la baisse du carbone et de l'azote pourrait être expliquée par l'apport de matière organique d'origine animale facilement dégradable qui stimulerait la minéralisation de la MOS, d'ailleurs le rapport C/N trouvé dans ce système généralement compris entre 8 et 10 indique une bonne décomposition de la matière organique. Cette baisse du carbone et de l'azote du sol de ce système pourrait également être expliquée par une érosion ou un lessivage de ces éléments dû à une dégradation du substrat (croûtes de battance, tassement) causée par le surpâturage dans les parties enrichies en éléments fins.

Par contre dans les parcelles de gommier, la hausse de la teneur en carbone et en azote dans les deux horizons notée par rapport à 1962, pourrait être due à une fourniture de ces sols en matière organique provenant des différentes parties de ces plantes (racines, tiges, feuilles) présentant des qualités biochimiques différentes donc des niveaux de dégradation différents (Christensen, 2001). En effet les tiges qui sont riches en lignine et les racines sont des parties très difficilement dégradables par les microorganismes (Gleixner et *al.*, 2002 ; Kalbitz et *al.*, 2006) .

Il s'y ajoute également une protection physique de la matière organique (Piccolo et Mbagwu, 1999 ; Chenu et *al.*, 2000 ; Rumpel et *al.*, 2004 ; Pulleman et Marinissen, 2004 ; Barral et *al.*, 2007) due à une interaction avec la matrice minérale, lui conférant une certaine résistance à la biodégradation (Chenu, 1995 ; Balesdent et *al.*, 2000 ; Chenu et *al.*, 2000 ; Christensen, 2001).

Ces gommiers sont majoritairement implantés sur des sols sableux enrichis en éléments fins donc renfermant plus de matière organique (Christensen, 2001 ; Pallo et *al.*, 2009), avec des conditions hydriques favorables pouvant créer une asphyxie des microorganismes du sol réduisant ainsi la dégradation cette matière organique (Sahrawat, 2004).

Les résultats de cette étude sont en phase avec ceux indiquant une certaine influence des types d'occupation du sol sur la dynamique de la matière organique sol (Feller et *al.*, 1993, Lal et *al.*, 1995) et celle du carbone et de l'azote du sol (Arrouays et *al.*, 1999). En effet, certains auteurs comme Arrouays et Péliissier, 1994 ; Neill et *al.*, 1998 ont montré que le reboisement favorisait une séquestration lente du carbone selon le taux de croissance de l'arbre. Par contre la conversion des pâturages en cultures favorisait des pertes de carbone.

7.7) Conclusion

L'analyse de la dynamique de la teneur en carbone et azote du sol, révèle une certaine stabilité de ces dernières dans les horizons 0-20 et 20-40 cm du CRZ de Dahra, au niveau de ses différents substrats et types d'occupation du sol. Cependant, la teneur en azote du sol de l'horizon 20-40 cm a significativement augmenté dans l'unité pédologique CFC.

En ce qui concerne les types d'occupation de sol, le carbone et l'azote du sol présentent les valeurs les plus faibles en 2011 au niveau des parcelles de culture et de pâturages comparées à celles de 1962 tandis que l'inverse est constaté pour les parcelles de gommiers. Il est également noté une corrélation positive entre la teneur en carbone et celle en azote du sol au niveau du CRZ de Dahra.

La distribution spatiale du carbone, de l'azote et du rapport C/N du sol est variable. Les parcelles de culture présentent un rapport C/N moyen qui est inférieur à 8 alors que celui des pâturages et

des gommiers était respectivement de 9,32 et 10,40. Une différence significative ($P < 0,05$) est constatée en 1962 entre les parcelles qui font actuellement l'objet de culture et ceux de pâturage.

S'agissant du stock de carbone, il varie entre 0,05 et 0,14 t/ha dans l'horizon 0-20 cm et de 0,05 à 0,09 t/ha pour l'horizon 20-40 cm avec des moyennes respectives de $0,08 \pm 0,03$ t/ha et $0,06 \pm 0,02$ t/ha au niveau du CRZ de Dahra. Ce stock, au niveau des types de sol, est plus important dans les deux horizons dans l'unité CFC qui présente les teneurs en carbone les plus élevées. En ce qui concerne les types d'occupation du sol, il est plus important au niveau des gommiers (respectivement 0,1 et 0,07 t/ha) et plus faibles dans les systèmes de culture (0,07 et 0,06 t/ha) et les pâturages (0,08 et 0,06 t/ha).

Troisième Partie : Discussion générale : synthèse, conclusion générale et perspectives

Chapitre 8 : synthèse et conclusion générale

L'étude, de la dynamique de la végétation pastorale du CRZ de Dahra, révèle une fluctuation de la contribution des types morphobiologiques (ou groupes fonctionnels) au recouvrement du couvert herbacée avec une prédominance des graminées et des légumineuses, des indices spécifiques de qualité des espèces végétales, de la valeur pastorale brute (VPB), de la phytomasse herbacée et de la capacité de charge au fil des années.

Certains éléments tels que la phytomasse herbacée et la capacité de charge évoluent dans le même sens que le gradient pluviométrique contrairement à la valeur pastorale brute qui n'est pas corrélée avec la pluviométrie et semble plus dépendre des espèces présentes (Akpo et Grouzis, 2004), de leur contribution spécifique (Bakhoum, 2013) et de leur indice spécifique de qualité.

De façon générale, les pâturages du CRZ de Dahra peuvent être considérés comme de bonne qualité car présentant une VPB supérieure à 64, 5% sur 8 années sur 9 suivies. Cette situation est confortée par la prédominance des espèces à moyenne (MVP) et bonne valeur pastorale (BVP). Ce même constat est fait par Bakhoum (2013) au niveau des parcours de Tessékéré.

L'étude comparative des pâturages du CRZ de Dahra entre les deux années (1964 et 2011), nous a permis de montrer que ces derniers sont marqués par une baisse significative de leur phytomasse herbacée et de leur diversité floristique (herbacée et ligneux).

Le couvert herbacé de Dahra était riche de 129 espèces réparties en 78 genres et 30 familles en 1964 alors qu'en 2011 il ne présentait que 74 espèces réparties en 44 genres et 20 familles.

Les espèces pérennes (*Andropogon amplexans divers.*) associées à des espèces à germination mixte (*Zornia glochidiata*) plus adaptées aux aléas climatiques et celle à germination lente (*Borreria stachydea*) présentaient les contributions spécifiques les plus importantes en 1964 alors qu'en 2011, elles sont substituées par les espèces annuelles comme *Alysicarpus ovalifolius*, *Schoenfeldia gracilis* et *Dactyloctenium aegyptium* à germination moyenne à rapide et *Zornia glochidiata*, ces espèces sont plus résistantes au déficit hydrique (Grouzis, 1988). En effet, l'installation des espèces à germination rapide est révélatrice d'une situation pluviométrique favorable. Celle-ci est confirmée par les hausses pluviométriques notées entre 2009 et 2011.

La présence des espèces à germination mixte (rapide ou lente) comme *Zornia*, qui est un faciès de dégradation qui a la particularité de coloniser les substrats dégradés (Boudet, 1983), est un indicateur du niveau de dégradation de ces parcours pouvant être imputé en partie par le surpâturage.

Du point de vue qualitatif, les espèces les plus fréquentes répertoriées en 2011 constituent des espèces de bonne qualité fourragère car elles sont bien consommées en vert comme en saison sèche. Toutefois, *Zornia glochidiata* bien que appréciée par le bétail, cause des problèmes de météorisation. Par contre en 1964, hormis *Andropogon amplexans divers.* qui est de qualité moyenne, les autres espèces prédominantes étaient soit médiocres (*Borreria stachydea*) donc peu consommées

par les ruminants, soit susceptibles de causer des problèmes sanitaires comme la météorisation (*Zornia*).

La richesse floristique des ligneux a varié de 23 à 18 espèces entre les deux années (1964 et 2011). Ces résultats sont similaires à ceux de Bakhoun (2013) réalisés dans un autre écosystème pastoral du Ferlo (Tessékéré) avec des effectifs variant de 23 à 17 espèces entre 1974 et 2010, mais différent de ceux de Diouf (2012) réalisé entre 1970 et 2000 à Thieul avec une richesse floristique variant de 18 à 8 espèces et de 31 à 19 espèces à Réwane.

Ce couvert ligneux est caractérisé par la prédominance des Mimosacées, Balanitacées et les combrétacées qui renferment des espèces plus adaptées au déficit hydrique. Toutefois, la régression de certaines espèces zoo-anthropiles comme *Guiera senegalensis*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum* et *Grewia bicolor* pourrait être expliquée par l'action combinée des conditions climatiques (Bakhoun, 2013 et Ndiaye, 2013) et de leurs usages par les populations locales soit comme produits médicinaux ou matériaux de construction. Le développement de *Calotropis procera* est révélateur d'une dégradation de ces parcours.

Cette composante ligneuse est essentielle pour les pâturages sahéliens car elle apporte l'essentiel des éléments nutritifs (azote et protéine) dont a besoin le bétail en saison sèche (Von Maydell, 1983 ; Guinko *et al.*, 1989 ; Guinko, S., 1991 ; Baumer, 1992 ; Ickowicz *et al.*, 2005) et contribue également à l'amélioration de la diversité et de la phytomasse du couvert herbacée (Akpo et Grouzis, 2004).

Le dynamisme de la composition et structure floristique, de la phytomasse herbacée des écosystèmes pastoraux sahéliens dépendent de plusieurs facteurs. Les facteurs climatiques, à travers la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie, le cumul et les événements pluviométriques, constituent les éléments primordiaux dans le déterminisme de la composition botanique et de la phytomasse herbacée (Boudet, 1981, 1983 ; Ndiaye, 1981 ; Kluge, 1982 ; Mische, 1990 ; Tilman et Downing 1994 ; Briggs *et al.*, 1995 ; Blair 1997 ; Knapp et Smith 2001 ; Hiernaux et Le Houérou, 2006).

Il s'y ajoute des facteurs intrinsèques aux végétaux tels que la quantité et la qualité de la graine produite, les conditions de germination (Ndiaye, 1981, 1995 ; Grouzis *et al.*, 1986 ; Grouzis, 1992), la vitesse de croissance et la physiologie de la plante (De Ridder *et al.*, 1982 ; Sala *et al.* 1988 ; Grouzis, 1992 ; Huxman *et al.*, 2004) ; les facteurs anthropiques tels que les activités pastorales (Carrière, 1996 ; Devineau, 1999 ; Gaucherand, 2005 ; Turner *et al.* 2005 ; Peco *et al.*, 2006), agricoles et les feux de brousse provoqués et édaphiques (nature, structure, texture, situation hydrique et état de dégradation du sol).

L'étude, de l'effet de la sécheresse à court terme sur ces parcours, nous a permis de montrer que sur substrat sableux à sablo-argileux, un déficit hydrique de 50 à 75% engendre une baisse du recouvrement et de façon significative celle de la phytomasse du couvert herbacé. Les résultats concernant la phytomasse herbacée corroborent ceux d'autres auteurs (Sala *et al.*, 1988 ; Tilman et Downing, 1994 ; Briggs *et al.*, 1995 ; Huxman *et al.*, 2004 et Cantarel, 2011) ayant travaillé dans d'autres écosystèmes.

La variation du recouvrement du couvert herbacé dans le même sens que celle de sa phytomasse, nous incite à supposer que la sécheresse réduit cette dernière suite à la diminution de son recouvrement au niveau de ces écosystèmes sahéliens.

Cette étude a également révélé que les légumineuses sont favorisées par les conditions hydriques favorables tandis que les graminées sont plus adaptées au déficit hydrique. Par contre, les autres herbacées sont plus importantes dans les conditions de déficit hydrique poussé (50 et 75% de sécheresse).

L'explication de la variation intra et interannuelle des contributions des formes de vie à la phytomasse, outre la dynamique et les propriétés germinatives du stock semencier (Ndiaye, 1981, 1995 ; Grouzis *et al.*, 1986 ; Grouzis, 1992) pourrait être recherchée dans la physiologie (Grouzis, 1992) plus précisément dans le mode de photosynthèse de ces types morphologiques.

En effet, le mode de photosynthèse et la régulation de l'ouverture stomatique des graminées annuelles et de certaines dicotylédones (De Ridder *et al.*, 1982) les avantagent en situation de sécheresse. Par contre, les légumineuses sont handicapées par une transpiration élevée due à une absence de régulation de l'ouverture des stomates (Hiernaux et Le Houérou, 2006) et par la faiblesse de la vitesse de croissance de bon nombre de ses espèces.

La richesse floristique du couvert herbacé, n'a pas significativement évolué sous l'effet de la sécheresse à court terme, d'ailleurs les traitements à sécheresse plus élevée, présentés un nombre d'espèces plus important. Ces mêmes constats ont été faits par Cantarel (2011) qui évoque une absence de variation significative de la richesse spécifique sous changement climatique à court terme.

Les résultats du dispositif d'exclusion de pluie, ont permis de voir le rôle essentiel de la variabilité pluviométrique sur le couvert herbacé et concordent avec les conclusions de nombreux auteurs ayant travaillé en région sahélienne ou dans des écosystèmes semi-arides et arides.

En effet dans ces écosystèmes, la pluviométrie et sa distribution jouent un rôle primordial dans le déterminisme de la composition botanique et de la phytomasse herbacée (Boudet, 1981, 1983 ; Ndiaye, 1981 ; Kluge, 1982 ; Miehle, 1990 ; Tilman et Downing 1994 ; Briggs *et al.* 1995 ; Blair 1997 ; Knapp et Smith 2001 ; Hiernaux et Le Houérou, 2006), même si d'autres facteurs, tels que la nature et la texture des sols, la topographie, la physiologie de la végétation, la physiologie des espèces (De Ridder *et al.*, 1982 ; Sala *et al.*, 1988 ; Huxman *et al.*, 2004), la disponibilité de l'eau (Breman et De Ridder, 1991) et des éléments fertilisants dans le sol, y interviennent.

La sécheresse a également des conséquences sur la qualité des pâturages. En effet, il est constaté dans cette étude une baisse de la cellulose et une augmentation de la lignine sur l'ensemble des types morphobiologiques sous l'effet de la sécheresse, ce qui a pour conséquence une réduction de la digestibilité de ces fourrages.

Les légumineuses et autres herbacés ont montré une diminution de leurs teneurs en protéines sous sécheresse (traitement 25 et 50%) alors qu'au niveau des graminées une augmentation est observée (traitement 25 et 75%). La chute de la teneur en protéine dans ces groupes végétaux pourrait altérer la croissance, l'entretien et le fonctionnement du cheptel car ce sont des constituants essentiels des tissus et les liquides de leur organisme (Rivière, 1977). Le phosphore et

le calcium sont présents en faible quantité dans ces types morphobiologiques avec un taux n'atteignant généralement pas 1%.

Les unités fourragères lait et viande connaissent une baisse au niveau des graminées (traitement 25 et 75%) et des autres herbacés (25%). Cependant, elles sont en hausse pour les légumineuses au niveau des traitements 25 et 50%. Les légumineuses semblent donc améliorées la qualité des pâturages en situation de sécheresse à court terme.

Les valeurs de ces unités fourragères notées aussi bien dans le témoin que dans les traitements de sécheresse ne permettent de couvrir les besoins d'entretien d'un bovin de 250 Kg de poids vifs estimé à 2,3 UF par Rivière (1977) ce qui indique la faible qualité du couvert herbacé.

L'analyse de l'évolution de la teneur en carbone et en azote du sol, du rapport C/N au niveau du CRZ de Dahra, montre une certaine stabilité de ces éléments organiques dans les horizons 0-20 et 20-40 cm de cet écosystème pâturé. Toutefois, l'azote du sol de l'horizon 20-40 cm présente une hausse significative. Ces éléments organiques présentent une certaine variabilité dans les différents substrats et types d'occupation du sol du CRZ de Dahra.

Au niveau des substrats du Centre, le carbone et l'azote du sol présentent une certaine stabilité au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm, même si leurs valeurs sont plus importantes dans les unités pédologiques CMD, SBR, SD et SFT au niveau de 0-20 cm en 1962 et celui de 20-40 cm en 2011. Cependant, l'unité CFC présente une augmentation significative de sa teneur en azote du sol (en 2011) dans l'horizon 20-40 cm.

La diminution (non significative) du carbone et de l'azote au niveau des unités CMD, SBR, SD et SFT de l'horizon 0-20 cm, pourrait être attribuées à leur texture qui est plus ou moins grossière et leur faible enrichissement en argile. Cette situation permet une bonne condition d'aération du sol (Jackson *et al.*, 2003 ; Gregorich *et al.*, 2006 ; Grosbellet, 2008) favorisant ainsi un pic d'activité des microorganismes du sol (Bernal *et al.*, 1998 ; Guerrero *et al.*, 2000 ; Busby *et al.*, 2007) et une dégradation facile de la matière organique libre du sol.

La végétation qui se développe sur ces substrats, en rapport avec les cultures de gommiers constituent d'importantes sources de matière organique. Cet apport de litière peut favoriser la minéralisation de l'azote disponible (Samba, 2001 ; Diallo *et al.*, 2005 ; Diallo *et al.*, 2008).

Cependant, l'élévation du carbone notée dans le substrat CFC peut être attribuée à sa nature calcimorphe et les conditions d'engorgement d'eau temporaire qui y règnent, ce qui limitent l'activité biologique du sol favorisant l'immobilisation et l'accumulation du carbone dans ce substrat.

Au niveau de l'horizon 20-40 cm, la teneur en carbone et en azote plus importante (non significative) en 2011 qu'en 1962 pourrait s'expliquer par une faible minéralisation de la matière organique du sol (MOS) dans ces horizons plus enrichis en éléments fins.

En effet, les sols présentant une texture fine ou enrichis en éléments fins (comme l'unité CFC du centre) favorisent une séquestration du carbone et de l'azote due aux conditions anoxiques qu'ils créent réduisant ainsi la minéralisation de la matière organique du sol suite à la réduction des

microorganismes aérobiques minéralisants du sol. De nombreux travaux sur la relation matière organique et fraction argileuse du sol (Tiessen et Stewart, 1983 ; Shang et Tiessen, 1997) ont montré que la fraction sableuse présente un faible coefficient d'enrichissement en carbone (Christensen, 2001 ; Pallo *et al.*, 2006).

De plus, grâce à l'adsorption des éléments fins (la matrice minérale) à la litière (Piccolo et Mbagwu, 1999 ; Chenu *et al.*, 2000 ; Rumpel *et al.*, 2004 ; Pulleman et Marinissen, 2004 ; Barral *et al.*, 2007), la surface d'attaque de cette dernière par les microorganismes du sol est faible ce qui réduit la décomposition de la MOS (Chenu, 1995 ; Balesdent *et al.*, 2000 ; Chenu *et al.*, 2000 ; Christensen, 2001).

L'étude de l'évolution de la teneur en carbone et en azote, dans les différents types d'occupation du sol du CRZ de Dahra, révèle une baisse de ces dernières au niveau des horizons 0-20 et 20-40 cm dans les cultures et les pâturages comparée à la situation de 1962. Il en est de même pour le stock de carbone. Cette baisse pourrait trouver son explication dans la nature biochimique des apports de matière organique dans ces deux systèmes. En effet, les engrais apportés dans les cultures favorisent la minéralisation de la matière organique du sol (MOS), ce qui est illustré par le rapport C/N inférieur à 8 noté dans ces systèmes.

Cette minéralisation de la MOS est accentuée par le travail du sol (labour) qui favorise la diminution des macro-agrégats (Cabrera, 1993 ; Franzluebbers *et al.*, 1998), l'aération du sol (Jackson *et al.*, 2003 ; Gregorich *et al.*, 2006 ; Grosbellet, 2008) provoquant ainsi un pic d'activité des microorganismes du sol (Bernal *et al.*, 1998 ; Guerrero *et al.*, 2000 ; Busby *et al.*, 2007).

Dans les pâturages, la baisse du carbone et de l'azote pourrait être expliquée par la forte fréquentation animale qui est une source de matière organique à travers les fèces (Fournier *et al.*, 2001 ; Besse et Toutain, 2002) facilement dégradable favorisant la stimulation de la minéralisation de la MOS, d'ailleurs le rapport C/N trouvé dans ce système généralement compris entre 8 et 10 indique une bonne décomposition de la matière organique.

Cependant, cette activité peut s'avérer très dommageable pour le substrat surtout enrichi en élément fin (Carrière, 1996) car entraînant sa dégradation suite au phénomène de tassement et d'encrouement (Gaston, 1981 ; Toutain *et al.*, 1983 ; Daget et Godron, 1995) qui sont les causes de l'érosion hydrique et/ou éolienne (Sall *et al.*, 2007 ; Devineau *et al.*, 2009). Ces érosions limitent la fourniture en matière organique du sol accentuant ainsi les pertes et sont souvent aussi à l'origine de l'exportation des éléments organiques du sol vers d'autres endroits.

Par contre dans les parcelles de gommier, la hausse de la teneur en carbone et en azote dans les deux horizons notée par rapport à 1962, pourrait être due à une fourniture de ces sols en matière organique provenant des différentes parties de ces plantes (racines, tiges, feuilles) présentant des qualités biochimiques différentes donc des niveaux de dégradation différents (Christensen, 2001). En effet les tiges qui sont riches en lignine et les racines sont des parties très difficilement dégradables par les microorganismes (Gleixner *et al.*, 2002 ; Kalbitz *et al.*, 2006) .

Il s'y ajoute également une protection physique de la matière organique (Piccolo et Mbagwu, 1999 ; Chenu *et al.*, 2000 ; Pulleman et Marinissen, 2004 ; Rumpel *et al.*, 2004 ; Barral *et al.*, 2007)

due à une interaction avec la matrice minérale, lui conférant une certaine résistance à la biodégradation (Chenu, 1995 ; Balesdent *et al.*, 2000 ; Chenu *et al.*, 2000 ; Christensen, 2001).

Ces gommiers sont majoritairement implantés sur des sols sableux enrichis en éléments fins donc renfermant plus de matière organique (Christensen, 2001 ; Pallo *et al.*, 2009), avec des conditions hydriques favorables pouvant créer une asphyxie des microorganismes du sol réduisant ainsi la dégradation cette matière organique (Sahrawat, 2004).

Les résultats de cette étude sont en phase avec ceux indiquant une certaine influence des types d'occupation du sol sur la dynamique de la matière organique sol (Feller *et al.*, 1993, Lal *et al.*, 1995) et celle du carbone et de l'azote du sol (Arrouays *et al.*, 1999). En effet, certains auteurs comme Arrouays et Pélissier (1994) ; Neill *et al.* (1998) ont montré que le reboisement favorisait une séquestration lente du carbone selon le taux de croissance de l'arbre. Par contre la conversion des pâturages en cultures favorisait des pertes de carbone.

En définitive cette étude a révélé que la dynamique des pâturages est étroitement liée à la pluviométrie qui est très variable en zone sylvopastorale entraînant ainsi une variabilité de la qualité et de la quantité du fourrage produit. Outre cette pluviométrie d'autres facteurs tels que la teneur en carbone et en azote du sol, les types d'exploitation du sol interviennent dans l'évolution de ces parcours en région sahélienne.

Perspectives et recommandations

Cette étude menée dans le CRZ de Dahra afin d'apprécier la dynamique et les déterminants de la végétation et du stock de carbone dans ces parcours, s'est plutôt appesanti en ce concerne la végétation, sur l'effet de la sécheresse sur cette dernière. De plus, la durée pour apprécier l'effet de la sécheresse à court terme nous paraît courte, il serait intéressant d'aller jusqu'à cinq ans environ pour mieux valider les conclusions.

Il serait également important d'élargir cette étude en y intégrant d'autres paramètres hydriques susceptibles d'agir sur l'installation de la végétation, tels que la distribution de la pluie, le moment d'intervention de la pluie (précoce ou tardive) et des pauses pluviométriques, pour ce faire on aura recours probablement au système irrigué pour contrôler ces paramètres.

Dans ce contexte de changement climatique marqué par une variabilité de la pluviométrie dans ces zones semi-arides, en plus de l'effet de la sécheresse, il est essentiel d'étudier l'impact de l'excédent pluviométrique, de la variation de température et du CO₂ sur le tapis herbacé, voire même l'action combinée de ces différents facteurs.

La physiologie des groupes fonctionnels sous stress hydrique, le stock semencier sont également d'autres aspects à prendre en compte si l'on veut comprendre la réponse de la végétation aux variabilités climatiques.

Dans ces écosystèmes pastoraux comme le Ferlo, l'étude de la dynamique de la végétation doit nécessairement prendre en compte l'impact de l'animal à travers sa charge, le mode d'exploitation, ses fèces sur la structure et la production fourragère mais également sur les propriétés du sol ; l'effet de la fauche sur les transferts de phytomasse, de semences et même de carbone et azote mérite d'être exploré.

En ce qui concerne l'évolution du carbone, de l'azote et du stock de carbone du sol, il serait important de caractériser et d'évaluer la biomasse microbienne du sol, de différencier les éléments organiques de ceux minéraux, évaluer leurs durées de minéralisation, d'apprécier les pertes de C et N par les transferts de matières (biomasse, fèces, déboisement, feux de brousse etc.) afin de montrer le bilan de C et N de ces écosystèmes pastoraux.

Les parcours de la zone sylvopastorale sont caractérisés par une variabilité de leur production herbacée. En plus, durant la saison sèche une bonne partie de cette phytomasse herbacée est consommée et celle restante est de qualité médiocre ne pouvant satisfaire que certains besoins énergétiques de l'animal. Donc toute exploitation de ces pâturages, doit nécessairement prendre en compte ses fluctuations d'où la nécessité de réduire et d'adapter la charge animale en fonctions de ces dernières, ce qui permettra également de réduire les impacts négatifs du piétinement sur le substrat. Il faudra également envisager d'autres systèmes de production fourragère tels que les cultures fourragères, le reboisement de ligneux fourragers qui pourront servir de réserves de fourrage pendant la période de disette, et les appuyer d'une supplémentation alimentaire.

Références bibliographiques

- 1 Akpo LE, 1990. Dynamiques des systèmes écologiques sahéliens : structure spécifique productivité et qualité des herbages : le forage de Widdu Thiengoly. FST/UCAD, DEA, 55p.
- 2 Akpo LE, 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.
- 3 Akpo L E., Grouzis., Michel P., 2000. Valeur pastorale des herbages en région soudanienne : le cas des parcours sahéliens du nord-Sénégal. *ORSTOM*, vol. **18**, n° 1, pp 1-8.
- 4 Akpo L.E., Grouzis M., 2004. Interactions arbre/herbe en bioclimat semi-aride : influence de la pâture. *Sécheresse* 15 (3) : 253-61
- 5 Akpo LE, Banoïn M, Grouzis M, 2003. Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragère de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu sahélien. *Revue Méd. Vét.*, 2003, **154**, 10, 619-628
- 6 Akpo L. E., Grouzis M., 2000.- Valeur pastorale des herbages en région soudanienne, le cas des parcours sahéliens du Nord- Sénégal. *Tropicultura*, **18**, (1)1-8.
- 7 Akpo L.E., Banoïn M., Grouzis, M., 2003. Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragère de la végétation herbacée : bilan pastoral en milieu sahélien. *Revue Méd. Vét.*, 2003, **154**, 10, 619-628
- 8 Akpo L. E., Masse D., Grouzis M., 2002.- Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Tropicaux.*, **55**(4): 275-283.
- 9 Allard V., Newton P.C.D., Lieffering M., Clark H., Matthew C., Soussana J.F. and Gray Y.S., 2003. Nitrogen cycling in grazed pastures at elevated CO₂: N returns by ruminants. *Global Change Biology*, **9**, 1731– 1742.
- 10 André D., 2007. Unité pastorale de Widou Thiengoly : plan de gestion. PAPP-MEPN-DEFCCS-IRAM.33p
- 11 Andrieu N., Josien E., Duru M., 2007. Relationships between diversity of grassland vegetation, field characteristics and land use management practices assessed at the farm level. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **120**: 359-369.
- 12 Arrouays D, Deslais W, Daroussin J, Balesdent J, Gaillard J, Dupoucy JL, Nys C, Badeau V, Belkacem S, 1999. Stocks de carbone dans les sols de France: quelles estimations? *C.R. Acad Agric. Fr* **85**. 278–292.
- 13 Arrouays D. et Péliissier P, 1994. Changes in carbon storage in temperate humic loamy soils after forest clearing and continuous corn cropping in France. *Plant Soil* **160**. 215–223.

- 14** Audry P, 1962. Etude pédologique du centre de recherches zootechniques de Dahra-Djolloff (République du Sénégal). Résultats analytiques complets. IEMVT/ORSTOM/CRP de Hann, 41p.
- 15** Ba A., 1984. Analyse bibliographique – Les migrations dans la vallée du fleuve Sénégal. Publication du Laboratoire de Géographie Humaine. *Université de Dakar*, 113 p.
- 16** Ba C., 1986. Les peul du Sénégal. Etude géographique, *Ed. NEA*, 394 p.
- 17** Bakhoum A., 2013. Dynamique des ressources fourragères : indicateur de résilience des parcours communautaires de Tessékéré au Ferlo, (Nord-Sénégal). *Thèse de doctorat en Biologie, Productions et Pathologies Animales, option : Pastoralisme, Ecole doctorale: Sciences de la Vie, de la Santé et de l'Environnement (ED-SEV)/UCAD*. 115 p
- 18** Balesdent J, Chenu C, Baladane M, 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research*, **53**: 215-230.
- 19** Barbehenn R.V., Chen Z., Karowe D.N. and Spickard A., 2004. C3 grasses have higher nutritional quality than C4 grasses under ambient and elevated atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, **10**, 1565–1575.
- 20** Barral H., 1982. Le Ferlo des forages, gestion ancienne et actuelle de l'espace pastoral, *ORSTOM*, Dakar, 16 p.
- 21** Barral H., Benefice E., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo. Synthèse de fin d'étude d'une équipe de recherches multidisciplinaire ISRA-ORANA-OCCGE-GERDAT-ORSTOM, Dakar 1972 p.
- 22** Barral MT, Bujan E, Devesa R, Iglesias ML, Velasco-Molina M, 2007. Comparison of the structural stability of pasture and cultivated soils. *Science of the Total Environment*, **378**: 174-178.
- 23** Batjes, NH (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* **47**: 151–163.
- 24** Baumer, M. 1992. Trees as browse to support animal production. In A. Speedy et P.L. Pugliese (éds), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Actes d'une consultation d'experts de la FAO, Kuala Lumpur, Malaisie, p. 1-10. FAO, Rome
- 25** Behnke R.H., Scoones I., 1993. "Rethinking range ecology : implications for rangeland management in Africa, in Behnke R.H., Scoones I. et Kerven C.(eds), *Range ecology at disequilibrium*", *New models of natural variability and pastoral adaptation in african savannas*, Overseas Development Institute, Londres.
- 26** Bernal, MP, Sánchez-Monedero MA, Paredes C, Roig A, 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **69** : 175-189.

- 27** Besse F., Toutain B., 2002. L'élevage et l'environnement. *In* Mémento de l'agronome, CIRAD-GRET, pp: 1313- 1324.
- 28** Bille J. C., 1974. Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : 1972, année sèche au Sahel. *La terre et la vie*, vol. **28**, 5 – 20 pp.
- 29** Bille J. C., 1977. Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Travaux et Documents de l'ORSTOM (FRA), N° **65**, 112 p.
- 30** Bille J. C., Poupon H., 1974. La régénération de la strate herbacée *in* Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. *Rev. Ecol. Appl.*, t28, n° **1**, 21 – 48 pp.
- 31** Blair J.M., 1997. Fire, N availability, and plant response in grasslands: A test of the transient maxima hypothesis. *Ecology* **78**: 2359-2368.
- 32** Boudet G., 1974. Les pâturages et l'élevage au Sahel. Notes tech. *MAB/UNESCO*, 29– 33 pp.
- 33** Boudet G., 1981. Systèmes de production d'élevage au Sénégal. Etude du couvert herbacé (2^{ème} campagne). *DGRST. ACC / LAT – IEMVT*, 20 p.
- 34** Boudet G., 1977/00. Les systèmes pastoraux sahéliens. In les pâturages sahéliens. Les dangers de dégradation et les possibilités de régénération - principes de gestion améliorée des parcours sahéliens. ROME: FAO, 1977/00. p. 159-222.
- 35** Boudet G., 1980. Systèmes de production d'élevage au Sénégal : étude du couvert herbacé (1^{ère} campagne). ORSTOM-CNRF-LNERV-ORANA-OCCGE-CERDAT-IEMVT-CTFT. 48p, annexes.
- 36** Boudet G., 1981. Systèmes de production d'élevage au Sénégal : étude du couvert herbacé (2^{ème} campagne). ORSTOM-CNRF-LNERV-ORANA-OCCGE-CERDAT-IEMVT-CTFT. 20p, annexes.
- 37** Boudet G., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal : étude du couvert herbacé (compte rendu de fin de campagne). ORSTOM-CNRF-LNERV-ORANA-OCCGE-CERDAT-IEMVT-CTFT. 27p, annexes.
- 38** Boudet, G., 1978, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères, série Manuels et précis d'élevage, no 4, IEMVT, Ministère de la Coopération, Paris, 258p.
- 39** Boutrais J., 1994. Les Foulbe de l'Amadoua et l'élevage: de l'idéologie pastorale à la pluriactivité. Cahiers d'Etudes africaines XXXIV (1-3), pp: 175-196.
- 40** Boutrais J., 1996. Populations et environnement pastoral en Afrique tropicale. *In* Gendreau F., Gubry P. et Véron J. (Eds): *Populations et environnement dans les pays du Sud*. Karthala-Ceped, pp: 177-198.
- 40** Braun-Blanquet J., 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationskunde*. 3e éd., Springer, Wien-New York, 865 p.

- 41 Breman H. & De Ridder N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens, Paris-Wageningen (Pays Bas), A.CrT.-cabo-Dio-CTA, Karthala, 485 p.
- 42 Briemle G., Elsässer M., 1997. The functions of grassland. *Berichte Uber Landwirtschaft*, **75**: 272-290.
- 43 Briggs J.M., Knapp A.K., 1995. Interannual variability in primary production in Tallgrass prairie-Climat, soil-moisture, topographic position, and fires determinants of oberground biomass. *American journal of botany* **82**: 1024-1030.
- 44 Busby RR, Allen TH, Gebhart DL, 2007. Carbon and nitrogen mineralization of noncomposted and composted municipal solid waste in sandy soils. *Soil Biology & Biochemistry*, **39**: 1277-1283.
- 45 Cabrera ML, 1993. Modelling the flush of nitrogen mineralization caused by drying and rewetting soils. *Soil Science Society of America Journal*, **57**: 63-66.
- 46 Caniaux, G., Giordani, H., Redelsperger, J.L., 2010. La mousson africaine sous influence de l'Atlantique. *La Recherche*, **440** : 56-58.
- 47 Cantarel A., 2011. Impact du changement climatique sur les bilans de carbone et des gaz à effet de serre de la prairie permanente en lien avec la diversité fonctionnelle. Thèse n°544 Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé, Agronomie, Environnement. Université Blaise Pascal-D' Auvergne. 183p.
- 48 Carrière M., 1996. Impacts des systèmes d'élevage pastoraux sur l'environnement en zones tropicales et sub-tropicales arides et sub-arides d'Afrique et d'Asie, CIRAD, EMVT, FAO, 80p.
- 49 Carton, I.A., Cao, X., Ciese, B.S., da Silva, A.M., 1996. Decadal and interannual SST variability in the tropical Atlantic, *J. Phys. Oceanogr.*, **26**: 1165-1175.
- 50 Casella E., Soussana J.F. and Loiseau P., 1996. Long-term effects of CO₂ enrichment and temperature increase on a temperate grass sward. I. Productivity and water use. *Plant and Soil*, **182**, 83-99.
- 51 CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008. Le climat et les changements climatiques. Atlas de l'Intégration Régionale en Afrique de l'Ouest. *Série environnement*. 24p
- 52 César J., 1992. Etude de la production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Biomasse, valeur pastorale et production fourragère. Thèse de doctorat de l'Université de Paris VI, Sciences Naturelles, 642p.
- 53 César J., 1994. Gestion et aménagement de l'espace pastoral. In: Blanc-Pamard Chantal (ed), Boutrais Jean (ed). *Dynamiques des systèmes agraires : à la croisée des parcours : pasteurs, éleveurs, cultivateurs*. Paris : ORSTOM p. 111-145. (Colloques et Séminaires). *Dynamiques des Systèmes Agraires : A la croisée des Parcours*, Paris (FRA), ISBN 2-7099-1228-7.
- 54 César J., 2005. L'évaluation des ressources fourragères naturelles. Production fourragère tropicale, Document de synthèse, Fiche n° 17, CIRDES, CIRAD, 12p

- 55** Chang, P., Li, J., Li, H., 1997. A decadal climate variation in the tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. *Nature*, **385**: 516–518.
- 56** Chenu C, 1995. Extracellular polysaccharides : an interface between microorganisms and soils constituents. In Huang, P.M., Berthelin, J., Bollag, J.-M. & McGill, W.B. (eds), Environmental impacts of soil component interactions : land quality, natural and anthropogenic organics, volume I. 464p.
- 57** Chenu C, Le Bissonnais Y, Arrouays D, 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Science Society America Journal*, **64**: 1479-1486.
- 58** Christensen BT, 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, **52**: 345-353.
- 59** Cleland E.E., Chiariello N.R., Loarie S.R., Mooney H.A., Field C.B., 2006. Diverse responses of phenology to global changes in a grassland ecosystem. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **103**: 13740-13744.
- 60** Coly R., 1985. Etude comparative de trois méthodes de détection de l'œstrus chez la femelle zébu gobra (*bos indicus*) au Sénégal : pâte colorée tel tail, vache androgénisée, « taureau bout-rn-train»- Dakar E.I.S.M.V., 1985- 79p : fig, cartes, tab.
- 61** Cornet, A., et Poupon, H., 1978 - Description des facteurs du milieu et de la végétation dans cinq parcelles situées le long du gradient climatique en zone sahélienne au Sénégal. *Bull. IFAN* **39**, A, 2: 241-302.
- 62** CRZ-Dahra, 1971. Rapport annuel. 81p.
- 63** CRZ-Dahra, 1973. Rapport annuel. 43p.
- 64** CRZ-Dahra, 1979. Rapport annuel d'activités.
- 65** CRZ-Dahra, 1970. Rapport annuel. 84p.
- 66** CRZ-Dahra, 2012. Projet de réhabilitation du CRZ de Dahra et de redynamisation de ses activités. 15 p
- 67** CRZ-Dahra, 2014. Rapport trimestriel de la bouverie.
- 68** CSE., 1987 à 2005. Production végétale. Cartes au 1/2 500 000.
- 69** CSE., 1991. Etude de la distribution spatiale et des mouvements de bétail par enquêtes aériennes, 1989 – 1990, 21 p.
- 70** CSE., 1992. Estimation des effectifs du bétail par vol systématique de reconnaissance dans la moitié Nord du Sénégal. Rapport de campagne 1992. Doc. N. T. 92, 9 p.
- 71** CSE., 1996a. Carte des densités de population par communauté rurale, *République du Sénégal*.

- 72** CSE., 1996b. L'imagerie NOAA/AVHRR dans la veille environnementale. Rapport technique. 57p.
- 73** CSE., 1996c. Rapport sur le suivi de la production végétale, N°97/02.
- 74** CSE/ROSELT/OSS., 2002. Caractérisation des sols de l'observatoire du Ferlo (Sénégal).
- 75** CSE/ROSELT/OSS, 2002. Synthèse des études diagnostiques des sites de l'observatoire du Ferlo. Dakar, 10 p.
- 76** Daget Ph. et Poissonet J. 1969. Analyse phytologique des prairies. CNRS-CEPE. Application agronomique Docum. 48 - 67 p.
- 77** Daget Ph., Godron M., 1995. Pastoralisme : Troupeaux, espaces et sociétés. HATIER, AUPELF, UREF, Universités francophones, 510p.
- 78** De Ridder N, Stroosnijder L, Cissé AM, 1982. La productivité des pâturages sahéliens : une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Cours, PPS, Tome 1, Théorie. 237p
- 79** De Wispelaere G., Noel J., 1983. Le couvert végétal étudié par télédétection aérospatiale. In Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo (Synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaires). GERDAT/ORSTOM, pp. 79-99.
- 80** Dème M., 1985. Méthodologie de pré vulgarisation au C.R.Z. de Dahra : rapport de stage papis – BAMBEY : E.N.C.R., 1985 – 18P.
- 81** DEFCCS, 1999. Rapport d'activité, *République du Sénégal*, 300 p.
- 82** Denis J.P., 1981. Crise pondérale des zébus sahéliens lors de l'installation des 1eres pluies.
- 83** Devineau J.-L., Fournier A., 1998. Ecologie d'une savane africaine: synthèse provisoire de résultats acquis (avril, 1998). ORSTOM/ERMES, Rapport de recherche, 77p.
- 84** Devineau J.-L., 1999.- Rôle du bétail dans le cycle culture-jachère en région soudanienne: la dissémination d'espèces végétales colonisatrices d'espaces ouverts (Bondoukuy, sud-ouest du Burkina Faso). Revue d'écologie *Terre et Vie*, **54** : 97-121.
- 85** Devineau J.L., Fournier A., Nignan S., 2009. "Ordinary biodiversity" in western Burkina Faso (West Africa): what vegetation do the state forests conserve? *Biodivers. Conserv.***18**:2075–2099.
- 86** Devoto M., Medan D., 2003. Effects of grazing disturbance on the reproduction of a perennial herb, *Cypella herbertii* (Lindl.) Herb. (Iridaceae). *Plant Systematics and Evolution*, Austria, 9p.
- 87** Diallo A, 2011. Caractérisation de la végétation et des sols dans les plantations de *Acacia senegal* (L.) Willd dans la zone de Dahra - sud Ferlo sableux. Thèse de doctorat, UCAD-FST, Département Biologie Végétale, 127 p.

- 88** Diallo I., 1982. Alimentation intensive du zébu gobra : acquis de la recherche, bilan et perspectives – Dahra : C.R.Z., 1982 – 45P.
- 89** Diallo I., 1984 b. Influence de la source azotée sur les performances de croissances de taurillons recevant une ration à base de coque d'arachide mélassée. 8p
- 90** Diallo I., 1984 c. La graine de coton, son utilisation comme complément à base de coque d'arachide mélassée en période de soudure : influence sur les performances des femelles gobra élevées en extensif pur. 6p.
- 91** Diallo I., 1984 d. Amélioration des performances de reproduction chez la brebis : étude de l'effet du niveau d'alimentation sur la fertilité des brebis peul et touabire : comparaison avec les résultats obtenus par la méthode des chaleurs induites.- 10p.
- 92** Diallo I., 1984 e. Amélioration de l'alimentation du bétail en élevage extensif : étude de la qualité de la ration sur les performances reproductrices des brebis en fin de gestation – début lactation.- 3p.
- 93** Diallo I., 1984 a. Expérience de sauvetage des veaux sevrés en élevage extensif. 4p
- 94** Diallo MD, Chotte JL, Guissé A, Sall SD (2008). Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.). *Sécheresse* ; **19** (3) : 207-10.
- 95** Diallo MD, Guissé A, Badiane-Niane A, Sall S, Chotte JL (2005). *In situ* effect of some tropical litters on N mineralization. *Arid Land Res Manage* 19: 173-81.
- 96** Diallo M., 1996. Study of the Senegalese pastures lands by the combined approach of the conventional method and geomatics. Ph.D. in Water Science, University of Quebec, Quebec.
- 97** Diallo I., Ngoma A., 1991 *a* - Intérêt de l'utilisation des blocs solides à base de mélasse et d'urée destinés à la complémentation du bétail recevant des fourrages pauvres. *II- Étude complémentaire. Réf. n° 01- août CRZ/Dahra-CUSB.*
- 98** Diallo I., Ngoma A., 1984- Intérêt de l'utilisation des blocs solides à base de mélasse et d'urée destinés à la complémentation du bétail recevant des fourrages pauvres. réf.n°025, VAL/CRZ Dahra.
- 99** Diallo I., Ngoma A., 1991 *b* - Etude de consommations de blocs solides à base de mélasse et d'urée, utilisées comme complément chez des génisses Cobra recevant une ration d'entretien. Réf. n° 02- CRZ/D- CUSB.
- 100** Dieng S., 2011. Study of milk production and supplementation during the dry season in the dairy department of the pastoral zone. *Thesis Study*, ESEA, Dakar.
- 101** Dièye K., Gaston A., 1986. Productivité et gestion des parcours naturels en milieu pastoral sahélien comm. coll. sur méthodes pour la recherche sur un système d'élevage en Afrique intertropicale. - Mbour, 2-8 Février 1986 pp 269-298.

- 102** Diop A.T., 2001. Transhumance et nomadisme au Sénégal : Perspectives pour une amélioration de l'élevage pastorale, *FAO*, 95 p.
- 103** Diop A.T., 1984. Inventaire et suivi des ressources en eau du Ferlo nord (Zone pilote du projet Ecosystèmes pastoraux sahéliens) mémoire de confirmation – *LNERV*, 34 p.
- 104** Diop A.T., 1992. La gestion des parcours de l'aire d'influence du forage de Tatki : relation entre les données de végétation, taux d'exploitation et transhumance. *Revue élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 81 – 90 pp.
- 105** Diop A.T., 2007. Dynamique écologique et évolution des pratiques dans la zone Sylvopastorale du Sénégal : Perspectives pour un développement durable. FST/UCAD, *Doct. ès Sc. Nat.*, 296p.
- 106** Diop M., 1989. Livestock systems in the Ferlo. Synthetic study of the current situation. In proceedings of the seminar on production systems for milk and meat in the Sahel from 22 to 26 May 1989. Dakar, EISMV.
- 107** Diouf J. C. 2012.- Dynamique du peuplement ligneux au Ferlo (Nord-Sénégal) : Conséquences et perspectives pour une gestion durables. *Thèse 3ème cycle, FST*. 262 p.
- 108** Dufrière M., 2003. Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques. Version du 11/05/03. Adresse : <http://biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/home.html>.
- 109** Dukes J.S., Chiariello NR, Cleland EE, Moore LA, Shaw MR, Thayer S, Tobeck T, Mooney HA, Field CB. 2005. Responses of grassland production to single and multiple global environmental changes. *PLoS Biology*, **3**: e319.
- 110** Dunne J.A., Harte J., Taylor K.J., 2003. Subalpine meadow flowering phenology responses to climate change: integrating experimental and gradient methods. *Ecological Monographs* 73: 69-86.
- 111** Ellis J.E., Coughenour M.B. SWIFT D.M., 1993. "Climatic variability, ecosystem stability and the implications for range and livestock development", in Behnke R.H., Scoones I. et Kerven C.(eds), Range ecology at disequilibrium", *New models of natural variability and pastoral adaptation in african savannas*, Overseas Development Institute, Londres.
- 112** FAO, 2006. Livestock's Long Shadow: environmental issues and options. FAO, Rome, Italy, 36p.
- 113** Feller C, Lavelle P, Albrecht A, Nicolardot B, 1993. - « La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux. Rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion », in Floret & Serpantié (éd., 1993) : pp. 15-32.
- 114** Fensholt R, 2003. Assesment of Primary Production in a Semi-arid Environnement from Satellite Data: Exploiting capabilities of new sensors. Ph.D. dissertation. Institute of Geography, Universite of Copenhagen Oster voldgade 10, DK-1350 Copenhagen, Denmark.

- 115** Fournier A., 1996. Dans quelle mesure la production nette de matière végétale herbacée dans les jachères en savane soudanienne est-elle utilisable pour le pâturage? In Floret Christian « Jachère, lieu de production », Actes de l'Atelier de Bobo Dioulasso, 2-4 octobre 1996, CNRST, ORSTOM, pp. 101-111.
- 116** Fournier A., Devineau J.-L., 2009. La plante dans l'écosystème: une autre écologie végétale. *Bull. Soc. zool. Fr.*, **134**(1-2) : 43-51.
- 117** Fournier A., Floret Ch., Gnahoua G-M., 2001. Végétation des jachères et succession post-culturale. In Floret Ch., Pontanier R. (eds) *La jachère en Afrique tropicale*. John Libbey Eurotext, Paris, pp : 123-168.
- 118** Fournier, A., 1994. Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudanaises pâturées. Les jachères de la région de Bondoukuy (Burkina Faso). *Écologie*, 1994, 25 (3) : 173-188.
- 119** Franzluebbbers AJ, Hons FM, Zuberer DA, 1998. In situ and potential CO₂ evolution from a fluventic Ustochrept in southcentral Texas as affected by tillage and cropping intensity. *Soil & Tillage Research*, **47** : 303-308.
- 120** Gaston A., 1981. La végétation du Tchad (Nord-Est et Sud-Est du Lac Tchad). Evolution récente sous des influences climatiques et humaines. Thèse Doctorat d'Etat Sci. Nat. Paris XII, mai, 333 p. 1 carte couleurs à 1/1 000 000 -160 000 km². Mfe IEMVT N°50 886.
- 121** Gaucherand S., 2005. Effets des pratiques pastorales sur la biodiversité et sa dynamique dans les pelouses des alpages des alpes du nord: apport des traits fonctionnels des plantes. *Thèse de doctorat* de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Ecole doctorale: Biologie Intégrative, Discipline: Biologie, 270p.
- 122** GIEC, 2001. Conséquences, adaptation et vulnérabilité. Dans Bilan 2001 des changements climatiques: McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D., and White, K., (eds.), Cambridge. *Cambridge University Press.* , 98 p.
- 123** GIEC, 2001a. Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, 881 p.
- 124** GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de)]. *GIEC, Genève, Suisse* . 114p.
- 125** Gleixner G, Poirier N, Bol R, Balesdent, J, 2002. Molecular dynamics of organic matter in a cultivated soil. *Organic Geochemistry*, **33** : 357-366.
- 126** Gregorich EG, Rochette P, Hopkins DW, McKim UF, St-Georges P, 2006. Tillage induced environmental conditions in soil and substrate limitation determine biogenic gas production. *Soil Biology & Biochemistry*, **38**: 2614-2628.

- 127** Grime J.P., Fridley J.D., Askew A.P., Thompson K., Hodgson J.G., Bennett C.R., 2008. Long-term resistance to simulated climate change in an infertile grassland. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **105**: 10032-58.
- 128** Grist, J., Nicholson, S.E., 2001. A study of the dynamic factors influencing the rainfall variability in the West African Sahel. *Journal of Climate*, **14** : 1337–1359.
- 129** Grosbellet C, 2008. Evolution et effets sur la structuration du sol de la matière organique apportée en grande quantité. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, École doctorale d'Angers. 237p
- 130** Grouzis M, 1988. Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Paris : éditions de l'ORSTOM, 336p.
- 131** Grouzis M., 1992. Germination et établissement des plantes annuelles sahéliennes. In : Didactique-ORSTOM, édition 1992. L'aridité une contrainte au développement. pp 267-282.
- 132** Grouzis M., Legrand E. et Pale F., 1986. - Germination des semences des régions semi-arides du sahel. Actes du Colloque «Les végétaux en milieu aride" : Tunisie (Jerba) : 534-552.
- 133** Grouzis M, Nizinski J, Akpo, LE, 1991. L'arbre et l'herbe au sahel : l'influence de l'arbre sur la structure spécifique et la production de la strate herbacée, et sur la régénération des espèces ligneuses. ORSTOM-DAKAR, 7p.
- 134** Guerin H., 1981. Valorisation des fourrages pauvres par les ruminants.
- 135** Guerin H., Friot D., Mbaye N., Touré-Fall S., Richard, D., Correa A., Ndiaye I., Ba T.M., 1982. Valeur alimentaire des pâturages naturels de la zone sylvopastorale. Rapport annuel ISRA 1982.
- 136** Guerrero C, Gómez I, Mataix-Solera J, Moral R, Mataix-Beneyto J, Hernández MT, 2000. Effect of solid waste compost on microbiological and physical properties of a burnt forest soil in field experiment. *Biology and Fertility of Soils*, **32**: 410-414.
- 137** Guinko S, Zoungrana L, Zoungrana CY, 1989. Etude des pâturages de la mare d'Oursi, Burkina Faso, rapport FAO, Ouagadougou, 51p.
- 138** Guinko, S. 1991. Rôle des Acacia dans le développement rural au Burkina Faso et au Niger, Afrique de l'Ouest. Faculté des Sciences et Techniques, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. P37-51.
- 139** Hiernaux P., Le Houérou H.N., 2006. Les parcours du Sahel. *Sécheresse* ; **17** (1-2) : 51-71.
- 140** Huxman T.E., Smith M.D., Fay P.A., Knapp A.K., Shaw R., Loik M., Smith S., Tissue D., Zak J., Weltzin J., Pockman W., Sala O., Haddad B., Harte J., Koch G.W. Schwinning S., Small E., Walliams D.G., 2004. Response of net ecosystem gas exchange to a simulated precipitation pulse

in a semi-arid grassland: the role of native versus non-native grasses and soil texture. *Oecologia* **141**: 295-305.

141 Ickowicz A, 1995. Approche dynamique du bilan fourrager appliquée à des formations pastorales du Sahel Tchadien. Maisons-Alfort, France, CIRAD-EMVT, Thèse, 482 p.

142 Ickowicz, A. Friot, D. et Guérin, H., 2005. *Acacia senegal*, arbre fourrager sahélien ? *BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, 2005, N° **284** (2) : 59-69.

143 IPCC, 2007. *Climate Change 2007*. Fourth Assessment Report (AR4).

144 ISRA, 1982. Rapport annuel. Département de Recherches zootechniques et vétérinaires. 164p

145 ISRA, 1985. Rapport annuel. Département Productions et Santé animales. 120p

146 ISRA, 1987. Rapport annuel. Département Productions et Santé animales. 284p

147 ISRA, 1988. Rapport annuel. Département Productions et Santé animales. 306p

148 ISRA, 1989. Rapport annuel. Département Productions et Santé animales. 213p

149 ISRA, 1991. Rapport annuel. Département Productions et Santé animales. 109p

150 ISRA., 1996. La remise en eau de la vallée fossile du Ferlo : Enjeux et impacts sur les activités des populations de la zone sylvopastorale. Diagnostic participatif : le CRZ et ses partenaires, URRZS-CRZ, 39 p.

151 Jackson LE, Calderon FJ, Steenwerth KL, Scow KM, Rolston, DE, 2003. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, **114** : 305-317.

152 Kaboré S.S, 2001. Evaluation d'un écosystème pastoral sahélien : apport de la géomatique (Oursi-Burkina Faso. Thèse de Ph.D. en télédétection. Département de géographie et télédétection, Faculté des lettres et sciences humaines Université de Sherbrooke.148p.

153 Kalbitz K, Kaiser K, Bargholz J, Dardenne P, 2006. Lignin degradation controls the production of dissolved organic matter in decomposing foliar litter. *European Journal of Soil Science*,**57** : 504-516.

154 Kamara B., 1985. Étude comparative de trois méthodes de synchronisation des chaleurs chez la femelle du zébu gobra- Dakar : E.I.S.M.V., 1985. 112p : tab, fig.

155 Kièma S., 2007. Elevage extensif et conservation de la diversité biologique dans les aires protégées de l'Ouest burkinabé. Arrêt sur leur histoire, épreuves de la gestion actuelle, état et dynamique de la végétation. Thèse de doctorat, Université d'Orléans, 657p.

156 Klug S., 1982. Inventaire et suivi (monitoring) de la végétation dans la parcelle d'élevage à Widou Thingoly (Ferlo-Sénégal). Rapport final d'enquêtes effectuées dans le cadre du Projet de

l'Agence Allemande de la Coopération Technique (GTZ): Reboisement des environs des forages au Nord Sénégal, Dakar, GTZ : 134 p.

157 Klumpp K., Tallec T., Guix N., Soussana J.F., 2011. Long-term impacts of agricultural practices and climatic variability on carbon storage in a permanent pasture. *Global Change Biol.*, **17**, 3534-3545.

158 Knapp A.K., Smith M.D., 2001. Interannual variability in net primary production and precipitation - Response. *Science*, **293**: U2-U2.

159 Lake L. A., Ndour N., Thiobane M., Ba A., 2003. Evolution de la production végétale des parcours naturels au Sahel : le nord-ouest sénégalais durant les années 1990. *Sécheresse Revue électronique* 1 E, N°1.

160 Lal R., Kimble I, Levine E, Stewart BA, 1995. (eds.). Soils and global change. CRC & Lewis publishers, Boca Raton FL

161 Lal, R., 2004. Carbon sequestration in dryland ecosystems. *Environmental Management* **33**(4): 528-544.

162 Lauenroth W.K., Sala O.E., 1992. Long-Term Forage Production of North-American Shortgrass Steppe. *Ecological Applications* **2**: 397-403.

163 Lebel, T., Diedhiou, A. and Laurent H., 2003. Seasonal cycle and interannual variability of the Sahelian rainfall at hydrological scales. *Journal of Geophysical Research* **108**: doi: 10.1029/2001JD001580. issn: 0148-0227.

164 Lee J. M., Clark A. J. and Roche J. R., 2013. Climate-change effects and adaptation options for temperate pasture-based dairy farming systems: a review. John Wiley et Sons Ltd. *Grass and Forage Science*, **68**, 485–503

165 Leprun J. C., 1971. Nouvelles observations sur les formations dunaires sableuses fixées du Ferlo nord occidental (Sénégal). Ass. Sénégal, Et. Quaternaires ouest africaines, *Bull. Liaison, Sénégal*, **31**, 69-78 pp.

166 Lloret F., Penuelas J., Ogaya R., 2004. Establishment of co-existing Mediterranean tree species under a varying soil moisture regime. *Journal of Vegetation Science* **15**: 237- 244.

167 Loeser M. R. R., Sisk T. D., Crews T. E., 2006. Impact of grazing intensity during drought in an Arizona grassland. *Conservation Biology*, **21** (1): 87-97.

168 Mangara A., N'da Adopo A. A., Boraud M. K. N., Kobenan K., Lejoly J. et Traore D., 2008. Inventaire de la flore adventice en culture d'ananas (*ananas comosus* (L.) Merr.) dans la localité de Bonoua en basse Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* **20** (1) : 23 – 35.

169 Mbaye M., 1991. Etude de la dynamique des peuplements ligneux du Ferlo. Cas de trois forages : Tessekré, Mbidi, Tatki (1979-1985). Mémoire de Maîtrise, Département de Géographie, Fac. Des Lettres et Sciences Humaines, UCAD, DK.

- 170** Mbaye M., Diallo I., Diop P. R. H., Coly R., 1986. Étude comparative de trois méthodes de détection des chaleurs chez la femelle zébu gobra – Kolda: C.R.Z., 1986 – 14P.
- 171** Mbaye M., Ndiaye M., 1986. Étude de la fertilité après un traitement de maîtrise de la reproduction chez la vache zébu gobra – Dahra : C.R.Z. 11p.
- 172** Mische S., 1990. Inventaire et suivi de la végétation dans les parcelles pastorales à Widou Thiengoly. Résultats de recherches effectuées de 1988 à 1990 et évaluation globale provisoire de l'essai de pâturage contrôlé après une période de 10 ans, GTZ, 108p.
- 173** Mische S., 1994. Inventaire et suivi de la végétation dans le périmètre expérimental à Widou Thiengoly : Bilan des modifications de la végétation après 13 années d'essai et recommandations, rapport de mission, GTZ, 101p.
- 174** Mische S., 1997 : Inventaire et suivi de la végétation dans le périmètre expérimental à Widou Thiengoly, rapport de mission, GTZ, 49p.
- 175** Mime P., 1982. Aptitude du zébu peulh sénégalais (Gobra) pour la production de viande. Thèse EISMV. 97p.
- 176** Miranda D.D., Padilla J., Francisco M., Pugnaire, Francisco I., 2009. Response of a Mediterranean semiarid community to changing patterns of water supply. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **11**: 255-266
- 177** Moron, V., Philippon, N., Fontaine, B., 2003. Skill of Sahel rainfall variability in four atmospheric GCMs forced by prescribed SST. *Geophysical Research Letter*, **30** (23): 2221.
- 178** Naegele A. F. G., 1968. Etude des pâturages naturels de la Forêt classée des six forages ou Réserve sylvopastorale du Kooya (Sénégal). Tome I: *Généralités sur la région étudiée*, Dakar, PNUD/FAO : 117 p.
- 179** Ndiaye N.M., 1985. Carence en minéraux : exploitation des résultats acquis pour l'ébauche d'une cartographie des carences minérales au Sénégal. Mémoire de confirmation, ISRA-LNERV. 167p
- 180** Ndiaye O., 2013. Caractéristiques des sols, de la flore et de la végétation du Ferlo, Sénégal. Thèse de doctorat en Ecologie et Agroforesterie, EDSEV, UCAD-FST, 117p.
- 181** Ndiaye O., 2009. Dynamique de la phytomasse herbacée en saison sèche dans un espace pâturé : Cas de l'aire d'influence du forage de Widou Thiengoly (Ferlo). Mémoire de DEA en Biologie végétale : option écologie. FST/UCAD. 44p
- 182** Ndiaye P., 1981. Contribution à l'étude du comportement des végétations herbacées annuelles. Thèse 3e cycle, univ. Dakar, 143 p. +3 annexes.
- 183** Ndiaye P., 1995. Le potentiel de reconstitution de la végétation herbacée au Sahel : réflexions sur le rôle des graines / The potential for reconstituting herbaceous vegetation in the Sahel : reflexions on the role of seeds. In: *Revue de géographie de Lyon*. Vol. **70** n°3-4, 1995. Sahel, la grande sécheresse. pp. 261-266.

- 184** Ndione F.C., Agbangba E.C., Ndiaye O., Sane I., Diouf A., Diop A.T., 2014. Effects of protein and mineral supplementation on the performance of lactating dairy cows gobra and crossbreed guzerat during the dry season in Senegal. *Open Journal of Animal Sciences* Vol.4, N° 1, 18-22.
- 185** Ndione J. A. et Kébé C. M. F., 2002. Epizootie de a fièvre de la vallée du rift au Sénégal en 1987 : Conditions pluviométriques d'une émergence. *Pub. Ass. Int. Clim.*, vol. **14**, 428-436 pp.
- 186** Ndione J. A., 2002. Bilan climatique de l'Observatoire ROSELT du Ferlo (Sénégal). *CSE*, Dakar, Sénégal, 38 p.
- 187** Ndong B., 1982. Exploitation du lait et des produits laitiers au Sénégal : situations actuelle, problèmes et perspectives. 117p.
- 188** Neill C, Cerri CC, Melillo JM, Feigl BJ, Stendler PA, Moraes JFL, Piccolo MC, 1998. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondônia pp 9–28 in: Lal, R., Kimble, J., Levine, E., Stewart, B.A. (eds.). Soil processes and the carbon cycle. Adv. In Soil Science 1. CRC Press.
- 189** Ngom S., 2009. Pastoral women face the problem of scaling and processing of milk production in pastoral zone: The case of dairy radius Dahra. Thesis Study, IS-FAR, Bambey.
- 190** Niang I., 1982. Amélioration de la qualité des fourrages ligno-cellulosiques destinés à l'alimentation des ruminants domestiques traitement de la paille de riz pour les champignons. Thèse EISMV. 88p.
- 191** Norby, R. J. 1998. Global change: a question of litter quality. *Nature* **396**: 17-18.
- 192** Nord E.A. and J.P. Lynch, 2009. Plant Phenology: A Critical Controller of Soil Resource Acquisition. *Journal of Experimental Botany*, **60**:1927-1937
- 193** OSS, 2007. Adaptation aux changements climatiques et lutte contre la désertification \ OSS ; GTZ. _ Note introductive n° 1._ OSS : Tunis, 2007. _ 2° édition. _ 28 pp.
- 194** Pallo F.J.P., Asimi S., Assa A., Sedogo P.M. Sawadogo N., 2006. Statut de la matière organique des sols de la région sahélienne du Burkina Faso. *Étude et Gestion des Sols*, **13** (4), pp 289-304.
- 195** Pallo FJP, Sawadogo N, Zombré NZ, Sedogo MP, 2009. Statut de la matière organique des sols de la zone nord-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **13**(1), 139-142.
- 196** Pearson T. et Brown S, 2005. Exploration du potentiel de séquestration du carbone dans les forêts classées de la République de Guinée : guide de mesure et de suivi du carbone dans les forêts et prairies herbeuses. Winrock International, USA. 39 p
- 197** Peco B., Sanchez A., Azcarate F., 2006. Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **113**: 284-294.

- 198** PGIÉS, 2003. Elaboration d'un plan d'aménagement, de cogestion et d'utilisation durable des ressources naturelles des aires protégées et de leurs périphéries intégrant les terroirs villageois et les réserves naturelles communautaires. La réserve de faune du Ferlo nord et sud (RFFN, RFFS), MEA, 89p.
- 199** Piccolo A. et Mbagwu JSC, 1999. Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*, **63** : 1801-1810.
- 200** Poupon H., 1980. Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. Orstom ed. (Etudes & Thèses), Paris 307 pp.
- 201** Price M.V. and Waser N.M., 2000. Responses of subalpine meadow vegetation to four years of experimental warming. *Ecological Applications*, **10**: 811-823.
- 202** Puget P, Drinkwater LE, 2001. Short-term dynamics of root and shoot-derived carbon from a leguminous green manure. *Soil Sci Soc Am J* **65**:771-779.
- 203** Pulleman MM. et Marinissen JCY, 2004. Physical protection of mineralizable C in aggregates from long-term pasture and arable soil. *Geoderma*, **120** : 273-282.
- 204** Raynal J., 1964. Etude botanique des pâturages du centre de recherches zootechniques de Dahra djoloff (Sénégal), ORSTOM. 100p.
- 205** Rivière R., 1977. « Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical ». Manuels et précis d'élevage n°9, Maisons-Alfort IEMVT.
- 206** Roche J.R., Turner L.R., Lee J.M., Edmeades D.C., Donaghy D.J., Macdonald K.A., Penno J.W. and Berry D.P., 2009. Weather, herbage quality and milk production in pastoral systems. 3 Inter-relationships and associations between weather variables and herbage growth rate, quality and mineral concentration. *Animal Production Science*, **49**, 211-221.
- 207** Rumpel C., Eusterhues K. et Kögel-Knabner I., 2004. Location and chemical composition of stabilized organic carbon in topsoil and subsoil horizons of two acid forest soils. *Soil Biology & Biochemistry*, **36**: 177-190.
- 208** Rustad L.E., Campbell J.L., Marion G.M., Norby R.J., Mitchell M.J., Hartley A.E., Cornelissen J.H.C., Gurevitch J., 2001. A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia*, **126**: 543-62.
- 209** Sahrawat K.L., 2004. Organic matter accumulation in submerged soils. *Advances in Agronomy*, **81** : 169-201.
- 210** Sala O.E., Parton W.J., Joyce L.A. Lauenroth W.K., 1988. Primary Production of the Central grassland Region of the United States. *Ecology*, **69**: 40-45.
- 211** Sall S., Bertrand I., Chotte J. L, Recous S., 2007. Separate effects of the biochemical quality and N content of crop residues on C and N dynamics in soil. *Biol Fertil Soils*, **43**:797-804

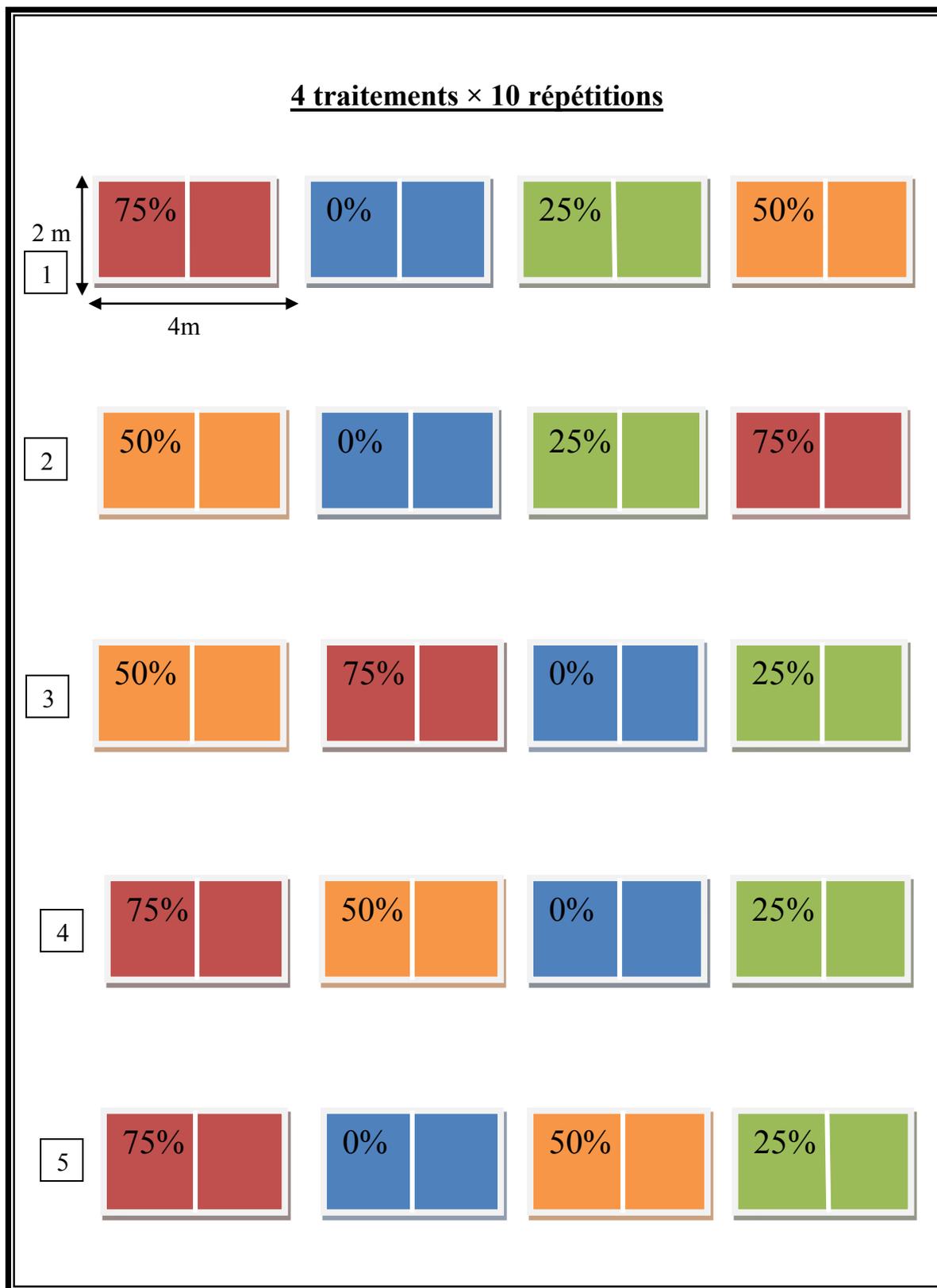
- 212** Sall S.N., Masse D., Bernhard-Reversat F., Guissé A., Chotte J.L., 2003. Microbial activities during the early stage of laboratory decomposition of tropical leaf litters: the effect of interactions between litter quality and exogenous inorganic nitrogen. *Biol Fertil Soils* 39:103–111.
- 213** Samba S., 2001. Effet de la litière de *Cordyla pinnata* sur les cultures : approche expérimentale en agroforesterie. *Ann Sci* ; **58** : 99-107.
- 214** Sarr M.A., 2009. Evolution récente du climat et de la végétation au Sénégal : cas du bassin versant du Ferlo. Thèse de Doctorat en Géographie et aménagement. Université Jean Moulin Lyon 3. 384p
- 215** Sawadogo I., 2011. Ressources fourragères et représentations des éleveurs, évolution des pratiques pastorales en contexte d'aire protégée : Cas du terroir de Kotchari à la périphérie de la réserve de biosphère du W au Burkina Faso. Thèse de doctorat en Physiologie et Biologie des Organismes - Populations – Interactions, Ecole Doctorale Sciences de la Nature et de l'Homme, ED 227, 336p.
- 216** Scoones I., 1999. Nouvelles orientations du développement pastoral en Afrique : vivre dans un environnement incertain. (eds) Karthala-CTA. 362p
- 217** Shang C et Tiessen H, 1997. Organic matter lability in a tropical Oxisol : evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. *Soil Science* **162** (11), pp. 795-807.
- 218** Sherry R.A., Weng E., Arnone J.A. Johnson D.W., Schimel D.S., Verburg P.S., Wallace L.L., Luo Y., 2008. Lagged effects of experimental warming and doubled precipitation on annual and seasonal aboveground biomass production in a tallgrass prairie. *Global Change Biology*, 14: 2923-36.
- 219** Soussana J.F. et Luscher A., 2007. Temperate grasslands and global atmospheric change: a review. *Grass et Forage Science*, **62**: 127-134.
- 220** Soussana J.F. et Lemaire G., 2007, RDV Techniques, Hors-Série ONF, P27-33.
- 221** Soussana J.F., Tallec T. and Blanfort V., 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, **4**: 334-350.
- 222** Sow R.S., Diallo I., Lalde F. et Ndiaye K., 1985 a. Influence des facteurs génétiques et d'environnement sur la productivité pondérale d'ovins sahéliens-Dahra : C.R.Z, décembre 1985. 7p.
- 223** Sow R.S., Mbaye M., Diallo I. et Ndiaye K., 1985 b. Age au 1^{er} agnelage et intervalle entre agnelages chez la brebis peul élevée au C.R.Z de Dahra, mai 1985. 8p.
- 224** Sow R.S., Denis J.P., Trail J.C.M., Thiongane P.I., Mbaye M., Diallo I., 1988. Productivité du zébu Gobra au centre de recherches zootechnique de Dahra (Sénégal). ISRA, 46p.

- 225** Sultan, B., Baron, C., Dingkuhn, M., Sarr, B., Janicot, S., 2005. Agricultural impacts of largescale variability of the West African monsoon *Agricultural and Forest Meteorology*, 128: 93–110
- 226** Sy O., 2003. Dynamique des ressources en eau et de la mobilité pastorale en ZSP. Thèse de troisième cycle, *Univ.Cheikh A. Diop*, Département de Géographie, 186 p.
- 227** Sy O., 2009. Rôle de la mare dans la gestion des systèmes pastoraux sahéliens du Ferlo (Sénégal) », *Cybergeo : European Journal of Geography*, Environnement, Nature, Paysage. Document 440, mis en ligne le 17 mars 2009. <http://www.cybergeo.eu/index22057.html.yh>.
- 228** Thiongane Y., 1982. Contribution à l'étude de l'alimentation minérale des bovins au Sénégal : « les macro-éléments ». Thèse EISMV. 142p.
- 229** Tiessen H et Stewart JWB (1983). Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter: cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*; **47**, pp. 509-514.
- 230** Tilman D. and Downing J.A., 1994. Biodiversity and Stability in Grasslands. *Nature*, **367**:363-365.
- 231** Touré A. A., 2011. Erosion en milieu sableux cultivé au Niger : dynamique actuelle et récente en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne. 224p
- 232** Touré F., 1985. Physiologie digestive des ruminants tropicaux : comportement alimentaire et motricité digestive chez les moutons du sahel : étude préliminaire – Dakar : E.I.S.M.V., 1985. 81p : tab, fig.
- 233** Touré O., 1994. La gestion des ressources naturelles en milieu pastoral : L'exemple du Ferlo sénégalais. In développement durable au Sahel, ss. La dir. de TERSIGUEL Ph., et BECKER C. *Ed. Karthala*, Paris. 127 – 141 pp.
- 234** Toutain B., Bortoli L., Dulieu D., Forgiarini., Menaut J. C. et Piot J., 1983. *Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes sahéliens pâturés de Haute-Volta*. ACC GRIZA (LAT), GERDAT. 124 pp.
- 235** Turner M. D., Hiernaux P., Schlecht E., 2005. The distribution of grassing pressure in relation to vegetation resources in Semi-arid West Africa: The role of herding. *Ecosystems*, **8**: 668-681.
- 236** Valentin C., 1981. Evolution de la surface du sol : piétinement, érosions hydriques et éolienne, *ORSTOM*, Abidjan.
- 237** Valenza J., 1981. Productivité et valeurs alimentaires des pâturages, facteurs limitant de l'intensification de l'élevage.

- 238** Valenza J., Diallo A. K., 1972. Etude des pâturages naturels du Nord Sénégal. *Maisons – Alfort, IEMVT, DAKAR, LNERV*, Fac, Ministère du développement rural, études agrostologiques, n°34, 311p.
- 239** Von Maydell, H. J. 1983. Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschborn, Allemagne, Gtz, 531 p.
- 240** Wane A., Ancey V., et Grosdidier B., 2006. Les unités pastorales du Sahel sénégalais, outils de gestion de l'élevage et des espaces pastoraux. Projet durable ou projet de développement durable ?, Développement durable et territoire, Dossier 8 : Méthodologies et pratiques territoriales de l'évaluation en matière de développement durable, 18 p.
- 241** Wang Y., Yu S., Wang J. 2007. Biomass-dependent susceptibility to drought in experimental Webber A.N., Nie G.Y. and Long S.P., 1994. Acclimation of Photosynthetic Proteins to Rising Atmospheric CO₂. *Photosynthesis Research*, **39**: 413-425.
- 242** Yahdjian L., Sala O.E., 2002. A rainout shelter design for intercepting different amounts of rainfall. *Oecologia* **133**:95–101
- 243** Yin Z.Y., Guo Q.F., Ren H., Peng S.L. 2005. Seasonal changes in spatial patterns of two annual plants in the Chihuahuan Desert, USA. *Plant Ecology* **178**: 189-199.
- 244** Zavaleta E.S., Shaw M.R., Chiariello N.R., Mooney H.A., Field C.B. 2003. Additive effects of simulated climate changes, elevated CO₂ and nitrogen deposition on grassland diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **100**: 7650-7654.
- 245** Zdanowicz A., Miller C., Baldock D. 2005. The Convention on Biodiversity and Its Potential Implications for the Agricultural Sector in Europe. Institute of Environmental Policy.
- 246** Zinselmeier C., 1999. Starch and the control of kernel number in maize at low water potentials. *Plant Physiologist* **121**:25–35.

Annexes

Annexe 1 : Dispositif expérimental : Bloc complet randomisé



LEGENDE

Taux de pluie intercepté :



Ndiaye et al. *J. Appl. Biosci.* 2014 Dynamique de la teneur en carbone et en azote des sols dans les systèmes d'exploitation du Ferlo : cas du CRZ de Dahra



Journal of Applied Biosciences 83:7554– 7569

ISSN 1997–5902

Dynamique de la teneur en carbone et en azote des sols dans les systèmes d'exploitation du Ferlo : cas du CRZ de Dahra

Ousmane Ndiaye ^{1,2}, Amadou Tamsir Diop ¹, Léonard Elie Akpo ², Mamadou Diène ¹

¹ Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), BP 2057 Dakar-Hann, Sénégal.

² Laboratoire d'Écologie Végétale et d'Écophysologie FST/UCAD, BP 5005, Dakar, Sénégal

Adresse mail : fisco42000@yahoo.fr

Original submitted in on 3rd October 2014. Published online at www.m.elewa.org on 30th November 2014.

<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v83i1.5>

RÉSUMÉ

Objectif : Cette étude, réalisée au Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) de Dahra situé en Région sylvopastorale du Sénégal, a pour objectif d'apprécier l'évolution de la teneur en carbone, en azote et le stock de carbone du sol dans ses différents systèmes d'exploitation.

Méthodologie et résultats : En 2011, des échantillons de sols (à 0-20 cm et 20 – 40 cm) ont été prélevés au niveau des mêmes sites que ceux qui ont fait l'objet d'analyse de sols en 1962, afin de déterminer la teneur en carbone et azote du sol. Le nombre d'échantillons est fonction de la superficie des différents types de sols rencontrés. L'utilisation de la cartographie nous a permis de déterminer le nombre d'échantillon prélevé sur chaque système d'exploitation. Au niveau du CRZ de Dahra, l'analyse des paramètres pédologiques (teneur en carbone, en azote et rapport C/N) de l'horizon 0-20 cm, n'a pas révélé de différence significative entre 1962 et 2011. Par contre, dans l'horizon 20-40 cm, seule la teneur en azote présente une hausse significative entre ces deux périodes. S'agissant des systèmes d'exploitation du CRZ de Dahra, l'analyse de la teneur en carbone, en azote et du rapport C/N de l'horizon 0-20 cm, n'a pas révélé de différence significative aussi bien pour l'année 1962 que celle de 2011. Au niveau de l'horizon 20-40 cm, parmi les paramètres étudiés, seul la teneur en carbone de 1962 présentait une différence significative (au seuil de 5%) entre les systèmes de cultures et les pâturages. Le stock de carbone du centre est en moyenne de $0,08 \pm 0,03$ et $0,06 \pm 0,02$ t/ha respectivement pour les horizons 0-20 et 20-40 cm. Celui-ci est plus important au niveau des gommiers et plus faibles dans les systèmes de culture et les pâturages.

Conclusion et application des résultats : Cette étude a permis de montrer qu'au niveau du CRZ de Dahra à vocation essentiellement pastorale, le carbone et l'azote du sol, présente une certaine stabilité dans les différents systèmes d'exploitation. Toutefois, les gommiers présentent les teneurs en carbone et en azote du sol les plus importantes. Ces résultats peuvent servir de données d'entrée aux modèles de prévision de la séquestration du carbone et de l'azote du sol des écosystèmes sahéliens pastoraux, être valorisés en aménagement pastoral et agro-sylvopastoral en vue d'une meilleure préservation de l'environnement et de la gestion de la fertilité du sol.

Mots clés : carbone, l'azote, le contenu, les sols



Étude comparée de la végétation de 1964 et 2011 en milieu pâturé: Cas du CRZ de Dahra

Ousmane Ndiaye^{1,3}, Amadou Tamsir Diop², Mamadou Diène¹, Léonard Elie Akpo³

¹ Centre de Recherches Zootechniques de Dahra, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Dahra, Sénégal

² Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire (LNERV), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Dakar, Sénégal

³ Laboratoire d'Écologie Végétale et d'Écohydrologie FST/UCAD, BP 5005, Dakar, Sénégal

Adresse e-mail: fisco42000@yahoo.fr

Original submitted in on 18th March 2015. Published online at www.m.elewa.org on 30th April 2015
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v88i1.7>

RÉSUMÉ

Objectif : L'étude comparative de la végétation du CRZ de Dahra en 1964 et 2011, a pour but de voir l'évolution de la phytomasse herbacée et de certains paramètres structuraux du couvert herbacé et ligneux.

Méthodologie et résultats : Avec l'aide du SIG, 55 relevés de végétation ont pu être effectués en 2011 sur les mêmes points que ceux réalisés par Raynal (1964). La richesse, la fréquence et la contribution spécifique de la flore herbacée et ligneuse sont évaluées pour ces deux années de même que l'indice de Shannon, la régularité, l'indice de Jaccard et la phytomasse herbacée. Cette dernière est soumise au test de Tukey au seuil de 5%. Les résultats indiquent une baisse de la phytomasse herbacée (significative au seuil de 5%) et de la diversité floristique. Cette dernière est marquée par une diminution de la richesse spécifique de la flore herbacée comme ligneuse. Au niveau du couvert herbacé, il est noté une augmentation de la contribution spécifique (CSI) des graminées (Poacées) tandis que celle des légumineuses (Fabacées) et des autres herbacées (phorbes) a connu une régression. Le couvert ligneux est caractérisé par une augmentation des espèces de la famille des Mimosacées et une diminution de celles des Combrétacées. Toutefois, les Mimosacées, Balanitacées et Combrétacées présentent les fréquences relatives et les contributions les plus importantes pour ces deux années.

Conclusion et application des résultats : cette étude a permis de constater une modification de la végétation du CRZ de Dahra marquée sur le plan structural par une baisse de sa richesse et de sa diversité floristique ; de même que sa phytomasse herbacée. Ces résultats peuvent contribuer à la compréhension de l'évolution de la végétation des écosystèmes sahéliens pastoraux et, être valorisés en aménagement pastoral et agrosylvopastoral en vue d'une meilleure préservation et gestion des ressources végétales.

Mots clés : richesse, diversité, phytomasse, végétation

Annexe 4 : Analyse bromatologique de la phytomasse herbacée au niveau des différents traitements

Paramètre	GRAMINEES			
	C0103 GR 0%	C0104 GR 25%	C0105 GR 50%	C0106 GR 75%
Protéine % sec	3,81	8,39	6,57	8,93
Cellulose % sec	39,94	34,45	37,04	37,66
Lignine % sec	10,44	8,45	13,06	8,31
Phosphore % sec	0,31	0,31	0,25	0,27
Calcium % sec	1,00	0,35	0,37	0,46
UFL/Kg MS	0,61	0,59	0,46	0,62
UFV/Kg MS	0,56	0,51	0,35	0,53

Paramètre	LEGUMINEUSES			
	C0107 LG 0%	C0108 LG 25%	C0109 LG 50%	C0110 LG 75%
Protéine % sec	14,62	13,77	13,85	13,34
Cellulose% sec	39,49	35,71	34,47	30,73
Lignine % sec	15,98	13,79	15,23	20,48
Phosphore % sec	0,40	0,26	1,07	1,06
Calcium % sec	1,10	1,27	1,14	1,15
UFL /Kg MS	0,53	0,58	0,57	0,47
UFV/Kg MS	0,40	0,47	0,45	0,33

Paramètre	AUTRES HERBACEES			
	C0111 AH 0%	C0112 AH 25%	C0113 AH 50%	C0114 AH 75%
Protéine % sec	13,59	12,89	12,12	17,38
Cellulose % sec	31,91	27,54	29,08	34,15
Lignine %sec	19,34	24,12	21,99	16,04

Phosphore % sec	0,53	1,31	1,31	0,17
Calcium % sec	1,29	1,25	1,07	0,99
UFL/Kg MS	0,41	0,35	0,41	0,49
UFV/Kg MS	0,27	0,20	0,27	0,37

Annexe 5 : Données climatiques saisonnières à Dahra (Source : Météorologie nationale de Linguère)³

Paramètres climatiques	Moy. Mens. et Ecar. sur 31 ans	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Moy. Ecar. de 1980 à 2010
	TMax (°C)	Moy. Ecar.	32,60 0,96	35,72 0,96	37,44 1,19	39,84 0,67	41,06 0,72	39,52 0,90	36,13 1,19	34,20 0,64	34,88 0,63	37,42 0,81	37,03 1,59	33,92 0,95
TMin (°C)	Moy. Ecar.	18,84 0,84	20,75 0,66	21,96 1,00	23,06 0,79	24,67 0,79	25,19 0,46	25,27 0,45	25,15 0,46	24,96 0,61	24,27 1,01	22,08 0,75	19,38 2,36	22,97
TMoy (°C)	Moy. Ecar.	25,72 0,80	28,24 0,71	29,70 0,84	31,45 0,76	32,86 0,64	32,35 0,61	30,70 0,72	29,67 0,47	29,92 0,42	30,85 1,22	29,56 0,75	26,65 2,17	29,81
HMoy (%)	Moy. Ecar.	30,46 2,41	24,95 2,45	27,56 2,81	31,54 2,82	34,13 3,51	46,62 3,62	61,89 5,51	72,63 2,67	71,71 2,92	54,62 7,54	32,11 2,84	35,36 2,19	43,75 17,02
Vt (m /s)	Moy. Ecar.	1,50 0,15	1,57 0,11	1,50 0,13	1,62 0,17	1,72 0,12	1,81 0,16	1,67 0,21	1,29 0,22	1,12 0,17	1,02 0,09	1,20 0,13	1,34 0,16	1,45 0,29
Ins (heures/jour)	Moy. Ecar.	7,81 0,82	8,42 0,93	8,38 0,74	9,34 0,66	8,80 0,68	7,71 0,64	7,88 0,86	7,78 0,69	7,66 0,94	8,59 0,75	8,54 0,92	7,96 0,66	8,24 0,93

³ T : Température, H : Humidité relative, Vt : Vitesse, Ins : Insolation, Max : Maximal, Min : Minimal, Moy : Moyenne, Ecar : Ecartype