

**Projet de Fin d'Études présenté pour l'obtention du diplôme
d'Ingénieur Agronome**

Option : Écologie et Management des Écosystèmes Naturels

**Caractérisation des potentialités pastorales et de la
qualité fourragère des parcours présahariens.
Cas de la commune rurale *M'Hamid El Ghizlane***

Présenté et soutenu publiquement par :

Mr. ZRINEH Badre

Devant le Jury composé de :

Pr. T.SRAÏRI	Président	IAV HASSAN II
Pr. M.YESSEF	Rapporteur	IAV HASSAN II
Dr. K.BARKAOUI	CO-Rapporteur	C.I.R.A.D
Pr. A.TALEB	Examineur	IAV HASSAN II
Mr. A. RAMDANE	Examineur	ORMVAO

Octobre 2018

Dédicaces

A mon père défunt

Je suis malchanceux de ne pas pouvoir te montrer cet exploit, que Dieu ait ton âme en sa sainte miséricorde.

A ma chère Maman

pour ton amour infini et inconditionnel, pour tes sacrifices, ta bienveillance et pour tout ce que tu as fait pour moi, que dieu te garde.

A ma sœur Houda

pour ton soutien, tes conseils et ton affection, je suis chanceux de t'avoir dans ma vie.

A mon frère Rèda,

en témoignage de ta constante attention à mon égard. Ce jour aurait été meilleur par ta présence.

A mes chers,

Rachid, Israe et Jana, pour la joie que vous n'avez cessé d'apporter à ma vie.

A La meilleure clique de tous les temps « Nass EL MEZIANIN »

pour les années qu'on a passé ensemble, que le futur soit meilleur pour nous tous.

A Amine², Abdelwahed, Souhail , Ihab , Ayoub² , Anouar, sophia, Abdelalim... et à mes camarades des promotions EMEN 2017 et 2018 et à tous mes amis,

pour votre support et votre encouragement.

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Je remercie donc monsieur Mohammed YESSEF, de m'avoir encadré dans ce travail. Je le remercie énormément de m'avoir consacré une grande partie de son temps tout en mettant à ma disposition toute son expérience de terrain ainsi que de précieux conseils qui m'ont guidé à mener ce travail dans de bonnes conditions. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Mes remerciements vont également à monsieur BARKAOUI Karim pour ces conseils, et sa générosité.

Je remercie aussi monsieur SRAÏRI Mohammed Taher d'avoir veillé sur le bon déroulement du projet.

Je ne peux passer sans remercier monsieur AIT LAFKIH, de m'avoir accompagné sur terrain et servi de son expertise.

Je tiens à exprimer mes remerciements au Staff du CIRAD à Montpellier et toutes les parties prenantes du projet CAMED pour leurs contributions et leurs aides. Sans oublier de remercier l'équipe du cabinet Axigeo pour leur accueil chaleureux.

Mes vifs respects s'adressent aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir juger ce travail.

Résumé

Le présent travail a été réalisé dans la commune territoriale de M'Hamid El Ghizlane. L'objectif de ce travail consiste à identifier les différentes unités pastorales et caractériser leurs potentialités en terme de superficie et production en phytomasse ainsi que leur qualité fourragère. Les superficies des différentes unités pastorales ont été déterminées moyennant l'élaboration d'une carte thématique. La superficie totale des unités pastorales est de 115000 ha subdivisée en quatre grandes unités structurales : la zone de montagne (41%), les plateaux sableux (13%), les lits d'oued (23%) et les dunes de sables (20%), et des cours d'eau (3%). Les mesures de la phytomasse ont montré que les unités pastorales les plus productives sont celles des plateaux sableux avec une moyenne de 2605 kgMS/ha \pm 1092 suivies les unités pastorales sur lits d'oueds avec une moyenne de 1615 kgMS/ha \pm 288,5. Les unités pastorales sur dunes de sable viennent en troisième position avec une large différence (312,5 kgMS/ha \pm 72,5) et enfin les unités pastorales les moins productives sont celles de la zone de montagne avec une moyenne de 298,5 \pm 172,5. Des analyses chimiques de la partie consommable de chacune des espèces dominantes ont été effectuées au laboratoire du centre international de la recherche agronomique et du développement à Montpellier. Les résultats ont montré que d'une manière générale les espèces dominantes contiennent des pourcentages élevés en cellulose brute et en produits pariétaux, et des teneurs faibles en matières azotées totales et matière minérale. Les résultats de l'analyse en composantes principales et de la classification hiérarchique ascendante montrent que ces espèces peuvent être réparties en 3 groupes selon leurs compositions chimiques : le premier caractérisé par une teneur moyenne en matière minérale, matières azotées totales et en cellulose brute et en produits pariétaux par rapport aux autres groupes, le deuxième caractérisé par une teneur relativement élevée en matière minérale et matières azotées totales, et une teneur relativement faible en produits pariétaux et le troisième caractérisé par des teneurs relativement faibles en matières azotées totales et matière minérale, et une teneur relativement élevée en produits pariétaux. Le pourcentage de la digestibilité de la matière sèche et celui des matières azotées totales par kgMS ont été calculés au niveau de chaque unité pastorale moyennant la composition floristique et la teneur en ces éléments au niveau de chaque espèce. Ainsi les variabilités spatiales de la digestibilité et la teneur en matières azotées totales ont été décrites.

Mots clefs : classification, composition chimique, digestibilité, M'Hamid El Ghizlane, phytomasse, qualité fourragère, Sentinel, unité pastorale, variabilité spatiale.

Abstract

This work was carried out in the rural commune of M'Hamid El Ghizlane. The objective is to identify the different pastoral units and to characterize their potentialities in terms of area and phytomass production, as well as feed quality. The areas of the different pastoral units have been determined by elaborating a thematic map. The total area of pastoral units is 115000 ha subdivided in four large structural units: the mountain area (41%), the sandy uplands (13%), the wadi beds (23%), the sand dunes (20%) and almost the streams (3%). The phytomass measures showed that the most productive pastoral units are those of the sandy uplands, with an average of 2605 kgDM¹/ha ± 1092, followed by the pastoral units on wadi beds with an average of 1615 kgDM/ha ± 288,5. Pastoral units of sand dunes come in third place with a large difference 312,5 kgDM/ha ± 72,5 and finally the last productive pastoral units are those of the mountains with an average of 298,5 kgDM/ha ± 172,5. Chemical analysis of the consumable part of each dominant species were carried out at the international center of agronomic research and development laboratory in Montpellier. The results showed that, in general species contain high percentages of raw cellulose and parietal products, and low levels of total nitrogenous matter and mineral matter. The results of the principal component analysis and the hierarchical ascending classification show that these species can be divided into 3 groups according to their chemical compositions: the first characterized an average content of mineral matter, total nitrogenous matter, raw cellulose, and parietal products compared to other groups, the second characterized by relatively low levels of total nitrogenous matter and mineral matter, and a relatively high content of parietal products and raw cellulose, and the third characterized relatively high content in mineral matter and total nitrogenous matter and a relatively low content in parietal products and raw cellulose. Percentage of digestibility and total nitrogenous matter /kgDM were calculated in each pastoral units using the floristic composition and content of these elements for each species. Thereby, the spatial variability of digestibility and total nitrogenous matter content have been described.

Key words : chemical composition, classification, digestibility, feed quality, M'Hamid El Ghizlane, pastoral unit, phytomass, Sentinel, spatial variability.

¹ Dry Matter

Liste des figures

Figure 1 : Production de biomasse (en kg de MS/ha) des parcours sahariens de l'Algérie suivants les saisons (CHEHMA, 2008)	6
Figure 2 : Composition chimique des espèces Sahariennes En Algérie (en % de MS) (CHEHMA, 2010).....	11
Figure 3 : Localisation de la commune de M'Hamid El Ghizlane parmi les communes rurales de la Province de Zagora (ADS, 2010)	18
Figure 4 : Schéma général illustrant la démarche du travail organisée en trois volets thématiques successifs	22
Figure 5 : Projection de l'emplacement des unités identifiées et de l'itinéraire de l'exploration de la zone d'étude	23
Figure 6 : Exemple de transect au sein d'une unité pastorale	25
Figure 7 : (A) Placette d'échantillonnage de 2m ² ; (B) Placette d'échantillonnage de 8 m ² pour strate arbustive..	26
Figure 8 : Illustration de la méthode de l'individu le plus proche	27
Figure 9 : Recouvrement par méthode de point-carré.....	28
Figure 10 : Module de <i>Zygophyllum gaetulum</i> (A), Branche-unité de <i>Calligonum polygonoides</i> (B).....	28
Figure 11 : (A) Partie consommable des tiges d' <i>Accacia raddiana</i> ; (B) Partie consommable de <i>Nitaria retusa</i>	29
Figure 12 : Échantillon de végétation après broyage	30
Figure 13 : Plante de <i>Salsola vermiculata</i> Tiges/Feuilles	30
Figure 14 : Carte des 16 unités pastorales de M'Hamid El Ghizlane	36
Figure 15 : Répartition spatiale des différentes unités structurales.....	38
Figure 16 : Proportion des espèces annuelles et pérennes dans les espèces végétales dominantes	38
Figure 17 : Unités pastorales du milieu montagnard	39
Figure 18 : Répartition spatiale des unités pastorales de la zone de montagne.....	40
Figure 19 : Recouvrement du sol de l'unité pastorale 1	41
Figure 20 : Densité par ha des différentes espèces de l'unité pastorale 1	42
Figure 21 : Contribution des espèces en productivité de matière sèche en Kg/ha de l'unité pastorale 1	42
Figure 22 : Recouvrement de la strate basse de l'unité 2.....	43
Figure 23 : Densité par ha des différentes espèces de l'unité pastorale 2	44
Figure 24 : Contribution des espèces en productivité de matière sèche en kg/ha de l'unité pastorale 2.....	44
Figure 25 : Unités pastorales des dunes de sable	46
Figure 26 : Superficies relatives des unités pastorales sur dunes de sable.....	46
Figure 27 : Production en matière sèche en kg/ha des unités pastorales sur dunes de sable.....	47
Figure 28 : Unités pastorales des plateaux sableux.....	48
Figure 29 : Superficies relatives des unités pastorales sur plateaux sableux en ha	49
Figure 30 : Production de phytomasse des différentes unités pastorales sur plateaux sableux en kgMs/ha	50
Figure 31 : Recouvrement du sol au niveau de l'unité pastorale 5	52
Figure 32 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en kg/ha de l'unité pastorale 5.....	52
Figure 33 : Recouvrement de la strate basse de l'unité pastorale 8	53
Figure 34 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 8	54

Figure 35 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en kg/ha de l'unité pastorale 8.....	54
Figure 36 : Recouvrement de la strate basse de l'unité pastorale 14	56
Figure 37 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 14	56
Figure 38 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en Kg/ha de l'unité pastorale 14.....	57
Figure 39 : Recouvrement de la strate basse de l'unité pastorale 15	58
Figure 40 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 15.....	58
Figure 41 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en Kg/ha de l'unité pastorale 15.....	59
Figure 42 : Unités pastorales des lits d'oued.....	60
Figure 43 : Superficies relatives des différentes unités pastorales sur lits d'oued.....	61
Figure 44 : Rendement de matière sèche consommable en kg/ha des différentes unités pastorales sur lits d'oued	62
Figure 45 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 10	64
Figure 46 : Densités des différentes espèces de la strate arbustive de l'unité pastorale 13.....	65
Figure 47 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable(A) et bois de feu (B) en kg/ha de l'unité pastorale 13.....	66
Figure 48 : Illustration d'un cours d'eau	66
Figure 49 : Densités des différentes espèces des cours d'eau.....	67
Figure 50 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable des cours d'eau en kg/ha	67
Figure 51 : Moyennes de productions en matière sèche des différents milieux de la zone d'étude	68
Figure 52 : Carte de la variabilité spatiale de production de phytomasse en KgMs/ha	69
Figure 53 : Box plots de la composition chimique des espèces étudiées	72
Figure 54 : Dendrogramme de classification des espèces en fonction de leur composition chimique	73
Figure 55 : Graphique des profils de composition chimiques des différentes classes d'espèces.....	74
Figure 56 : Représentation superposée des espèces et des paramètres de composition chimique sur le plan 1-2 .	75
Figure 57 : Box-plots de taux de digestibilité de matière sèche et matière organique des espèces	77
Figure 58 : Variabilité spatiale de la teneur en MAT en g/kgMs au niveau de la commune de M'Hamid El Ghizlane	82
Figure 59 : Variabilité spatiale de la digestibilité au niveau de la commune de M'Hamid El Ghizlane	84

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production énergétique saisonnière des différents parcours Sahariens en Algérie (CHEMA, 2008)	14
Tableau 2 : Production azotée des différents parcours sahariens en Algérie (CHEHMA,2008)	15
Tableau 3 : Potentialités de la commune rurale de M'Hamid El Ghizlane (ADS,2010)	19
Tableau 4 : Température pluviométrie et vitesse des vents dans la commune de M'Hamid El Ghizlane (ANDZOA, 2016).....	19
Tableau 5 : valeur de Δ des différents groupes de fourrages verts définis par Guerin (Guérin, 1990)	32
Tableau 6 : Superficies des Unité pastorale Pastoraux étudiés	37
Tableau 7 : Densités des différentes classes de tailles d' <i>Acaccia raddiana</i> au sein des unités pastorales de la zone de montagne.....	40
Tableau 8 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 1	41
Tableau 9 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 2	43
Tableau 10 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 3	45
Tableau 11 : Densités des espèces annuelles dans les unités pastorales sur plateaux sableux	49
Tableau 12 : Densités des espèces pérennes dans les unités pastorales sur plateaux sableux.....	50
Tableau 13 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 5	51
Tableau 14 : Indices d'abondance-dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 8	53
Tableau 15 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 14	55
Tableau 16 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 15	57
Tableau 17 : Densités des différentes espèces dans les unités pastorales sur lits d'oued	61
Tableau 18 Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 9	63
Tableau 19 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 10	63
Tableau 20 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 13	65
Tableau 21 : tableau de l'abondance dominance des différentes espèces des cours d'eau	66
Tableau 22 : teneur en composantes chimiques des différentes espèces étudiées	71
Tableau 23 : Coefficients de variations des différentes composantes chimiques entre les différentes espèces	73
Tableau 24 : Taux de digestibilité de matière sèche et matière organique.....	76
Tableau 25 : Sommes des carrés type III pour régression de digestibilité de la matière sèche.....	78
Tableau 26 : Sommes des carrés type III pour régression de digestibilité de la matière organique.....	78
Tableau 27 : Rendement en UFL, UFV, PDIE, et PDIN des différentes espèces végétales	79
Tableau 28 : Valeurs des différentes composantes chimiques en g/KgMS au niveau des unités pastorales	81

Liste des annexes

Annexe 1 : Rendement en UFL, UFV, PDIE et PDIN par KgMS des espèces sahariennes de l'Algérie	91
Annexe 2 : Espèces végétales dominantes de la zone d'étude	92
Annexe 3 : Matrice de confusion de la validation numérique de la classification	94
Annexe 4 : Analyse en composantes principales	104
Annexe 5 : Classification hiérarchique ascendante.....	107
Annexe 6 : Détails du modèle de la régression de DMS	109
Annexe 7 : Détails du modèle de la régression de DMO.....	112

Liste des abréviations

ABREVIATIONS	SIGNIFICATION
CAM	Métabolisme à acide crassulacéen
MAT	Matière azotée totale
ADF	<i>Acid detergent fiber</i>
NDF	<i>Neutral detergent fiber</i>
ADL	Lignine
CB	Cellulose brute
MO	Matière organique
MM	Matière minérale
PP	Polyphénols
UV	Ultraviolets
DMS	Digestibilité de la matière sèche
DMA	Digestibilité de la matière azotée
DCB	Digestibilité de la cellulose brute
UF	Unité fourragère
UFL	Unité fourragère laitière
UFV	Unité fourragère de viande
UP	Unité pastorale
PDI	Protéines digestibles dans l'intestin grêle
KGMS	Kilogramme de matière sèche
KGMSC	Kilogramme de matière sèche consommable
DOS	<i>Dark Object Substraction</i>
ROI	Région d'intérêt
QGIS	<i>Quantum geographic information system</i>
PMM	Poids moyen du module
DGT	Densité des individus de grande taille
DMT	Densité des individus de moyenne taille
DPT	Densité des individus de petite taille
NMGT	Nombre moyen de modules par individu de grande taille
NMMT	Nombre moyen de modules par individu de moyenne taille
NMPT	Nombre moyen de modules par individu de petite taille
EB	Energie brute
ED	Energie digestible
EM	Energie métabolisable
EN	Energie nette
ENL	Energie nette lait
ENV	Energie nette viande
DE	Digestibilité de l'énergie brute
MAT	Matière azotée digestible
MOF	Matière organique fermentescible
DR	Digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle
DT	Dégradabilité théorique des protéines dans le rumen
PDIE	Protéines digestibles dans l'intestin grêle permises par l'énergie de l'aliment
PDIA	Protéines digestibles dans l'intestin grêle provenant des protéines alimentaires non dégradables dans le rumen
PDIN	Protéines digestibles dans l'intestin grêle permises par l'azote de l'aliment

PDIME	Protéines digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne permises par l'énergie apportée par l'aliment
PDIMN	Protéines digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne permises par l'azote apportée par l'aliment
ADS	Agence de développement social
CIRAD	Centre international de recherche agronomique et développement
MAMP	Ministère d'agriculture et de pêche maritime
ANDZOA	Agence nationale de développement des zones des oasiennes et de l'arganier

Table de matières

Dédicaces.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	iii
Abstract	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vii
Liste des annexes	viii
Liste des abréviations	ix
Table de matières	xi
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	3
Chapitre I : Potentialités pastorales des zones arides	4
<i>I.1 Types de parcours présahariens</i>	<i>4</i>
<i>I.2 Aperçu sur les potentialités pastorales des écosystèmes pastoraux en milieux arides et sahariens.....</i>	<i>5</i>
I.2.1 Maroc oriental et potentiel de réhabilitation.....	5
I.2.2 Production pastorale dans la région de Ouarzazate.....	6
I.2.3 Production fourragère des parcours sahariens : cas des parcours de l'Algérie.....	6
Chapitre II : Comportement écologique de la végétation saharienne	7
<i>II.1 Description du paysage saharien.....</i>	<i>7</i>
<i>II.2 Facteurs qui conditionnent l'état des espèces sahariennes.....</i>	<i>7</i>
<i>II.3 Catégories des espèces sahariennes.....</i>	<i>8</i>
<i>II.4 Réponse des espèces sahariennes à la sécheresse</i>	<i>8</i>
Chapitre III : Composition chimique des espèces végétales	10
<i>III.1 Importance de l'analyse de la composition chimique.....</i>	<i>10</i>
<i>III.2 Fluctuations de la composition chimique dans le temps</i>	<i>10</i>
<i>III.3 Teneur en composition chimique de certaines espèces étudiées : Cas des espèces de l'Algérie</i>	<i>11</i>
<i>III.4 Métabolites primaires et secondaires.....</i>	<i>11</i>
III.4.1 Métabolites primaires.....	12
III.4.2 Métabolites secondaires.....	12
Chapitre IV : Qualité fourragère et digestibilité	14
<i>IV.1 Relation entre variables de la composition chimique, la digestibilité et la qualité fourragère</i>	<i>14</i>
<i>IV.2 Qualité fourragère des différents parcours sahariens et présahariens : Cas des parcours de l'Algérie</i>	

Chapitre V :	Valorisation des espèces pastorales par le dromadaire	16
V.1	<i>Le dromadaire vis-à-vis des espèces sahariennes.....</i>	16
V.2	<i>Préférence alimentaire du dromadaire.....</i>	16
V.3	<i>Digestibilité des aliments par le dromadaire</i>	16
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES		17
Chapitre I :	Présentation de la région d'étude	18
I.1	<i>Situation géographique</i>	18
I.2	<i>Climat</i>	19
I.3	<i>Ressources hydriques.....</i>	19
I.4	<i>Ressources humaines</i>	20
I.5	<i>Activités économiques.....</i>	20
Chapitre II :	Démarche du travail	21
II.1	<i>Identification des grandes unités structurales.....</i>	23
II.2	<i>Elaboration d'une carte des unités pastorales de M'Hamid El Ghizlane</i>	23
II.3	<i>Caractérisation des unités pastorales cartographiées</i>	25
II.3.1	<i>Identification des espèces végétales</i>	25
II.3.2	<i>Relevé phytoécologique</i>	25
II.3.3	<i>Estimation de la densité</i>	26
II.3.4	<i>Estimation du recouvrement</i>	27
II.3.5	<i>Estimation de la phytomasse consommable</i>	28
II.4	<i>Analyse de la composition chimique et de la digestibilité</i>	29
II.4.1	<i>Détermination de la teneur en composantes chimiques</i>	30
II.4.2	<i>Analyse statistique</i>	31
II.5	<i>Détermination de la qualité nutritionnelle énergétique et protéique</i>	31
II.5.1	<i>Estimation de la valeur énergétique</i>	31
II.5.2	<i>Estimation de la valeur protéique.....</i>	33
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION.....		34
Chapitre I :	Caractérisation des unités pastorales identifiées.....	35
I.1	<i>Carte des unités pastorales</i>	35
I.2	<i>Caractérisation des unités pastorales identifiées.....</i>	38
I.2.1	<i>Milieu montagnard</i>	39
I.2.2	<i>Dunes de sable.....</i>	45
I.2.3	<i>Plateaux sableux</i>	47
I.2.4	<i>Les lits d'oued</i>	59
I.2.5	<i>Cours d'eau</i>	66

I.2.6	Discussion	67
Chapitre II :	Composition chimique et digestibilité	71
II.1	<i>Analyse de la composition chimique</i>	<i>71</i>
II.1.1	La variabilité interspécifique.....	71
II.1.2	Classification ascendante hiérarchique	73
II.1.3	Analyse en composantes principales	75
II.2	<i>Analyse de la digestibilité</i>	<i>76</i>
II.2.1	Variabilité interspécifique.....	77
II.2.2	Régression multiple	77
II.3	<i>Description de la qualité fourragère.....</i>	<i>79</i>
II.4	<i>Variabilité spatiale de certaines composantes chimiques.....</i>	<i>81</i>
II.4.1	Variabilité spatiale de la teneur en MAT	81
II.4.2	Variabilité spatiale de la digestibilité de matière sèche	83
	Conclusion et Recommandations	84
	Références bibliographiques.....	87
	Annexes	90
	ملخص	114

INTRODUCTION GENERALE

La filière cameline est en plein essor dans les zones sahariennes et présahariennes du Maroc. L'effectif du cheptel camelin a évolué de moins de 40.000 durant les années 1990 à 200.000 têtes vers l'année de 2010. En effet 70% des populations locales vivent de ce secteur qui représente la source principale de leurs revenus, et ce grâce aux divers produits de cette filière notamment le lait de chamelle, la viande et les dromadaires valorisés au profit du tourisme. (HARI, 2017). Il est à noter également que les dromadaires constituent une composante essentielle du patrimoine des provinces du Sud marocain (EL ABRAK, 2000)

Par ailleurs, les écosystèmes pastoraux du Sahara constituent la ressource naturelle principale pour l'alimentation du cheptel camelin. De ce fait, leur durabilité s'avère indispensable pour la préservation du cheptel des dromadaires et la stabilité de leur population. Ces écosystèmes sont désormais de plus en plus fragilisés par de multiples changements menaçant la durabilité des sociétés en place.

En effet, les conditions où se trouvent ces écosystèmes sont extrêmes (climat aride et ressources hydriques peu abondantes, faible productivité des espaces pastoraux...). La qualité fourragère des espèces végétales constitue donc un paramètre clé pour assurer la durabilité des agro écosystèmes désertiques. Liée au comportement écologique des espèces végétales (allocation de biomasse, changement de métabolisme...), la qualité fourragère de ces dernières pourrait être affectée par les conditions environnementales défavorables (sécheresse, aridité...) et par le mode de gestion (surpâturage). La caractéristique d'esquive à l'herbivorie conjuguée avec une faible productivité est en mesure de causer des dégradations irréversibles de la ressource de base et des perturbations du fonctionnement des écosystèmes pastoraux. Par conséquent, la productivité et la survie des plantes se trouvent négativement impactés, ce qui met en doute la pérennité des ressources végétales.

Dans ce contexte, le projet euro-méditerranéen CAMED (*Roles of camel breeding in modern Saharan societies: contributing to their adaptive capacities face to global changes*) a pour objectif de mieux décrire les socio-écosystèmes désertiques et comprendre leur fonctionnement afin de diagnostiquer les modes de gestions actuels et éventuellement proposer des alternatives.

Le présent travail se propose d'apporter une contribution pour répondre à cette problématique à travers l'étude des paramètres de structure, de fonctionnement et de la qualité fourragère des unités pastorales caractérisant le territoire de la commune rurale de M'Hamid El Ghizlane. Ce

travail servira éventuellement comme base pour raisonner les modes de gestion appropriées des écosystèmes pastoraux de la commune M'Hamid El Ghizlane.

L'objectif fixé pour cette étude consiste à **caractériser les potentialités pastorales et la qualité fourragère des communautés végétales de la commune rurale de M'Hamid El Ghizlane.**

Pour ce faire les objectifs spécifiques suivants ont été visés :

- ✓ Décrire la structure spatiale de la végétation à travers l'élaboration d'une carte thématique des unités pastorales ;
- ✓ Caractériser les paramètres de structure (composition floristique, recouvrement et densité) et de fonctionnement (phytomasse) des différentes unités pastorales;
- ✓ Décrire la composition chimique des principales espèces constituant ces unités ;
- ✓ Décrire la variabilité spatiale de la qualité fourragère dans la commune de M'Hamid El Ghizlane ;

Le travail est subdivisé en cinq grandes parties :

- ✓ Elaboration de la carte des différentes unités pastorales ;
- ✓ Description des paramètres de structure et de fonctionnement des communautés végétales ;
- ✓ Analyse de la composition chimique des communautés végétales ;
- ✓ Appréciation de la qualité fourragère des communautés végétales ;
- ✓ Description du disponible fourrager et de sa qualité au niveau de toute la commune rurale de M'Hamid El Ghizlane.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Potentialités pastorales des zones arides

I.1 Types de parcours présahariens

Les terres de parcours constituent une ressource naturelle très importante pour les systèmes d'élevage extensifs et semi-extensifs.

Les zones sahariennes et présahariennes s'étendent sur une superficie considérable de plus de 50 millions d'hectares. La productivité fourragère y est en général faible et variable car les précipitations y sont aussi faibles et variables (moins de 100 mm). Cependant, ces zones présentent une assez grande diversité d'écosystèmes, due à leur ampleur et aux variations géographiques :

- Parcours de milieux sableux qui renferment les cordons dunaires et les autres types de zones ensablées. Ce sont les plus typiques des régions sahariennes ;
- Parcours de regs : grandes surfaces planes à fond limoneux ou graveleux ;
- Parcours de Hammadas : grands terrains plats à fond rocailleux;

Cette diversité constitue la base des activités d'élevage, notamment pour les camelins. Elle comporte :

- Les steppes à *Artemisia herba-alba*, *Thymus* spp., *Anvillea radiata*, *Launaea acanthoclada*, *Stipa parviflora*;
- Les steppes d'alfa, à leur limite sud, composées de *Stipa tenacissima*, *Stipa parviflora*, *Thymus* spp ;
- Les steppes de la plaine sud-est du Tamlelt, composées de *Hammada scoparia*, *Atractylis serratuloides*, *Farsetia hamiltoni* et *Aristida obtusa* ;
- Les steppes dégradées du bioclimat saharien, composées de *Fredolia aretioides*, *Hammada scoparia* et *Cymbopogon schoenanthus*.
- Les steppes dégradées du bioclimat saharien sur regs, composées de *Fredolia aretioides*, *Launaea arborescens*, *Limoniastrum fei* et *Gymnocarpos decandrum* ;
- Les steppes dégradées du bioclimat saharien sur regs/hamadas, composées de *Hammada scoparia*, *Atractylis serratuloides*, *Farsetia* spp. et *Limonium* sp.
- Les steppes dégradées du bioclimat saharien sur regs, composées de *Zilla macroptera*, *Launaea arborescens*, *Hammada scoparia* et *Farsetia* spp;

- D'autres écosystèmes arborés peuvent s'y développer également, avec, en plus des ripisylves, des arbres organisateurs comme: *Acacia raddiana*, *Acacia ehrenbergiana*, *Faidherbia albida* (= *Acacia albida*), *Balanites aegyptiaca*, *Maerua crassifolia*, *Rhus tripartitum*...etc.

Les écosystèmes à Chaméphytes occupent les regs où ils organisent des peuplements très lâches, avec, comme principaux éléments floristiques, des Chénopodiacées (*Hammada*, *Anabasis*, *Nucularia*...). Les ergs sont plutôt pauvres en végétation et en faune, sauf dans certains biotopes (vallées humides, steppes océaniques, oasis, ...) (FERCHICHI, 2013).

I.2 Aperçu sur les potentialités pastorales des écosystèmes pastoraux en milieux arides et sahariens.

Dans cette partie nous allons présenter des cas des écosystèmes pastoraux en milieux arides et sahariens et leurs potentialités afin d'avoir une idée sur l'état et la production de biomasse dans des sites similaires à la zone d'étude en terme de conditions climatiques ou edapho-climatiques.

I.2.1 Maroc oriental et potentiel de réhabilitation

Le Maroc Oriental compte environ 4.7 millions d'hectares soit à peu près 9 % des parcours à l'échelle nationale. La végétation naturelle y est constituée principalement par des steppes à base d'alfa, d'armoise blanche et de chénopodiacées et par des steppes désertiques présahariennes. L'état de dégradation actuel de ces parcours est considéré comme étant la conséquence d'une exploitation abusive (mise en culture et surpâturage) accentuée par la sévérité du climat (sécheresse), ce qui fait que la capacité de charge de ces parcours ne cesse de diminuer d'une année à l'autre. Par ailleurs, le cheptel connaît une fréquente sous-alimentation, en particulier en années sèches, l'état des troupeaux laisse à désirer, avec des performances zootechniques médiocres, qui sont largement inférieures au potentiel des animaux (ELKOUDRIM et al, 2006) Des projets de restauration de ces terres ont été entrepris. Les résultats montrent que la végétation est nettement améliorée dans les sites réhabilités par rapport au site non aménagé (phytomasse: 2013 kg MS/ha vs 247; recouvrement moyen de la végétation : 23 % vs 6 %; diversité floristique: 42 espèces vs 19). La technique de plantations d'arbustes fourragers représente la meilleure technique en termes de restauration (HACHIMI et al, 2015).

I.2.2 Production pastorale dans la région de Ouarzazate

Des études ont montré que la production totale moyenne des steppes de *Artemisia herba alba* en matière sèche est de 4157 kg/ha dont la matière fourragère consommable représente 31% (BENNAJIM, 2009). Dans la même région une autre étude a montré que la densité moyenne de l'armoise est de 15950 pieds/ha, et sa production en matière sèche consommable est de 1112 Kg/Ha (AKASBI, 2004). Dans le même contexte une étude réalisée dans la même région a montré que la phytomasse d'alfa varie en fonction de l'altitude, la pente, et l'exposition. La phytomasse produite dans un peuplement moyen de 3000 pieds/ha est de 1332 kg MS /ha (GHANIMI, 2004) .

I.2.3 Production fourragère des parcours sahariens : cas des parcours de l'Algérie

Des études réalisées en Algérie ont montré que les sols sableux sont les parcours les plus productifs du côté biomasse suivis par les lits d'oueds, puis les autres types de parcours avec une très grande différence. Cependant les lits d'oueds restent les parcours qui offrent le meilleur choix d'espèces, chose qui les rend mieux appréciés par le dromadaire vu son comportement alimentaire sélectif (CHEHMA, 2008).

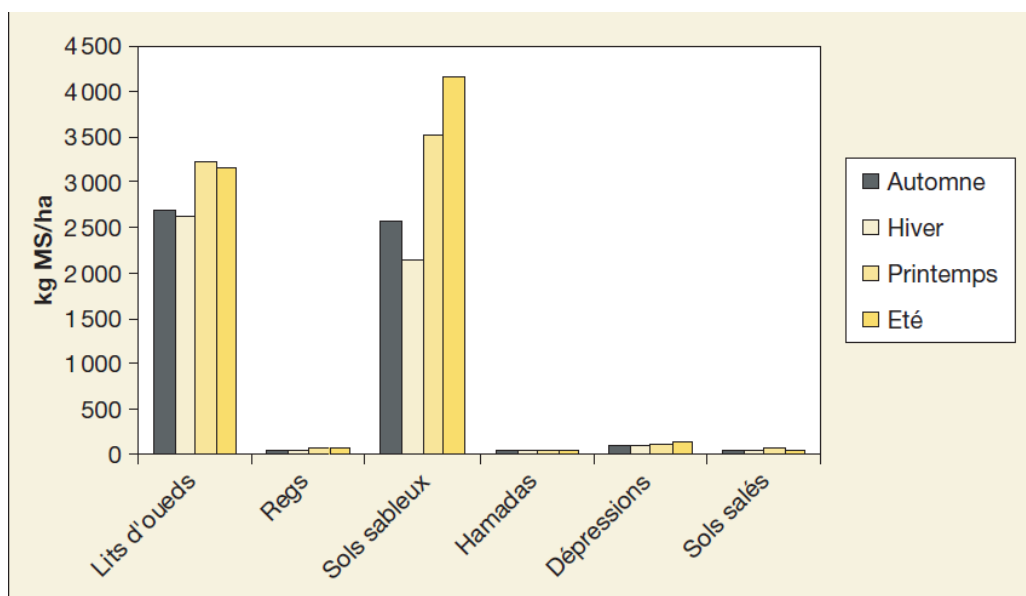


Figure 1 : Production de biomasse (en kg de MS/ha) des parcours sahariens de l'Algérie suivants les saisons (CHEHMA, 2008)

Chapitre II : Comportement écologique de la végétation saharienne

Le Sahara comporte une flore spécifique caractérisée en majorité par des espèces à métabolisme à CAM (*crassulacéen-acid-metabolism*) capables de s'adapter morphologiquement et physiologiquement aux conditions du milieu. Le comportement écologique de la végétation est notion assez complexe, dont la compréhension est indispensable pour l'explication du fonctionnement de la flore et du rôle qu'elle joue dans son écosystème.

II.1 Description du paysage saharien

La végétation des zones arides, en particulier celle du Sahara, est très dispersée, le paysage est généralement nu, La strate arborée est peu dense et peu dominante et la strate herbacée n'y apparait que pendant une période très courte de l'année, quand les conditions le permettent, (UNESCO, 1960 cité par CHEHMA, 2005). Au Sahara, comme partout ailleurs, la végétation constitue le plus fidèle témoin du climat (GARDI, 1973 cité par CHEHMA, 2005). Par conséquent, l'absence de végétation sur de grandes étendues est le caractère répandu du paysage saharien, le couvert végétal est discontinu et très irrégulier, les plantes utilisent surtout les emplacements où l'accès aux ressources hydrique est plus garanti qu'ailleurs (OZENDA, 1991). Ce sont souvent des plantes de petite taille, à système racinaire puissant, munies de dispositifs permettant de limiter l'évapotranspiration (feuilles réduites, aciculaires, vernissées ou grasses) (FAYE, 1997).

II.2 Facteurs qui conditionnent l'état des espèces sahariennes

Les facteurs locaux qui conditionnent la structure, la composition et l'organisation des communautés végétales peuvent être classés en deux catégories, les perturbations et les stress. Les perturbations sont définies ici comme des mécanismes limitant la biomasse des plantes en causant sa destruction totale ou partielle tandis que les stress sont définis comme des contraintes externes qui limitent la production de matière sèche de tout ou partie de la végétation (GRIME, 1979). La limite entre ces deux catégories n'est cependant pas aussi tranchée qu'il y paraît. Ainsi, les épisodes de sécheresse, selon leur intensité et leur fréquence, peuvent limiter la croissance (effet stress) ou être la cause d'une forte mortalité (effet perturbation). Les mécanismes locaux qui permettent le maintien de la biodiversité correspondent en fait aux effets conjugués de certains niveaux de perturbation pour diverses gammes de productivité, la théorie bien connue de la perturbation intermédiaire n'en étant qu'un cas particulier situé à un niveau

moyen de productivité. L'effet d'une perturbation ou d'un stress particulier est donc fonction d'une situation initiale, correspondant à une combinaison particulière entre ces deux types de contraintes (VARTARIAN et LEMEE, 1984).

II.3 Catégories des espèces sahariennes

Selon leur mode d'adaptation à la sécheresse des plantes sahariennes peuvent être divisées en deux catégories;

- Plantes éphémères, appelées encore "achebs", n'apparaissant qu'après la période des pluies et effectuent tout leur cycle végétatif avant la saison sèche. La longueur de ce cycle est très variable d'une espèce à une autre et dure généralement d'un à quatre mois. Ce sont des thérophytes dont les graines ont une dormance durable et un pouvoir germinatif qui peut être conservé pendant longtemps (FAYE, 1997)
- Plantes permanentes ou vivaces, dont l'adaptation se traduit par des phénomènes physiologiques peu étudiés, un ensemble de changements morphologiques et anatomiques qui consistent surtout en un accroissement du système racinaire et une réduction de la surface d'évaporation. Elles ont la capacité de survivre en vie ralentie durant de longues périodes et sont dotées de mécanismes d'adsorption racinaire et de rétention d'eau performants, (OZENDA, 1991 et FAYE, 1997). Ce type de végétation n'est pas très influencé par les fluctuations saisonnières (GAUTHIER-PILTERS, 1969), il constitue une source de fourrage permanente tout au long de l'année pour les camelins. (LONGO et *al*, 1988)

II.4 Réponse des espèces sahariennes à la sécheresse

Au Sahara, comme partout ailleurs, la végétation est le plus fidèle témoin du climat. Les conditions désertiques extrêmes font que le maigre couvert végétal qui subsiste développe des stratégies d'adaptation lui permettant d'exploiter au maximum les moindres conditions climatiques favorables à sa prolifération. Les seules plantes qui subsistent sont des plantes vivaces capables de supporter les périodes de sécheresse prolongées, contrairement aux plantes annuelles qui germent immédiatement après la pluie. Ce sont des espèces éphémères capables de croître et de fleurir rapidement, recouvrant le sol pour de courtes périodes. En effet, d'une façon générale, une richesse en composés pariétaux et en cellulose brute a été enregistrée pouvant être liée au mode d'adaptation de ces espèces au milieu saharien. Elles sont capables de limiter au maximum leur vitesse d'évaporation, en diminuant leur proportion feuilles/tiges (aussi bien en nombre qu'en surface), et en formant une cuticule épaisse sur les stomates, et ce

en plus de l'effet des fortes températures sur la stimulation de la lignification des tissus de soutien. De la même façon, et pour les mêmes raisons, les faibles teneurs en MAT (Matières Azotées Totales) et en tanins peuvent toujours être attribuées à leur stratégie d'adaptation à la sécheresse : ces composants chimiques sont surtout des contenus cytoplasmiques et chlorophylliens (composants essentiels des feuilles) (CHEHMA,2009).

Chapitre III : Composition chimique des espèces végétales

La composition chimique est un indicateur clé du fonctionnement des espèces végétales. Cette composition est caractérisée à travers les teneurs en MAT (Matières azotées totales), MM (Matière minérale), MO (Matière organique), NDF (*neutral detergent fiber*), ADF (*acid detergent fiber*), ADL (*acid detergent lignin*), CB (Cellulose brute). Elle renseigne sur la stratégie métabolique de production des plantes et l'intérêt qu'elles portent à la sécrétion de quelques substances chimiques par rapport à d'autres. Le service d'un écosystème reste étroitement lié au contenu de ses composantes, notamment celui de la flore qui y existe.

Les espèces sahariennes sont riches en cellulose brute et pauvres en azote. Ils ont lié ces résultats aux stratégies d'adaptation des espèces sahariennes aux conditions désertiques. Cette adaptation se traduit généralement par la diminution de la grandeur et du nombre de feuilles (feuilles de petites tailles, écailles), absence de feuilles (aphylle), feuilles transformées en épines (ANDRIEU et DEMARQUILLY *et al.* 1981).

III.1 Importance de l'analyse de la composition chimique

L'analyse chimique constitue une première approche de la qualité fourragère des espèces végétales. La qualité fourragère est calculée à partir des différents paramètres de la composition chimique. Par ailleurs, même ayant une teneur élevée en composantes chimiques importantes, la teneur en métabolites secondaires pourrait avoir un effet répulsion pour les herbivores. Une teneur considérable de ces métabolites réduit la qualité fourragère des plantes pastorales puisqu'elles sont considérées moins accessibles et éventuellement peu importants du côté nutritionnel pour les herbivores. Des études effectuées en Algérie dans des milieux similaires à la zone étudiée affirment que les espèces annuelles ont une teneur élevée en matière minérale et matières azotées totales par rapport aux espèces pérennes. Par contre la teneur en produits pariétaux est élevée chez les espèces pérennes par rapport aux espèces annuelles. (LONGO-HAMOUDA, 2007)

III.2 Fluctuations de la composition chimique dans le temps

Plusieurs travaux ont démontré que l'effet de la saison sur la composition chimique est significatif. Cet effet s'exerce par les variations climatiques qui lui sont associées. En effet, on a enregistré une variabilité nette pour la teneur en MAT et en tanins, qui est plus élevée au printemps, sous l'effet de l'augmentation du rapport feuilles/tige en cette saison. Par ailleurs,

les fortes températures et la sécheresse de l'été engendrent une augmentation des composés pariétaux et de la cellulose brute. D'après des travaux réalisés dans des contextes similaires à celui de notre étude, la survie, le comportement écologique et la composition chimique des espèces sahariennes présentent une forte dépendance aux variations climatiques malgré les caractéristiques exceptionnelles d'adaptation de la flore spontanée sahariennes aux conditions climatiques extrêmes de leur milieu (CHEHMA, 2009).

III.3 Teneur en composition chimique de certaines espèces étudiées : Cas des espèces de l'Algérie

La composition chimique des espèces est fortement liée aux conditions du milieu. Nous allons présenter dans la figure ci-dessous des résultats d'une étude menée dans la région de Bechar et Tindouf en Algérie (même conditions de milieux) afin d'avoir une idée sur la composition chimique des espèces sahariennes. Il s'avère que les espèces sahariennes ont des teneurs élevées en produits pariétaux par rapport à la teneur en MAT et matière minérale.

Espèces	Composition chimique* (% MS)							Digestibilité* (%)	
	MO	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	Phénols totaux	SMS	SMO
<i>Aristida pungens</i>	92,3	4,3	72,4	45,0	6,8	42,7	0,6	30,3	29,2
<i>Haloxylon scoparium</i>	85,6	17,5	38,6	21,4	7,2	23,3	5,5	63,7	60,5
<i>Zilla spinosa</i>	94,1	8,0	60,9	47,2	14,3	48,6	0,6	45,3	38,3
<i>Retama retam</i>	95,8	11,5	51,4	39,2	17,9	34,4	4,2	50,7	54,9
<i>Pituranthos chloranthus</i>	94,9	5,5	60,9	44,3	9,4	39,8	0,9	45,4	39,3
<i>Thymelia microphylla</i>	94,2	6,4	56,8	42,4	14,7	35,5	1,4	49,8	39,2
<i>Rhanterium adpressum</i>	86,1	7,2	50,9	40,0	15,8	35,6	2,7	45,2	44,1
<i>Randonia africana</i>	95,7	7,9	64,6	49,0	14,3	44,6	0,6	39,8	37,2
<i>Genista saharae</i>	97,3	7,3	60,8	48,4	15,5	48,5	1,3	38,7	33,4
<i>Traganum nudatum</i>	81,3	7,9	51,4	33,0	10,6	32,8	0,6	52,1	47,5
<i>Zygophyllum album</i>	75,5	10,0	24,0	16,2	6,2	15,8	0,8	81,2	77,0
<i>Tamarix articulata</i>	81,4	8,5	33,0	21,2	8,9	19,0	3,5	57,3	57,0
<i>Tamarix aphylla</i>	74,8	8,3	34,4	21,2	9,7	18,9	7,7	57,8	57,6
<i>Limoniastrum guyonianum</i>	74,8	9,5	36,4	27,7	17,2	17,3	3,6	65,9	62,2
<i>Ephedra alata</i>	89,8	8,7	57,0	43,9	21,2	32,0	5,9	48,9	48,1
<i>Calligonum comosum</i>	89,2	7,1	52,9	37,6	17,5	20,8	15,1	47,4	44,7
<i>Anabasis articulata</i>	81,6	8,0	44,7	26,4	9,0	27,2	0,6	59,1	59,3
<i>Cornulaca monacantha</i>	83,5	8,1	45,1	28,1	9,2	28,6	0,6	60,9	54,7
<i>Salsola tetragona</i>	74,0	6,8	35,8	16,5	5,6	15,9	0,4	66,5	67,6
<i>Sueda fruticosa</i>	74,0	18,0	33,1	20,2	8,1	17,7	5,8	67,4	61,6
<i>Oudneya africana</i>	85,3	16,7	32,9	23,9	6,3	42,7	4,2	69,1	62,3

* MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; NDF : neutral detergent fiber ; ADF : acid detergent fiber ; ADL : acid detergent lignin ; CB : cellulose brute Wende ; SMS : solubilité de la matière sèche ; SMO : solubilité de la matière organique

Figure 2 : Composition chimique des espèces Sahariennes En Algérie (en % de MS) (CHEHMA, 2010)

III.4 Métabolites primaires et secondaires

Le métabolisme des espèces végétales est un indicateur clé de son comportement écologique. En effet la sécrétion élevée des métabolites secondaires indique que l'espèce est en situation défavorable, qui l'incite à réorienter son métabolisme vital afin d'adopter des formes d'esquive, de défense ou d'adaptation. Dans ce paragraphe nous allons citer les différents métabolites sécrétés au niveau de la plante et leur signification, pour avoir une idée sur le comportement des espèces dans des conditions extrêmes.

III.4.1 Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont des molécules constitutives ou permanentes et sont directement impliqués dans les grandes voies du métabolisme basal de la cellule, c'est à dire indispensables à la survie de la cellule. Parmi ces métabolites :

- Les glucides, source d'énergie, paroi cellulaire ;
- Les lipides, source d'énergie, membranes cellulaires ;
- Les acides aminés, source primaire de construction des protéines.

III.4.2 Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires représentent toute substance présentes chez un organisme et qui ne participe pas directement aux processus de base de la cellule vivante et dont la nature et la teneur peuvent être modifiées par des facteurs abiotiques, facteurs environnementaux spatiaux (exposition, altitude, climat, ...) ou temporels (saison, âge, ...), et les molécules induites par des facteurs biotiques. Face aux agresseurs phytophages, les plantes ne sont pas en mesure de s'échapper, en réponse à ceci, elles ont développé au cours de leur longue coévolution avec les herbivores une capacité à produire des métabolites secondaires capables de les repousser (ANNOU, 2014).

On distingue classiquement trois grandes catégories de métabolites secondaires chez les végétaux :

- Les composés phénoliques ;
- Les composés terpéniques ;
- Les alcaloïdes.

III.4.2.1 Les phénols

Les composés phénoliques ou les polyphénols (PP) constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. (FLEURIET, 1982) Des polyphénols sont synthétisés en réponse aux UV-B dans les cellules épidermiques des feuilles. Du fait de leur spectre d'absorption dans les UV, ils agissent comme des filtres en se liant à l'ADN pour le protéger. Une étude récente fait apparaître un nouvel aspect de l'interaction polyphénols-protéines : une régulation possible de la protéosynthèse par des composés phénoliques endogènes. Il a été, en effet, montré que certains flavonoïdes freinent l'incorporation de la leucine dans les protéines. (ANNOU, 2014).

III.4.2.2 Les tanins

Les tanins ont été définis comme étant des composés phénoliques solubles dans l'eau, et se caractérisent par leur faculté à se combiner aux protéines et à d'autres polymères organiques tels que des glucides, des acides nucléiques, des stéroïdes et des alcaloïdes pour former un précipité. Ce sont des déterrant alimentaires par leur gout astringent ; cette propriété astringente provoque une baisse d'appétence chez le bétail et surtout une diminution de la digestibilité des protéines. S'accumulent dans les téguments des semences et jouent un rôle crucial dans la dormance et la germination et augmentent la qualité du bois ou des fibres. La toxicité des tanins se manifeste à trois niveaux : l'ingestion, la digestibilité et les micro-organismes du rumen. Cette toxicité varie en fonction des tanins ingérés et de la tolérance de l'animal (YUSUF, 2006)

III.4.2.3 Les alcaloïdes

Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale à caractère alcalin et présentant une structure moléculaire hétérocyclique complexe (BADIAGA, 2011). Les alcaloïdes tout d'abord, ont des effets bénéfiques sur la plante synthétisante, ils Protègent la plante contre les rayons ultraviolets comme ils ont des effets contre les herbivores (MAURO, 2006). Leur saveur amère est un fort déterrent. Responsables de certains cas d'empoisonnement du bétail par les graines qui accumulent les lupanines. Certains alcaloïdes se lient aux acides nucléiques et peuvent inhiber la synthèse des protéines et affecter les mécanismes de réparation de l'ADN (ANNOU,2014)

III.4.2.4 Les terpènes

Le terme de terpénoïde est attribué à tous les composés possédant une structure moléculaire construite d'un monomère à 5 carbones appelé isoprène (MALECKY, 2005). Les terpènes peuvent agir en lisant les globules rouges des herbivores; Digitoxine de la digitale pourpre. L'absorption d'environ 8 g de feuilles peut être létale. L'Eugénol, produit par les boutons floraux du girofler, se fixe sur un neurotransmetteur des invertébrés et l'empêche d'agir (ANNOU, 2014).

Chapitre IV : Qualité fourragère et digestibilité

IV.1 Relation entre variables de la composition chimique, la digestibilité et la qualité fourragère

Le passage de la composition chimique à la qualité fourragère et l'analyse de la digestibilité sont importants pour estimer la qualité nutritionnelle réelle des espèces pastorales. Des études ont démontré que les variables de la composition chimique : MO, MAT, CB ont une forte résonance à expliquer la digestibilité des espèces suivies de MM, NDF et ADF, cependant ADL n'a pas une contribution significative dans l'explication de la digestibilité. La quantité de CB et celle de la MAT informent sur la valeur énergétique et protéique de l'espèce (MAAMRI, 2006).

La production énergétique et azotée des différents parcours sahariens est proportionnelle à la production de biomasse et du point de vue temporel, c'est au printemps et en été que les meilleures productions sont observées (CHEHMA, 2008)

Des résultats d'une étude menée dans la région de Bechar et Tindouf en Algérie (mêmes conditions de milieu) sont présentés en annexe 1.

IV.2 Qualité fourragère des différents parcours sahariens et présahariens : Cas des parcours de l'Algérie

En Algérie, Les parcours où les meilleures qualités fourragères ont été enregistrées sont les parcours sur sols sableux et dans les lits d'Oueds, avec une large différence entre ces derniers et les parcours des autres types de milieu.

Tableau 1 : Production énergétique saisonnière des différents parcours Sahariens en Algérie (CHEMA, 2008)

Saisons	Énergie	Lits d'oueds	Regs	Sols sableux	Hamadas	Dépressions	Sols salés
Automne	UFL/ha	765,09	23,51	885,26	18,81	34,01	27,85
	UFV/ha	919,61	26,55	1 157,38	21,76	43,10	30,78
Hiver	UFL/ha	942,86	20,76	809,02	21,44	44,64	26,86
	UFV/ha	1 097,45	24,38	1 032,72	27,03	54,39	30,66
Printemps	UFL/ha	1 138,21	28,52	1 411,86	28,16	56,67	51,22
	UFV/ha	1 327,69	32,80	1 779,51	31,40	69,13	53,30
Été	UFL/ha	1 020,59	26,59	1 362,11	21,64	47,39	27,07
	UFV/ha	1 221,88	30,10	1 848,92	23,42	61,03	30,32

Tableau 2 : Production azotée des différents parcours sahariens en Algérie (CHEHMA,2008)

Saisons	Azote	Lits d'oueds	Regs	Sols sableux	Hamadas	Dépressions	Sols salés
Automne	PDIN (g/ha)	85 006,84	2 515,59	74 102,15	1 991,73	3 708,55	2 637,79
	PDIE (g/ha)	107 238,61	3 066,76	127 072,37	2 644,16	5 031,86	3 288,28
Hiver	PDIN (g/ha)	101 750,34	2 439,88	63 480,74	2 652,10	5 193,32	2 516,53
	PDIE (g/ha)	124 871,40	2 983,44	110 383,02	3 286,91	6 454,93	3 294,93
Printemps	PDIN (g/ha)	121 846,92	3 103,63	166 009,22	3 087,13	6 604,78	5 283,78
	PDIE (g/ha)	151 225,23	3 845,30	221 015,61	3 764,80	8 211,86	5 827,84
Eté	PDIN (g/ha)	108 886,13	2 606,47	94 661,69	1 833,03	4 757,84	2 424,36
	PDIE (g/ha)	140 366,11	3 275,22	189 554,56	2 698,89	6 920,20	3 192,00

Chapitre V : Valorisation des espèces pastorales par le dromadaire

V.1 Le dromadaire vis-à-vis des espèces sahariennes

Le dromadaire joue un rôle très important dans la valorisation des zones écologiques où les faibles disponibilités en eau et en couvert végétal rendent la présence d'autres espèces d'animaux domestiques incertaine. En effet, le dromadaire tire l'essentiel de son alimentation d'une végétation en général rejetée par d'autres ruminants. Bien que le dromadaire soit sélectif, il ne cause pas de dégradation aux parcours ; bien au contraire, il contribue à la conservation d'écosystèmes extrêmement fragiles.

Le dromadaire est parfaitement adapté aux milieux désertiques où les conditions sont extrêmes. C'est l'un des rares animaux domestiques à exploiter ces milieux et à les transformer en productions nécessaires à l'homme (MAPM, 2007).

V.2 Préférence alimentaire du dromadaire

Les espèces les plus appréciées du dromadaire s'avèrent plutôt riches en composés pariétaux, pauvres en MAT et peu digestibles : chez le dromadaire, l'appétence serait liée à d'autres facteurs qui sont peu étudiés. (CHEHMA, 2010).

Une étude écologique des zones pastorales du nord du Kenya rapporte que la ration alimentaire du dromadaire est constituée de 47,5% de broussailles naines, 29,9% de ligneux, 11,2% de graminées et 11,3% d'autres herbes (FIELD, 1984)

Le même auteur indique que le régime du dromadaire est composé de 50% d'arbustes, 30% de fragments d'arbres et 20% de plantes herbacées. Dans certains cas les prélèvements d'arbustes peuvent atteindre 70% voire 90% de la ration en saison défavorable (FAYE et TISSERAN, 1989)

V.3 Digestibilité des aliments par le dromadaire

Plusieurs résultats mettent l'accent sur l'aptitude particulière du dromadaire à mieux digérer les glucides pariétaux et mieux valoriser les aliments particulièrement riches en parois. (FARID et *al*, 1980, cité par MAMP, 2007) ont rapporté que la digestibilité de la matière sèche (DMS), des matières azotées (DMA) et de la cellulose brute (DCB) ont été toujours supérieures chez le dromadaire.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I.1 Situation géographique

La commune de M'Hamid El Ghizlane est située à 95 km au Sud de Zagora. Elle s'étend sur un territoire d'une superficie de 2700 Km², soit 3 % de la superficie totale de la province. Elle est limitée au Nord et à l'Est par la commune Tagounite, à l'Ouest par la commune Fom Zguide (Province de Tata) et au Sud par la frontière algérienne. De point de vue organisation administrative, la commune M'Hamid El Ghizlane relève du Caidat de M'Hamid El Ghizlane, cercle de Zagora.

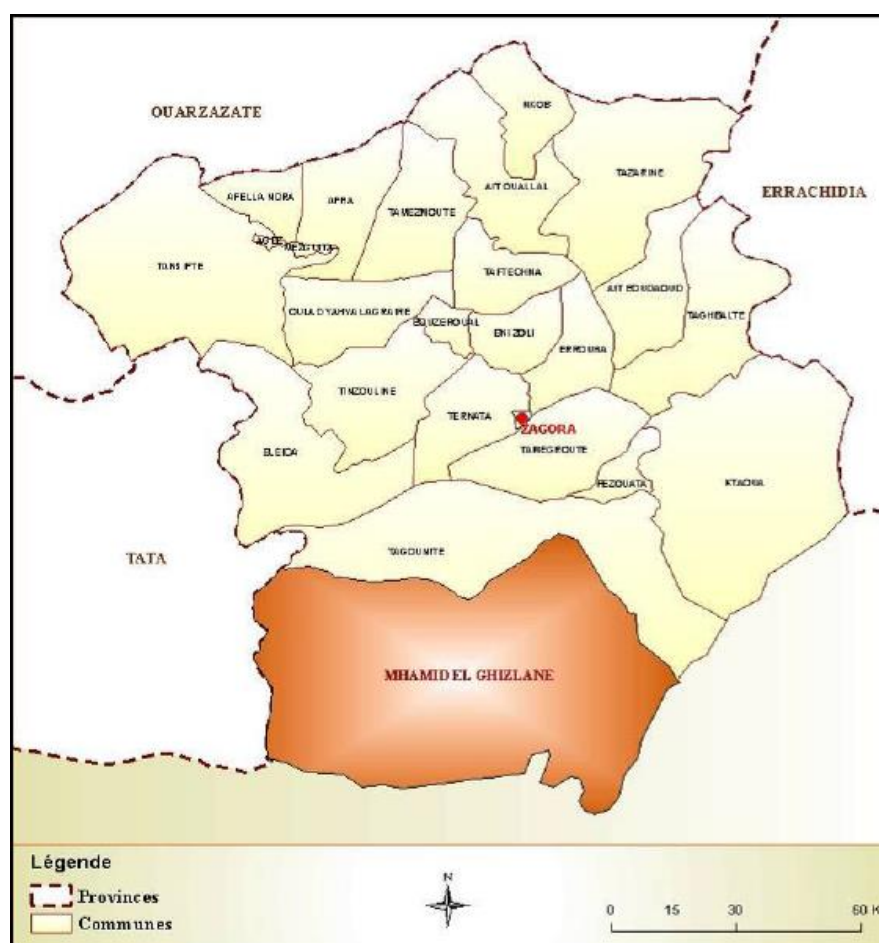


Figure 3 : Localisation de la commune de M'Hamid El Ghizlane parmi les communes rurales de la Province de Zagora (ADS, 2010)

Le territoire de la commune s'étend sur un large bas-fond limité au nord-ouest par les montages de « Bani » et « EL Greb » avec une altitude de 900 m. Il est caractérisé par un relief accidenté constitué par plusieurs plateaux situés au sud et à l'est de l'oasis de M'Hamid El Ghizlane formant le début de la zone appelée Hammada du Drâa dont le prolongement se trouve dans le territoire Algérien. Cette zone est connue par la présence de dunes de sable. (ADS, 2010)

Tableau 3 : Potentialités de la commune rurale de M'Hamid El Ghizlane (ADS,2010)

Potentialités	Contraintes
<p>Plusieurs atouts naturels pour le développement du tourisme :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dunes de sable ; - Paysage oasien très attractif ; - Possibilité d'utiliser l'énergie solaire ; - L'existence d'oued Drâa ; - Sols de type alluvionnaire fertiles et propices à la phoeniculture et les cultures intercalaires ; - Surface agricole utile relativement importante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relief accidenté ; - Ressources en eau souterraines, limitée - Insuffisances des ressources en eau par rapport aux terres disponibles à l'exception des sols alluvionnaires de la palmeraie ; - La majorité des sols pauvres en matière organique ; - Les eaux de la nappe de l'aquifère de la palmeraie sont chargées en résidu sec (+ de 2g/l).

I.2 Climat

Le climat est de type continental caractérisé par une forte aridité. Le tableau 4 ci-dessous illustre les principales caractéristiques climatiques de la zone d'étude.

Tableau 4 : Température pluviométrie et vitesse des vents dans la commune de M'Hamid El Ghizlane (ANDZOA, 2016)

	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne
Pluviométrie	Mm/an	10	60	35
Température	°C	10	48	29
Vents	Km/h	20	100	60

I.3 Ressources hydriques

L'oued Drâa constitue la principale ressource hydrique naturelle de M'Hamid El Ghizlane. Le reste des ressources hydriques naturelles de M'Hamid El Ghizlane sont composées, d'une part, par les dix-sept oueds affluents qui alimentent oued Drâa majoritairement secs, et d'autre part par les eaux des nappes phréatiques. De plus lac Iriki est considéré aussi comme une ressource hydrique de la région mais qui est désormais asséché suite à la construction du barrage *Mansour Eddahbi*. Enfin, la commune de M'Hamid El Ghizlane contient 18 puits dont la moitié ont été aménagés, Parmi lesquels deux sont destinés à l'adduction en eau potable, les autres à l'abreuvement du cheptel ovin, caprin et camelin de la région. (ANDZOA, 2016)

I.4 Ressources humaines

La population de la commune M'Hamid El Ghizlane compte 7764 habitants pour 1088 ménages (RGPH, 2004). Cette population représente une proportion de 2,7 % du total de la population de la province de Zagora.

M'Hamid El Ghizlane compte parmi les communes dont le taux d'accroissement moyen annuel est faible de (-1,12 %). De même le solde migratoire reste fortement négatif avec un taux de migration de (-14 ‰), ce qui la qualifie comme étant répulsive en termes de mouvements migratoires de la population, qui touche essentiellement les jeunes de la population locale. La proportion de la population de moins de 15 ans au niveau de la commune (41%) est supérieure à la moyenne nationale (31,2%). (ANDZOA, 2016).

I.5 Activités économiques

Le système économique local de la commune M'Hamid El Ghizlane repose essentiellement sur l'agriculture (dattes, céréales et élevage extensif). Les transformations récentes de ce système ne se sont pas matérialisées par l'apparition de nouvelles activités relevant d'autres secteurs comme l'industrie, le commerce ou les services. La surface agricole utile au niveau de la commune est évaluée à 2070 ha irriguée en totalité. Comme le reste de la vallée du Drâa, le foncier est caractérisé par la micropropriété.

L'élevage constitue le deuxième pilier du système agricole oasien. Il est soit sédentaire et s'intègre dans une complémentarité avec l'agriculture, ou mobile et tributaire des parcours naturels (ANDZOA, 2016).

Chapitre II : Démarche du travail

Le travail s'est organisé en trois phases successives. Dans un premier temps, nous avons commencé par une prospection de terrain afin de délimiter précisément la zone d'étude et pendant laquelle nous avons réalisé une cartographie des unités de végétation présentes (Volet 1). Puis, nous avons réalisés plusieurs campagnes de terrain qui ont eu pour objectif d'identifier la diversité des espèces végétales présentes et de caractériser la structure de la végétation (Volet 2). Enfin, nous avons conduit une analyse de la composition chimique de la végétation afin d'estimer la qualité nutritionnelle des parcours (Volet 3) :

- ✓ Volet 1 : Cartographie des unités de végétation qui ont fait objet de cette étude réalisé en deux étapes :
 - A : Elaboration d'une carte des unités structurales ;
 - B : Elaboration d'une carte des unités pastorales étudiées.
- ✓ Volet 2 : Caractérisation de la végétation en deux étapes :
 - A : Caractérisation des paramètres de structure du matériel végétal caractérisant chaque unité pastorale cartographiée ;
 - B : Mesure de la production en kilogramme de matière sèche consommable (kgMsc) des unités pastorales.
- ✓ Volet 3 : Analyse de la composition chimique et de la qualité nutritionnelle du matériel végétal constituant les différentes unités pastorales :
 - A : Analyse de la composition chimique des principales espèces dominantes ;
 - B : Estimation de la qualité nutritionnelle des espèces végétales dominantes.

La démarche méthodologique globale adoptée est illustrée dans le schéma ci-après (figure 4)

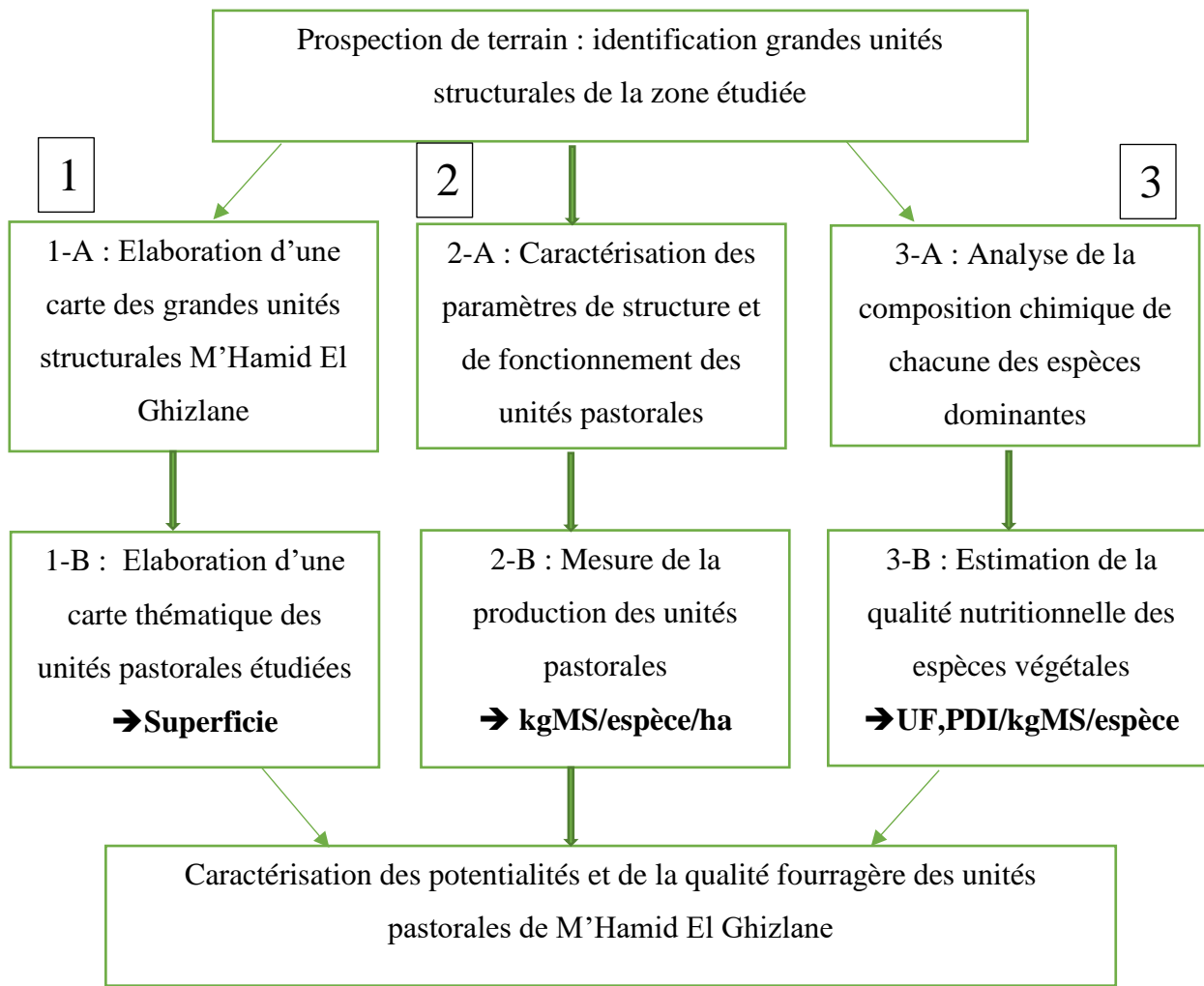


Figure 4 : Schéma général illustrant la démarche du travail organisée en trois volets thématiques successifs

II.1 Identification des grandes unités structurales

Une première exploration a permis d'identifier les différentes unités structurales (plateaux à sols sableux, dunes de sables, lits d'oueds et la zone montagneuse) et les différentes unités spatiales abritant chacune un peuplement végétal homogène à vocation pastorale. Pour cela, la zone d'étude a été parcourue par plusieurs transects dont la longueur et l'orientation ont été raisonnées en fonction des principaux gradients du milieu. L'itinéraire de l'exploration et les différentes unités identifiées sont présentés dans la figure 5 :

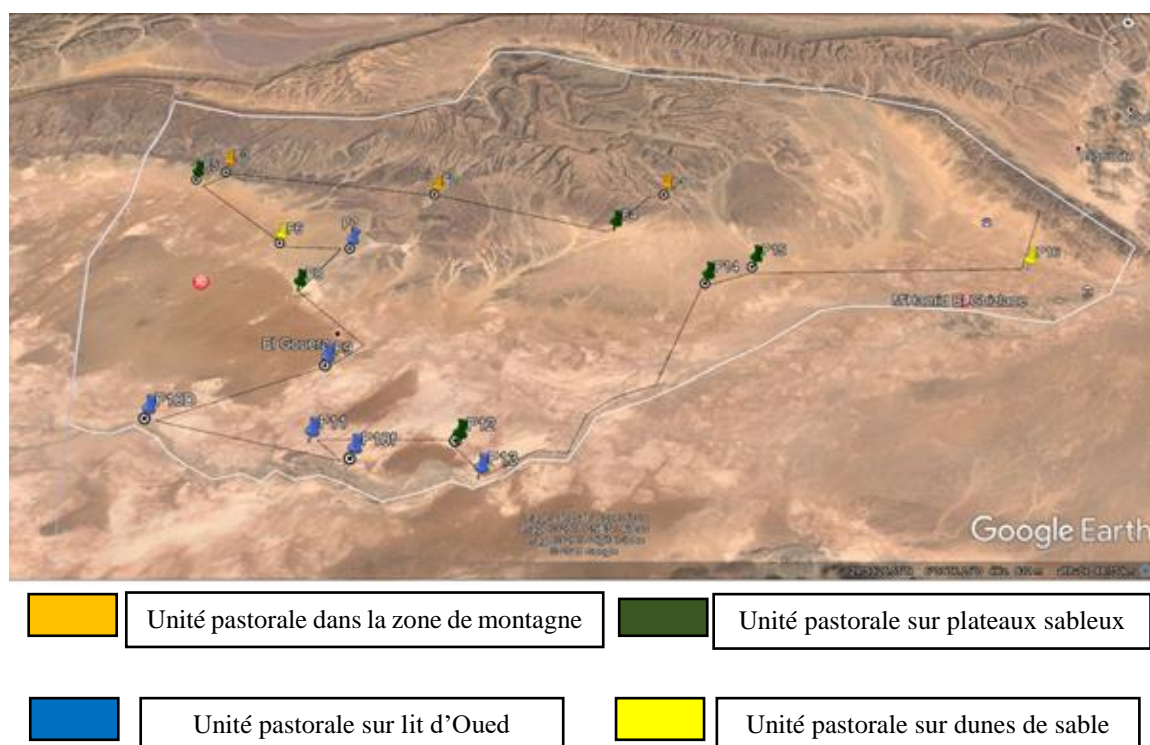


Figure 5 : Projection de l'emplacement des unités identifiées et de l'itinéraire de l'exploration de la zone d'étude

II.2 Elaboration d'une carte des unités pastorales de M'Hamid El Ghizlane

Pour l'élaboration de la carte thématique des différentes unités pastorales nous avons procédé à une classification supervisée (voir description ci-après) appliquée sur des images satellitaires sentinel 2A. six images satellitaires couvrant la zone d'étude ont été utilisées selon le protocole suivant :

1. Acquisition des images type sentinel 2A :

Les images satellitaires SENTINEL-2A de type C (prises entre 10 et 15 mars) ont été acquises à partir du site web www.scihub.copernicus.eu. Six images satellitaires couvrent la zone d'étude.

2. Prétraitement :

- ✓ La correction atmosphérique : effectuée sur QGIS (Quantum geographic information system) suivant la méthode DOS (*Dark Object Substraction*) ;
- ✓ La fusion des bandes. Après cette étape la résolution des pixels sur toutes les bandes sera homogène et égale à 10 m ;
- ✓ Mosaiquage des images satellitaires pour obtenir une image couvrant toute la zone d'étude
- ✓ Extraction de la zone d'étude.

3. Classification supervisée :

- ✓ Création des ROI (*region of interest*) : Les régions d'intérêts ont été créées sous formes de polygones sur Google-earth-Pro, puis importées sous format shapefile
- ✓ Classification : effectuée moyennant les outils de traitement numérique de l'image après affectation des régions d'intérêt à des classes de végétation.

4. Post traitement :

- ✓ Homogénéisation : cette étape consiste à l'élimination des pixels aberrants, dispersés sur la zone. Ces pixels sont généralement de petite taille et se trouvent éloignés de la classe à laquelle ils sont affectés ;
- ✓ Lissage : cette étape consiste à lisser les contours pixélisés afin de donner une forme de polygone pour toutes les classes obtenues après classification ;
- ✓ Géo-référencement : effectuée par méthode image à image. Ce en affectant des points géo-référenciés de l'image initiale aux mêmes points de l'image obtenue après classification.

5. Validation :

- ✓ Validation numérique : Nous avons affecté chaque région d'intérêt de validation à la classe qui lui correspond. Le logiciel nous indique le pourcentage de correspondance entre ces régions et les classes de végétations ;
- ✓ Validation par ajustements des classes dont un grand pourcentage des pixels de ROI de validation ne lui correspondait pas, à l'aide d'une photo-interprétation sur Google-earth-Pro et les connaissances du terrain.

6. Délimitation des unités pastorales :

- ✓ Vectorisation de l'image classifiée (Conversion en shapefile) ;
- ✓ Délimitation des unités pastorales étudiées.

II.3 Caractérisation des unités pastorales cartographiées

Les différentes unités pastorales identifiées ont été caractérisées à travers les principaux paramètres de structure et de fonctionnement, notamment :

- ✓ La composition floristique type moyennant les relevés phytoécologiques ;
- ✓ La densité des principales espèces ;
- ✓ Le recouvrement du sol ;
- ✓ La phytomasse.

II.3.1 Identification des espèces végétales

Pour identifier les espèces caractérisant les différentes communautés végétales, un herbier a été constitué durant la première phase d'exploration de la zone, et ce en vue de faciliter la reconnaissance de ces espèces lors de la réalisation des relevés. Les espèces végétales ont été identifiées au département des ressources naturelles et environnement grâce au livre « Flore pratique du Maroc » (FENNAN *et al*, 1999) et à l'aide de Monsieur AIT LAFKIH (Technicien botaniste, IAV-Hassan II).

II.3.2 Relevé phytoécologique

Au sein de chaque unité pastorale cartographiée, des relevés phytoécologiques ont été effectués le long d'un transect dont la longueur et l'orientation ont été raisonnées en fonction des principaux gradients du milieu.

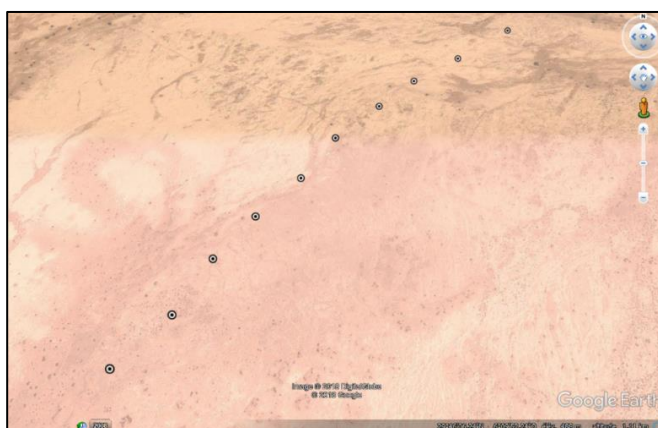


Figure 6 : Exemple de transect au sein d'une unité pastorale

L'indice d'abondance dominance de (BRAUN- BLANQUET, 1951) a été adopté pour caractériser le cortège floristique des différents sites. Cet indice est constitué de deux chiffres de la manière ci-après :

- Le premier indice concerne l'abondance
 - + : peu abondant ;
 - 1 : abondant ou assez abondant ;
 - 2 : très abondant ;
 - 3 : abondance quelconque mais recouvrement supérieur à 25%.
- Le deuxième indice relate le recouvrement
 - + : l'espèce se présente sous forme de traces et recouvrement très faible
 - 1 : recouvrement faible < 5% ;
 - 2 : recouvrement entre 5 et 25% ;
 - 3 : recouvrement entre 25 et 50% ;
 - 4 : recouvrement entre 50 à 75% ;
 - 5 : recouvrement > 75%.

II.3.3 Estimation de la densité

Pour la strate herbacée, 10 placettes ont été matérialisées, dont la superficie varie entre 2m² et 8m² selon la densité de la végétation. Pour la strate arbustive des placettes de 8 m² ont été utilisées pour calculer la densité de chaque espèce (figure 7).

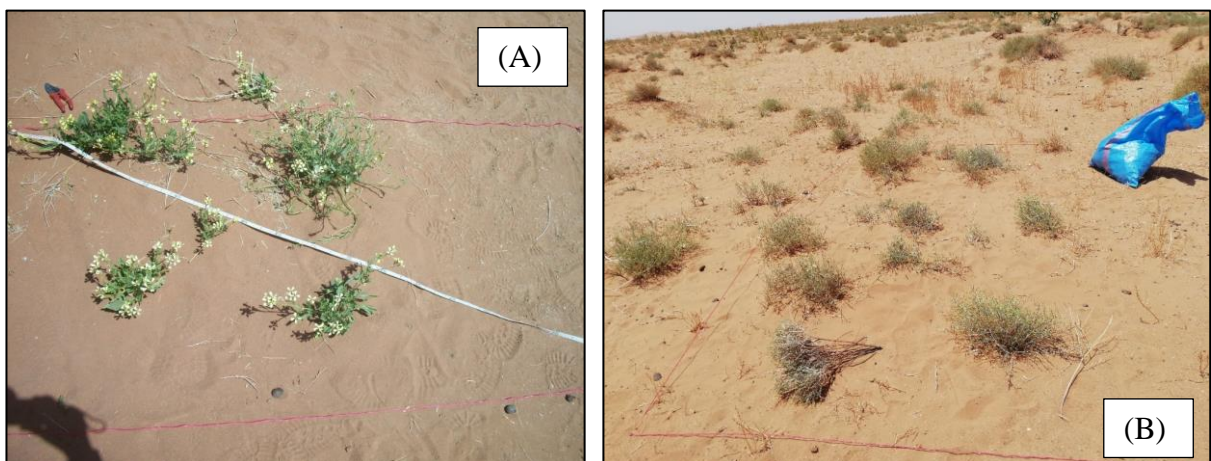


Figure 7 : (A) Placette d'échantillonnage de 2m² ; (B) Placette d'échantillonnage de 8 m² pour strate arbustive

Pour les espèces dont les individus étaient très éloignés dans l'espace et pour toute la strate arborée nous avons utilisé la méthode dite de l'individu le plus proche. $d=1/D^2$ où D est la distance entre un point choisi au hasard et l'individu le plus proche.



Figure 8 : Illustration de la méthode de l'individu le plus proche

II.3.4 Estimation du recouvrement

Le recouvrement a été calculé suivant la méthode point-quadra, en utilisant un ruban métrique une aiguille. La méthode consiste à dénombrer les interceptions de l'aiguille avec les différentes composantes de la surface du sol (cailloux, espèce végétale, roche affleurement, litière...), tout au long de la diagonale de chaque placette utilisée pour le calcul de la densité. La distance entre les points de lecture sur le ruban (les intersections) est de 10 cm (figure 9).



Figure 9 : Recouvrement par méthode de point-quadrat

II.3.5 Estimation de la phytomasse consommable

La phytomasse de la strate herbacée et de ligneux bas a été estimée par la méthode de coupe directe au ras du sol au niveau des placettes utilisées pour le calcul de la densité. Pour la phytomasse des espèces arbustives, la méthode du module-standard a été adoptée. Cette méthode consiste à dénombrer directement le nombre de modules sur chaque placette. Pour la phytomasse des espèces arborées ou arbustives présentant des branches développées (dont la densité a été calculée par méthode de l'individu le plus proche), la méthode de branche-unité a été adoptée avec cependant la détermination du nombre moyen de branches unités par individu puis l'estimation de la densité des individus.

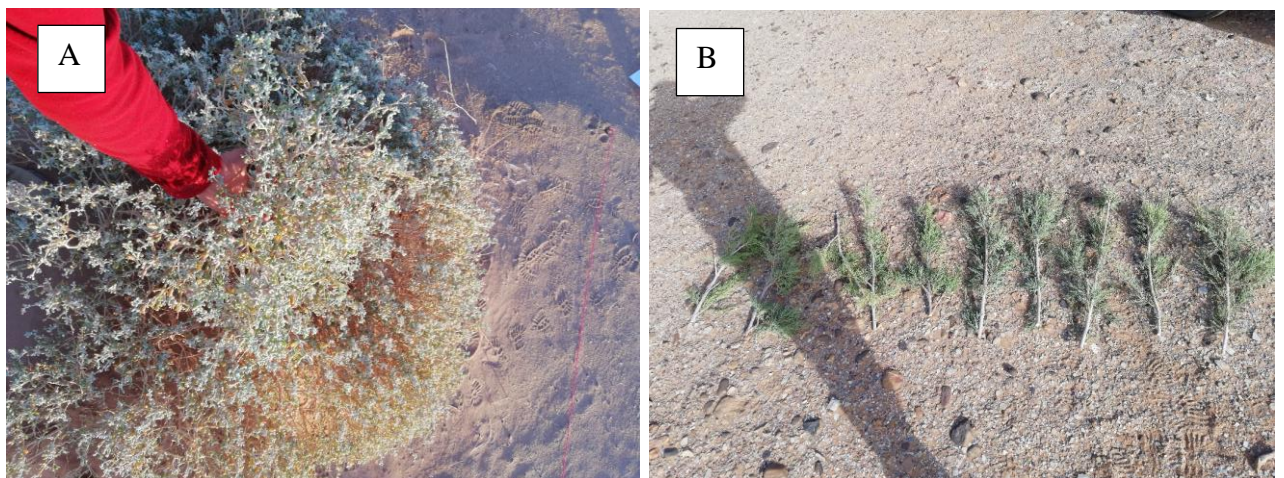


Figure 10 : Module de *Zygophyllum gaetulum* (A), Branche-unité de *Calligonum polygonoides* (B)

Pour les espèces qui présentent plusieurs classes de taille, la matière sèche totale a été calculée selon la formule suivante : $MST = PMM * (DGT * NMGT + DMT * NMMT + DPT * NMPT)$ où :

- PMM : Poids moyen du module
- DGT : Densité des individus de grande taille
- NMGT : Nombre moyen des modules par individu de grande taille
- DMT : Densité des individus de moyenne taille
- NMMT : Nombre moyen des modules par individu de moyenne taille
- DPT : Densité des individus de petites tailles
- NMPT : Nombre moyen des modules par individu de petite taille

La partie consommable (illustrée sur la figure 11) a été triée au niveau de tous les échantillons éventuellement soumis à une température de 60°C pendant 72h.

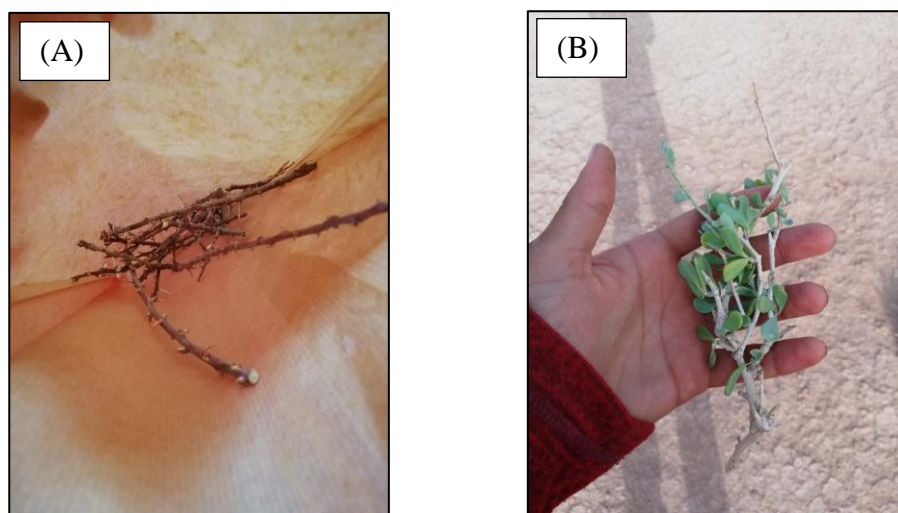


Figure 11 : (A) Partie consommable des tiges d'*Accacia raddiana* ;
(B) Partie consommable de *Nitaria retusa*

Pour les espèces dont la partie ligneuse est utilisée comme bois de feu, le poids sec du bois a été calculée aussi.

II.4 Analyse de la composition chimique et de la digestibilité

Nous avons effectué des analyses de la composition chimique au laboratoire d'analyse d'alimentation animale du CIRAD à Montpellier (UMR SELMET) afin de déterminer la teneur en éléments nutritifs et la digestibilité de chaque espèce. Cette étape est primordiale pour passer à la qualité nutritionnelle des différentes unités de végétation.

II.4.1 Détermination de la teneur en composantes chimiques

La partie consommable de chaque espèce (mélange de tiges et feuilles) a été broyée (poudre de diamètre < 1mm) pour faire les analyses chimiques.



Figure 13 : Plante de *Salsola vermiculata*
Tiges/Feuilles



Figure 12 : Échantillon de végétation après
broyage

Les méthodes décrites ci-dessous ont été utilisées sur une partie des échantillons puis, une calibration a été réalisée afin de poursuivre par méthode de spectrophotométrie pour le reste des échantillons. Les paramètres analysés de la composition chimique sont les suivants :

- **MM** : par calcul de taux de cendre qui a été obtenu par calcination à 550°C pendant au moins 6h.
- **MAT** : par méthode de Kjeldahl. Cette méthode consiste à une minéralisation de l'échantillon par acide sulfurique en présence d'un catalyseur. L'azote organique se transforme en azote ammoniacal qui est déplacé par la soude est reçu dans une solution titrée d'acide borique. La quantité d' NH_3 présente est mesurée par titration avec l'acide chlorhydrique (Gerhardt, 2015).
- **CB** : par méthode de Weende. Cette méthode se résume en deux hydrolyses acide et une autre alcaline séparées par une filtration et un rinçage à l'eau chaude. Le résidu sec constitue la cellulose brute qui comprend la cellulose vraie, l'hémicellulose et la lignine (HENNEBERG et STOHMANN, 1864, cité par LeGall, 2011).
- **NDF, ADF et ADL** : par la méthode de Van Soest. Cette technique consiste à soumettre l'échantillon successivement à l'action de détergents neutres puis acide et finalement à l'action de l'acide sulfurique concentré dans des conditions standards censés solubiliser des produits assimilés aux diverses composantes pariétales (Kragten, 2008).

La digestibilité de la matière sèche et celle de la matière organique ont été mesurées par la méthode enzymatique pepsine-cellulase.

II.4.2 Analyse statistique

En ce qui concerne l'analyse des données. D'abord, nous avons cherché à caractériser le profil de composition chimique de chaque espèce pour ensuite proposer une typologie de profil chimique en regroupant les espèces similaires en terme de la composition chimique entre elles. Pour cela, nous avons utilisé une procédure construite à l'aide d'une analyse en composante principale et d'une classification ascendante hiérarchique. Nous avons analysé les données avec le logiciel XLSTAT (version d'essai)

II.5 Détermination de la qualité nutritionnelle énergétique et protéique

II.5.1 Estimation de la valeur énergétique

En s'inspirant des travaux de BOUALLALA et CHEHMA en 2013, l'estimation de la valeur énergétique exprimée en UFL (unité fourragère laitière) et UFV (unité fourragère de viande) se base sur les travaux de JARRIGE (1988) et GUERIN et *al.* (1989). Elle est calculée à partir de l'énergie brute (EB), l'énergie digestible(ED), l'énergie métabolisable (EM), et l'énergie nette (EN) .Pour ce qui est de EB la formule suivante a été utilisée :

$$EB \text{ kcal/kg MO} = 4516 + 1.646 \text{ MAT} + \Delta (\text{MAT en g/kg MO}).$$

Où Δ désigne une constante qui diffère selon la teneur en MAT, MO et ADL de l'espèce étudiée.

Cette constante admet 5 valeurs différentes :

$$\Delta = 0 \text{ pour le groupe 1}$$

$$\Delta = +70 \text{ pour le groupe 2}$$

$$\Delta = +29 \text{ pour le groupe 3}$$

$$\Delta = -39 \text{ pour le groupe 4}$$

$$\Delta = -93 \text{ pour le groupe 5}$$

Les valeurs de Δ des différents groupes de fourrages verts (Tableau 6) ont été développés par GUERIN (1990) selon la teneur en MO, MAT et ADL. Ce tableau résume la moyenne, l'écart type et les valeurs extrêmes de chaque groupe par rapport aux composants chimiques qui y sont cités.

Tableau 5 : valeur de Δ des différents groupes de fourrages verts définis par Guerin (Guérin, 1990)

Groupes de fourrage	Composition par rapport à la matière sèche par Kg		
	Matière organique	Matière azotée totale	Lignine
1	891(22) 808-933	90 (34) 36-183	85 (21) 29-133
2	931 (28) 855-966	96 (52) 45-227	105 (31) 79-164
3	939 (22) 912-969	40 (14) 22-57	85 (16) 63-109
4	904 (34) 827-959	103 (26) 67-164	103 (19) 82-143
5	797 (17) 761-816	37 (5) 32-47	54 (8) 42-66

L'énergie digestible se calcule moyennant la formule qui suit :

$$ED = EB \times dE / 100 \quad (dE = \text{digestibilité de l'énergie brute EB avec dE en \%);$$

$$dE = 1.055 \text{ dMO} - 6.833 \text{ (dMO en \%)};$$

L'énergie métabolisable se calcule moyennant la formule qui suit :

$$EM / ED = 0.8682 - 0.099 \text{ CB/MO} - 0.196 \text{ MAT/MO} \text{ (CB, MO et MAT en \%)}$$

L'énergie nette de lait (ENL) et l'énergie nette viande (ENV) se calculent moyennant les formules suivantes :

$$ENL = k_l \times EM$$

$$ENV = k_{mf} \times EM$$

où les coefficients K_l , K_m , k_f et K_{mf} sont calculés moyennant les formules suivantes :

$$K_l = 0.4632 + 0.24 q$$

$$k_m = 0.287q + 0.554$$

$$K_f = 0.78q + 0.006$$

$$K_{mf} = (K_m \times K_f \times 1,5) / (K_f + K_m \times 0,5)$$

avec

$$q = EM / EB$$

Enfin, les valeurs UFL et UFV se calculent, comme suit :

$$UFL = EM \times K_l / 1700 = ENL / 1700 \text{ (1700 Kcal/KgMs = ENL d'1 Kg d'orge de référence)}$$

$$UFV = EM \times K_{mf} / 1820 = ENV / 1820 \text{ (1820 Kcal/KgMs = ENV d'1 kg d'orge de référence)}$$

II.5.2 Estimation de la valeur protéique

La valeur azotée des fourrages est exprimée, soit en matière azotée digestible (MAD), soit en protéines digestibles dans l'intestin grêle (PDI). Le système PDI est devenu préférable pour estimer la valeur azotée. Cette estimation est basée sur les travaux de JARRIGE (1988) et de GUERIN *et al.* (1989). Nous avons calculé

DT (dégradabilité théorique des protéines dans le rumen) et Dr (digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle) sont calculés à partir des équations inscrites dans le livre rouge de l'INRA pour fourrage vert, comme suit :

$$DT (\%) = 51,2 + 0,14 \cdot MAT - 0,00017 \cdot MAT^2 + 4,4 ; \text{ MAT en \% Ms}$$

$$Dr (\%) = 88,3 + 0,371 \cdot MAT - 0,0037 \cdot MAT^2 - 1,07 \cdot ADL - 0,313 \cdot \text{MOND} ; \\ \text{MAT, ADL et MOND en \% MS}$$

Ces coefficients sont utilisés pour calculer les valeurs de PDIA, PDIMN et PDIME moyennant les équations suivantes :

$$PDIA = 1.11 \cdot MAT \cdot (1 - DT) \cdot dr$$

$$PDIMN = 0.64 \cdot MAT \cdot (DT - 0.10)$$

$$PDIME = 0.093 \cdot \text{MOF} \quad \text{avec MOF} = \text{MO} \cdot \text{dMO} - \text{MAT} \cdot (1 - DT)$$

Enfin, Les PDIN et PDIE sont calculés moyennant les formules suivantes :

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre I : Caractérisation des unités pastorales identifiées

Il est à noter que tous ces résultats sont relatifs à une année exceptionnelle en terme de pluviométrie, les valeurs de phytomasse et de densité obtenues seront donc relativement élevées par rapport à ce qui est ordinaire.

Dans ce chapitre nous allons caractériser les unités pastorales identifiées à travers la présentation de la carte des unités pastorales élaborée et la superficie de chaque unité pastorale. Par la suite nous allons présenter les paramètres de structure (composition floristique, recouvrement, densité) et de fonctionnement (phytomasse) de chacune de ces unités. L'objectif de ce chapitre est de caractériser les potentialités pastorales en terme de superficie et disponible fourrager.

I.1 Carte des unités pastorales

La figure 14 ci-après (format A3) présente le résultat de la cartographie des principales Unités Pastorales (UP) identifiées.

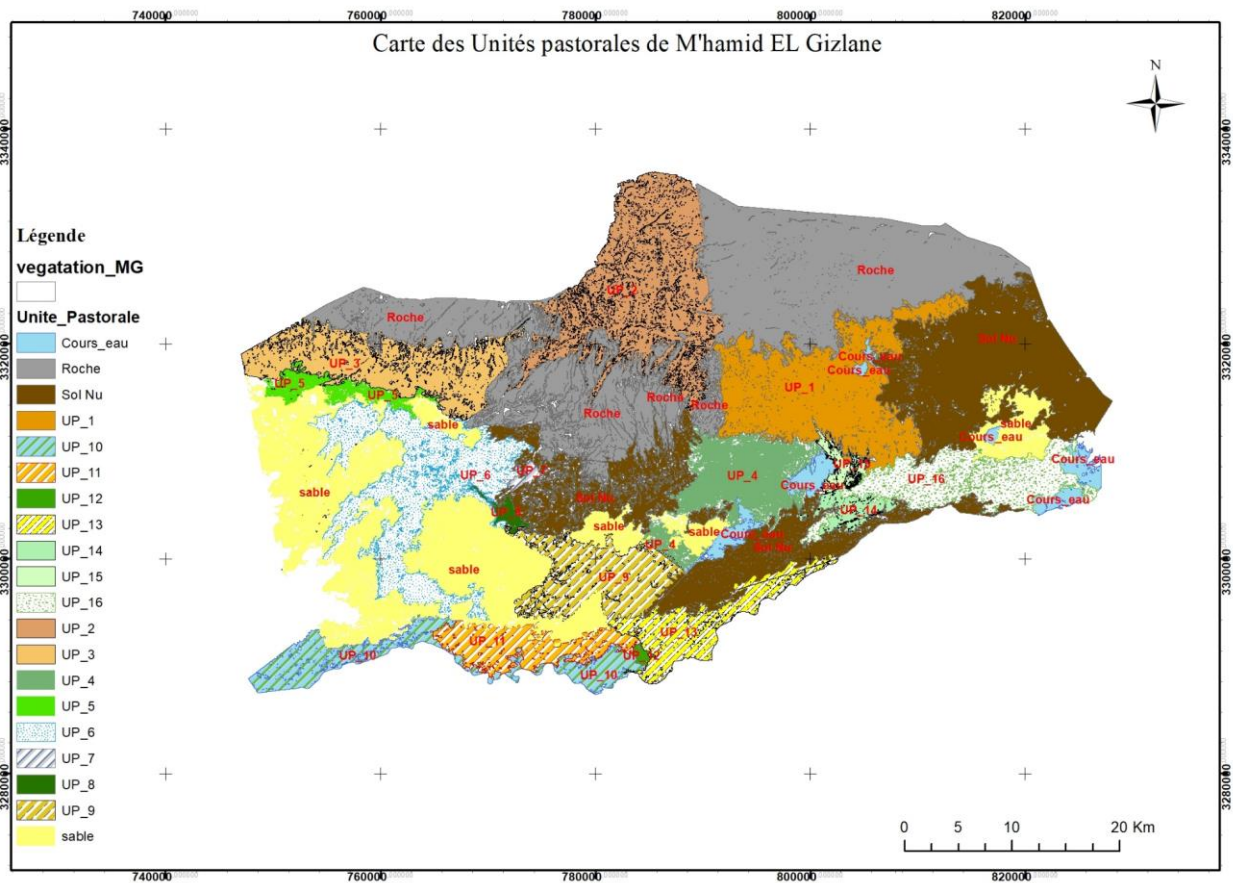


Figure 14 : Carte des 16 unités pastorales de M'Hamid El Ghizlane

La carte thématique présentée ci-dessus fait ressortir 16 Unités Pastorales. Une description sommaire de ces unités est illustrée au niveau du tableau 6.

Tableau 6 : Superficies des Unité pastorale Pastoraux étudiés

N° d'unité pastorale	Caractéristiques de l'unité	Superficie (ha)
Unité pastorale 1	Unité à <i>Acacia raddiana</i> rigoureux accompagné de strate basse peu dominante	17 143
Unité pastorale 2	Unité à <i>Acacia raddiana</i> de petite taille accompagnée de strate basse peu dominante	19 248
Unité pastorale 3	Unité à <i>Acacia raddiana</i> seule à faible densité	10 850
Unité pastorale 4	Unité à <i>Zygophyllum gaetulum</i> et <i>Salsola vermiculata</i> sur sol sableux-caillouteux peu profond	8 567
Unité pastorale 5	Unité à <i>Ormenis africana</i> et <i>Zygophyllum gaetulum</i> accompagnées des espèces annuelles sur sol sableux	2 310
Unité pastorale 6	Unité à <i>Callygonum polligonoïdes</i> sur dunes de sable	14 344
Unité pastorale 7	Unité à <i>Tamarix aphylla</i> sur substrat calcaire	462
Unité pastorale 8	Unité à <i>Ormenis africana</i> accompagnée des espèces annuelles sur sol sableux	616
Unité pastorale 9	Unité à <i>Salsola vermiculata</i> accompagnée de <i>Nitraria retusa</i> sur substrat calcaire	7 943
Unité pastorale10	Unité à <i>Tamarix aphylla</i> et <i>Tamarix africana</i> sur substrat calcaire	6 559
Unité pastorale11	Unité à <i>Salsola tetragona</i> sur substrat calcaire	5 019
Unité pastorale12	Unité à <i>Salsola vermiculata</i> et <i>Zygophyllum gaetulum</i> sur sol sableux très profond	218
Unité pastorale13	Unité à <i>Callygonum polligonoïdes</i> avec <i>Tamarix aphylla</i> sur substrat calcaire	5 919
Unité pastorale14	Unité à <i>Hammada scoparia</i> accompagnée de strate herbacée sur sol sableux	1 876
Unité pastorale15	Unité à <i>Zygophyllum gaetulum</i> et <i>Euphorbia calyptrata</i> accompagnées des espèces annuelles sur sol sableux	1 265
Unité pastorale16	Unité à <i>Tamarix africana</i> sur dunes de sable	8 667
Cours d'eau	Cours d'eau marqués par la présence de <i>Andropogon distachyus</i> et <i>Pergularia tementosa</i>	3 982

L'analyse des résultats présentés dans ce tableau montre que la plus grande superficie est occupée par les unités de la zone montagneuse suivi des lits d'oued et celle des dunes de sable, puis les plateaux sableux avec **41%**, **23%**, **20%**, **13%** respectivement² (figure 15). Enfin la superficie des cours d'eau restent très réduite relativement aux autres types de milieux.

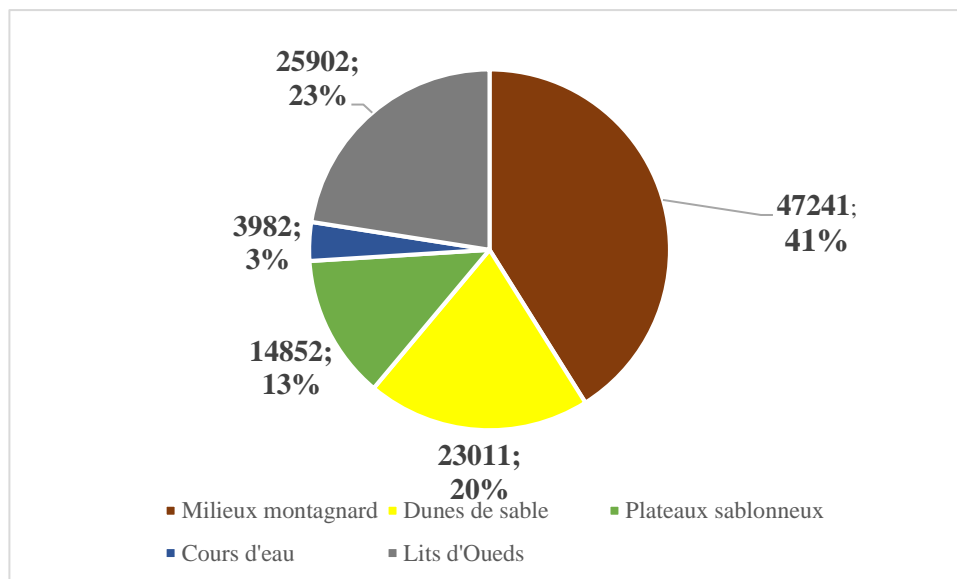


Figure 15 : Répartition spatiale des différentes unités structurales

I.2 Caractérisation des unités pastorales identifiées

L'inventaire des espèces pastorales caractérisant le paysage de la zone d'étude a permis d'identifier les principales espèces qui marquent le paysage des différentes unités pastorales. Parmi ces espèces les plus dominantes sont illustrées par des photos dans présentées en annexe La figure 16, montre que les espèces pérennes représentent la grande partie des espèces qui dominent les différentes unités pastorales identifiées dans le cadre de cette étude.

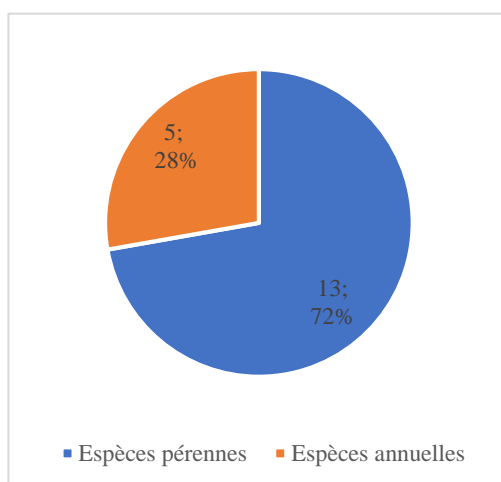


Figure 16 : Proportion des espèces annuelles et pérennes dans les espèces végétales dominantes

² Ces pourcentages n'incluent pas les terrains nus, juste les superficies des unités pastorales

Dans ce qui suit les résultats des mesures effectuées sur le terrain pour caractériser les différentes unités pastorales en termes de paramètres de structure (composition floristique, recouvrement, densité) et de fonctionnement (phytomasse) seront présentés par zone structurale et par unité pastorale

I.2.1 Milieu montagnard

Cette grande unité structurale se caractérise par la présence d'*Accacia raddiana* qui marque le paysage de cette zone avec cependant trois principales variantes correspondant à différentes situations qui se distinguent les unes des autres par la densité et la vigueur du peuplement d'*Acacia* et par la richesse et diversité du cortège floristique associé. Ainsi, la grande zone de montagne comprend les trois unités pastorales suivantes :

- Unité pastorale 1 : à *Acacia* avec un peuplement relativement dense et vigoureux et un cortège floristique peu fourni ;
- Unité pastorale 2 : à *Acacia* de petite taille très dense, et un cortège floristique une strate herbacée et de ligneux bas assez bien développée;
- Unité pastorale 3 : à *Acacia* de faible densité et peu productive avec une strate herbacée quasi nulle.

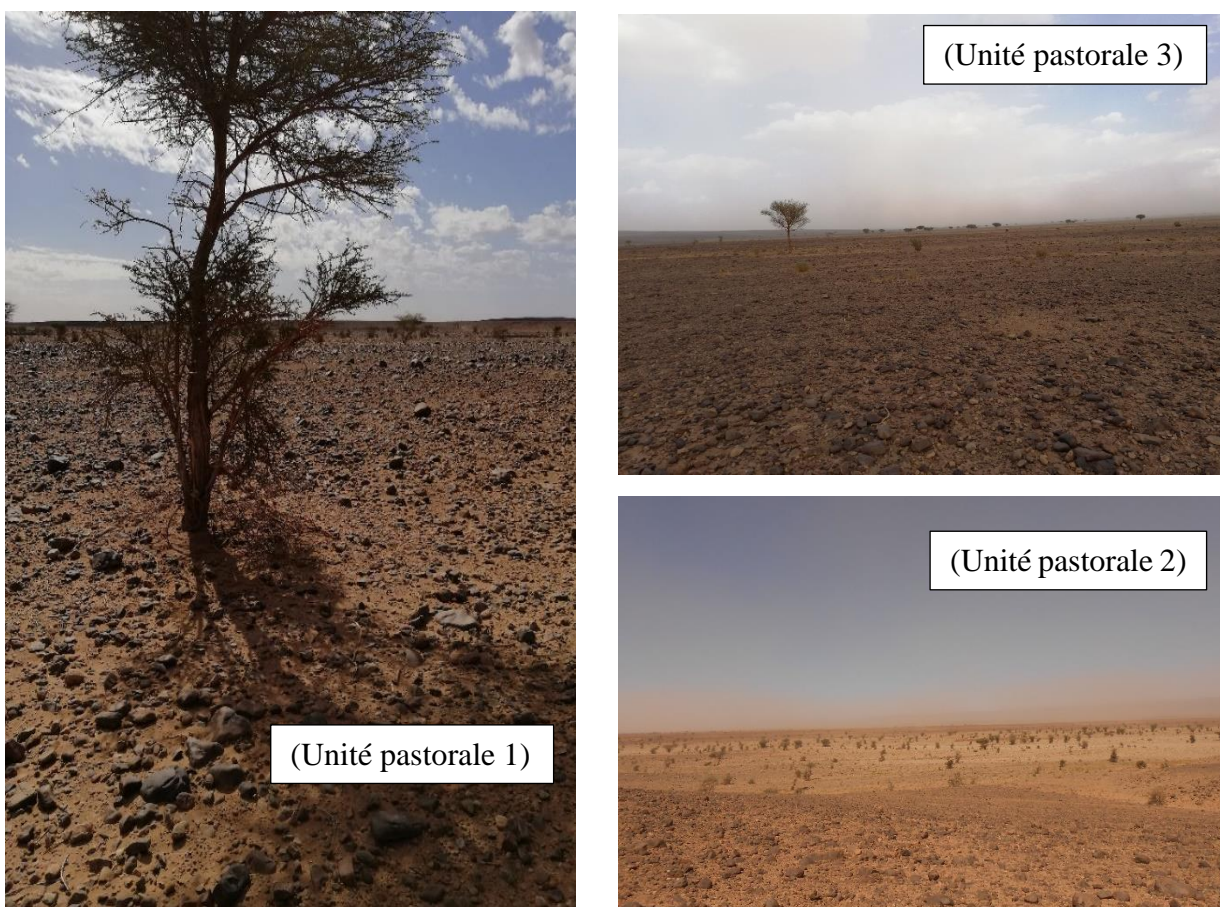


Figure 17 : Unités pastorales du milieu montagnard

Les unités pastorales de la zone de montagne s'étendent sur une superficie de **47240 ha** couvrant 41% de la superficie totale des unités pastorales de la zone d'étude. La figure 18 montre la répartition spatiale des unités de ce milieu.

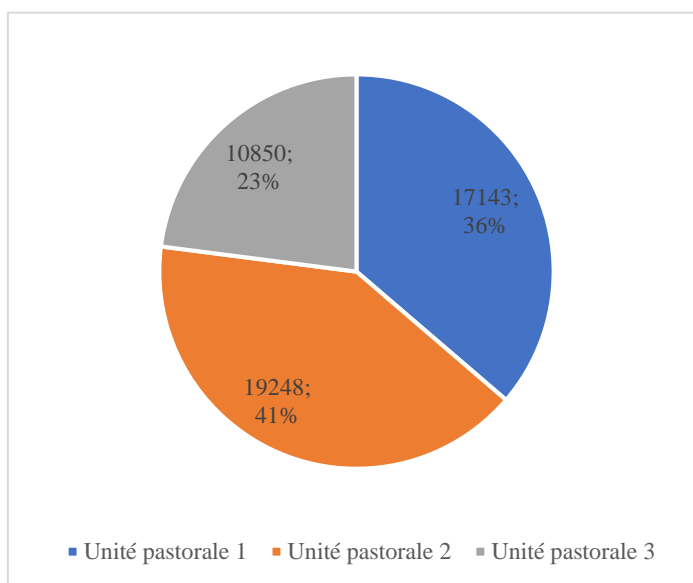


Figure 18 : Répartition spatiale des unités pastorales de la zone de montagne

La part de la végétation dans le recouvrement du sol est très faible la strate basse ne couvre que (3%) et (5%) dans l'unité pastorale 1 et l'unité pastorale 2 respectivement. Pour l'unité pastorale le recouvrement du sol par la végétation est pratiquement nul.

Nous remarquons une différence de densité des classes de taille d'*Acacia raddiana*. L'unité 1 enregistre une densité élevée en grande taille. L'unité pastorale 2 enregistre des densités élevées en moyenne et petite taille. Par contre l'unité pastorale 3 enregistre la densité la plus faible. Le tableau suivant (tableau 7) montre la différence de densité des classes de tailles de l'*acacia raddiana* entre les différentes unités.

Tableau 7 : Densités des différentes classes de tailles d'*Acaccia raddiana* au sein des unités pastorales de la zone de montagne

Unités pastorales	Classes de taille d' <i>Acacia raddiana</i>		
	<i>Acaccia</i> grande taille	<i>Acaccia</i> moyenne taille	<i>Acaccia</i> petite taille
Unité pastorale 1	82	29	39
Unité pastorale 2	18,5	35	407
Unité pastorale 3	22	6	44

La production de matière sèche dans les unités 1 et 2 et 3 est de **490 kgMs/ha**, **334 kgMs/ ha** et **72 kgMs/ha** respectivement.

I.2.1.1 Unité pastorale 1

Cette unité pastorale est localisée à l'est de la zone de montagne à une altitude variant entre 575 et 595 m. Elle est caractérisée par un sol rocailleux marqué par des affleurements de roche mère peu fréquents, une pente faible puisqu'elle se trouve au pied de la montagne et une exposition Sud. C'est une unité à *Acacia raddiana* accompagnée par des ligneux bas pérennes et quelques espèces annuelles peu abondantes. Le cortège floristique accompagnant *Acacia* est constitué principalement de : *Andropogon distachyus*, *Hammada scoparia* et *Farsetia hamiltonii* *Asphodelus fistulosus*, *Cleome arabica*, et *Medicago minima*.

Le tableau 8 ci-dessous illustre un relevé phytoécologique type caractérisant cette unité pastorale.

Tableau 8 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 1

Espèce	Indice d'abondance-dominance
<i>Acacia raddiana</i>	2.2
<i>Cleome arabica</i>	1.1
<i>Asphodelus fistulosus</i>	1.1
<i>Hammada scoparia</i>	1.+
<i>Andropogon distachyus</i>	1.+
<i>Medicago minima</i>	1.+
<i>Farsetia hamiltonii</i>	+.+
<i>Fagonia.sp</i>	+.+
<i>Astragalus.sp</i>	+.+
<i>Biserula.sp</i>	+.+

Le paysage de l'unité pastorale 1 est marqué presque exclusivement par la présence d'*Acacia raddiana* les plantes accompagnatrices ne couvrent que 3% de la surface du sol. La figure 19 ci-dessous illustre le recouvrement du sol par les différents constituants de la surface du sol.

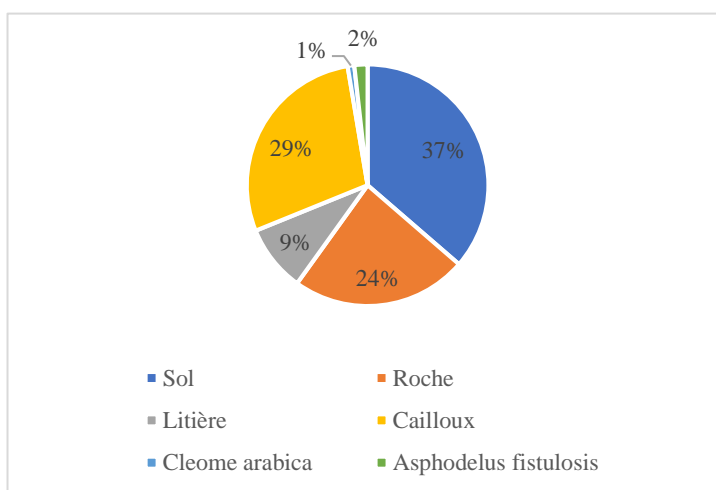


Figure 19 : Recouvrement du sol de l'unité pastorale 1

L'espèce dominante de l'unité pastorale 1 -*Acacia raddiana*- se présente avec une densité de 150 pieds à l'hectar. La classe de taille la plus répandue est celle de grande taille (55%). Pour ce qui est des espèces accompagnatrices, *Asphodelus fistulosus* se présente relativement par une forte densité alors qu'*Andropogon distachyus* et *Cleome arabica*, se trouvent avec densité moyenne, par contre pour *Medicago minima*, *Hammada scoparia* et *Farsetia hamiltonii* la densité reste faible (figure 20).

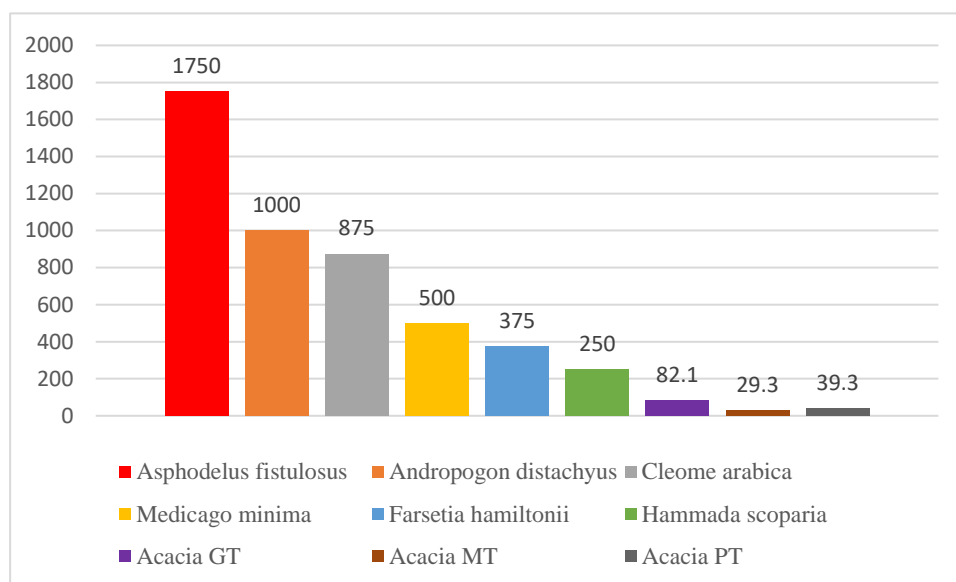


Figure 20 : Densité par ha des différentes espèces de l'unité pastorale 1

La production enregistrée au niveau de cette unité pastorale est de **490 kg Ms/ha**. Cette phytomasse est dominée en grande partie par *Acacia raddiana* (**445,3 kg Ms/ha**), les espèces accompagnatrices ont une très faible contribution. Les contributions de *Cleome arabica* et *Medicago minima* sont pratiquement négligeables (figure 21).

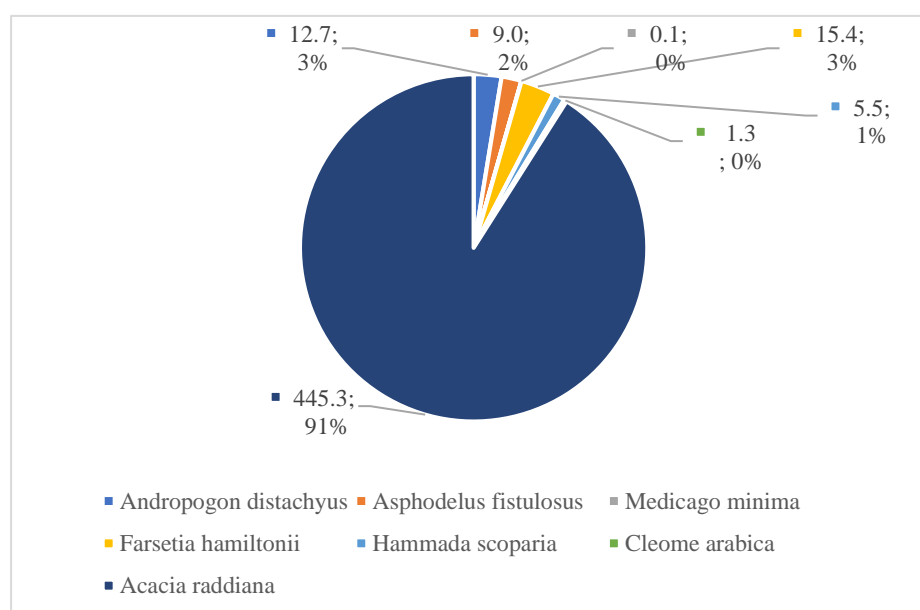


Figure 21 : Contribution des espèces en productivité de matière sèche en Kg/ha de l'unité pastorale 1

I.2.1.2 Unité pastorale 2

Cette unité pastorale est au centre de la zone de montagne à une altitude allant jusqu'à 630m. Elle est caractérisée par un sol rocailleux dans la plupart des cas mais aussi un sol sableux-rocailleux dans des chenaux qui traversent l'unité. C'est une unité à *Acacia raddiana*, où la densité de la petite taille dépasse largement celle de la grande et moyenne taille. Le cortège floristique accompagnant est composée d'*Andropogon distachyus* *Hammada scoparia*, *Farsetia hamiltonii* et *Anvillea radiata*. *Reseda phyteuma*, *Cleome arabica*, *Asphodelus fistulosus*, *Medicago minima* et *Fagonia.sp* Le tableau 9 ci-après illustre un relevé phytoécologique type caractérisant cette unité pastorale.

Tableau 9 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 2

Espèce	Indice d'abondance-dominance
<i>Acacia raddiana</i>	2.2
<i>Cleome arabica</i>	1.1
<i>Asphodelus fistulosus</i>	1.1
<i>Hammada scoparia</i>	1.+
<i>Andropogon distachyus</i>	1.+
<i>Medicago minima</i>	1.+
<i>Reseda phyteuma</i>	1.+
<i>Fagonia.sp</i>	+.+
<i>Farsetia hamiltonii</i>	+.+
<i>Anvillea radiata</i>	+.+

Comme l'unité pastorale 1, le paysage de cette unité n'est presque marqué que par la présence d'*Acacia raddiana*, les plantes accompagnatrices couvrent 5% de la surface du sol. La figure 22 ci-dessous illustre le recouvrement du sol par les différents constituants de la surface du sol.

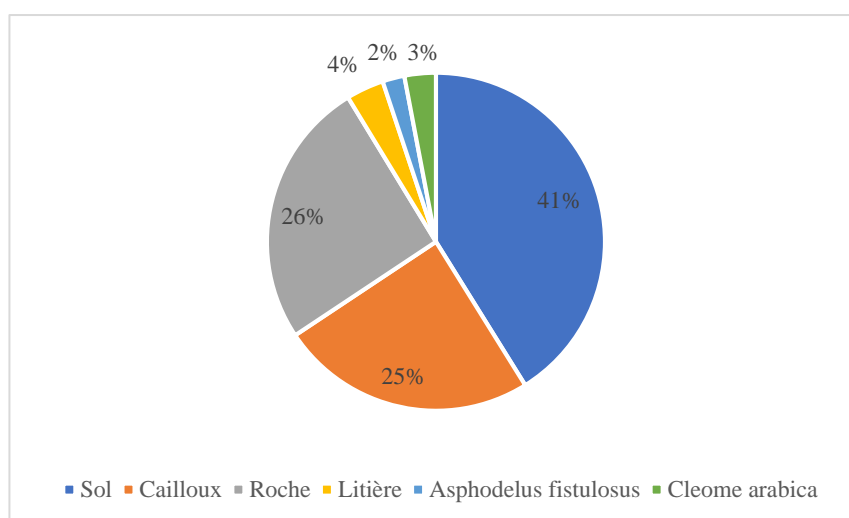


Figure 22 : Recouvrement de la strate basse de l'unité 2

L'espèce dominante de cette unité -*Acacia raddiana*- se présente avec une densité de 460 pieds/ha. La classe de taille la plus dense est la classe de petite taille. En ce qui concerne les espèces accompagnatrices. *Cleome arabica* se présente avec une densité relativement forte, tant que *Asphodelus fistulosus* se présente par une densité moyenne, pourtant les densités de chacune de *Hammada scoparia* et *Farsetia hamiltonii* sont faibles (figure 23).

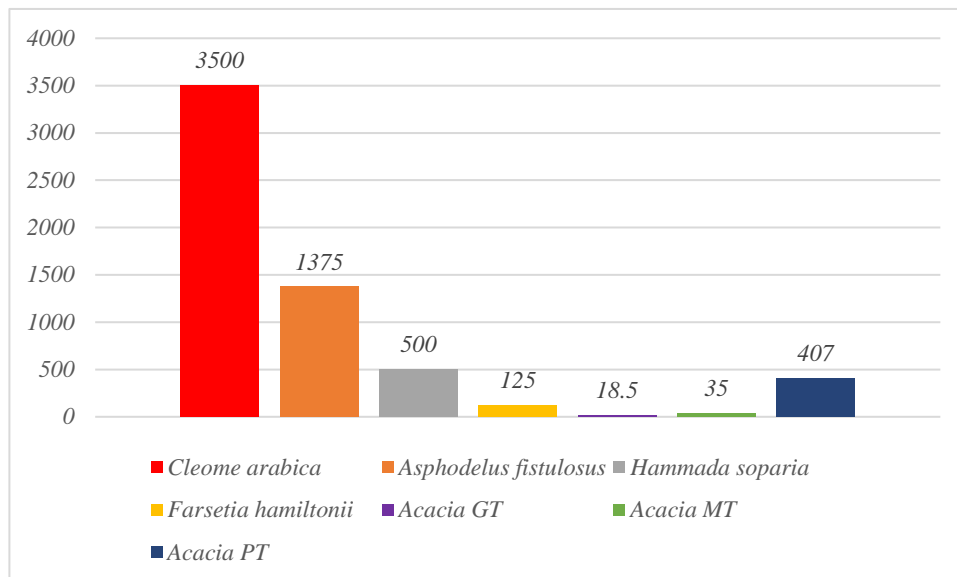


Figure 23 : Densité par ha des différentes espèces de l'unité pastorale 2

La production enregistrée au niveau de cette unité pastorale est de **334kgMs/ha**. *Acacia raddiana* contribue par une grande partie dans cette production (**89%**). Les espèces accompagnatrices ont une très faible contribution. Les contributions de *cleome Arabica* et *Hammada scoparia* restent considérables devant celles de *Asphodelus fistulosus* et *Farsetia hamiltonii* qui sont pratiquement négligeables (figure 24).

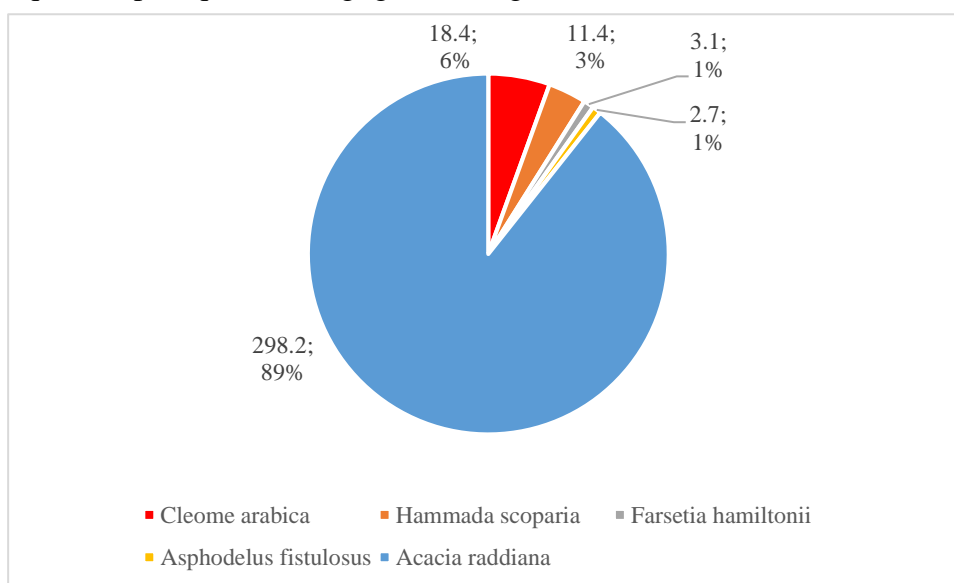


Figure 24 : Contribution des espèces en productivité de matière sèche en kg/ha de l'unité pastorale 2

I.2.1.3 Unité pastorale 3

Cette unité pastorale est localisée à l'Ouest de la zone montagnarde. Elle se trouve au pied de la montagne à une altitude variant entre 560 et 570 mètres. Elle est caractérisée par un sol couvert par des cailloux et des affleurements de roche mère assez fréquents ; une pente très faible et une exposition sud.

C'est une unité à *Acacia raddiana*, où la strate arbustive est presque inexistante composée par quelques individus de *Hammada scoparia* et *Andropogon distachyus*. La strate herbacée est absente

Le tableau 10 ci-dessous présente les indices d'abondance –dominance affectés aux espèces de cette unité.

Tableau 10 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 3

Espèce	Abondance-dominance
<i>Acacia raddiana</i>	1.2
<i>Andropogon distachyus</i>	+.+
<i>Hammada scoparia</i>	+.+

La densité au niveau de cette unité pastorale est faible par rapport aux autres unités pastorales du même milieu. La classe de taille la plus dense relativement aux autres est la classe de petite taille suivie de la classe de grande taille puis la classe de moyenne taille qui est presque inexistante.

La productivité de matière sèche consommable est de **72 kg Ms/ha** revient en totalité à la productivité d'*Acacia raddiana*.

I.2.2 Dunes de sable

Cette unité structurale est répartie entre l'extrémité ouest (unité pastorale 6) et l'extrémité d'est (unité pastorale 16) de la zone d'étude. Chacune de ces unités pastorales est peuplée par une seule espèce :

- ✓ Unité pastorale 6 : Unité à *Calligonum polygonoides* moyennement dense
- ✓ Unité pastorale 16 : Unité à *Tamarix africana* à faible densité

Les photos ci-dessous illustrent ces deux unités (figure 25).

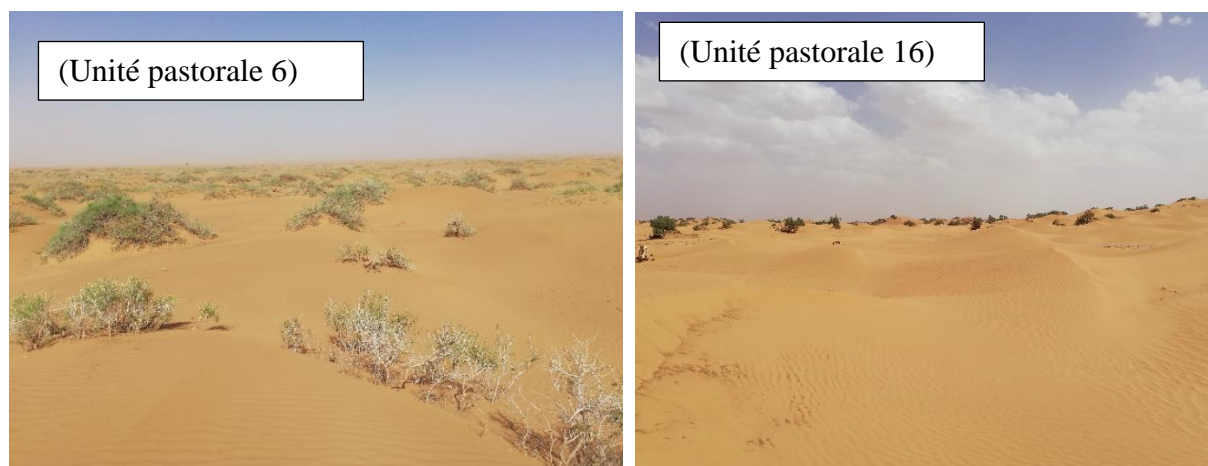


Figure 25 : Unités pastorales des dunes de sable

L'indice d'abondance-dominance affecté à l'unité pastorale 6 est **3,2**, alors que pour l'unité pastorale 16 cet indice est de **1,2**

Les unités pastorales des dunes de sables s'étendent sur une superficie totale de **23 011 ha**, couvrant **20%** de la superficie totale des unités pastorales de la zone d'étude. Nous remarquons une différence entre les superficies des deux unités pastorales de ce milieu.

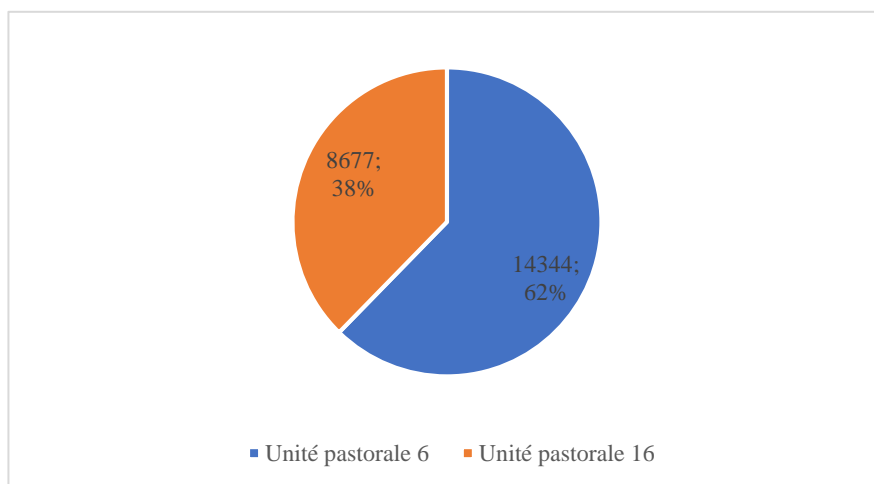


Figure 26 : Superficies relatives des unités pastorales sur dunes de sable

L'unité pastorale 6 est peuplée par *Calligonum polygonoides* avec une densité de **188,5 individu/ha**. L'unité pastorale 16 est peuplée par *Tamarix africana* avec une densité de **42,5 individu/ha**.

Nous remarquons que la production au niveau de l'unité pastorale 16 est élevée par rapport à celle de l'unité 6 malgré la densité de végétation élevée dans cette dernière. Par contre la production en bois de feu au niveau de l'unité pastorale 6 dépasse celle au niveau de l'unité pastorale 16.

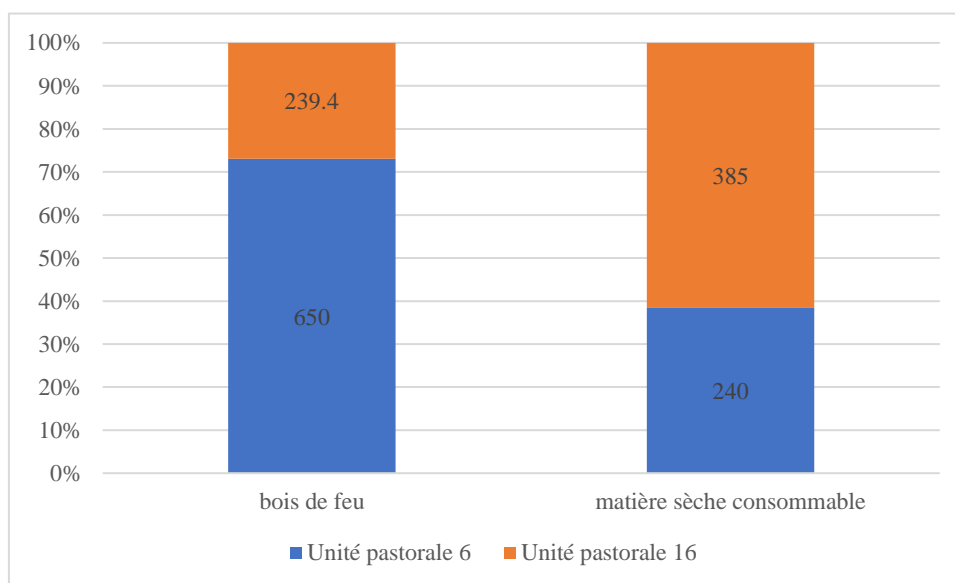


Figure 27 : Production en matière sèche en kg/ha des unités pastorales sur dunes de sable

I.2.3 Plateaux sableux

Les unités pastorales de ce milieu sont dispersées dans la partie centrale (entre la montagne et oued Drâa) au niveau de la commune de M'Hamid El Ghizlane. Certaines unités se trouvent au pied de la montagne, dont le substrat est sableux peu profond et submergé par des cailloux (unités 4, 5, 14 et 15) d'autres sont éloignées (unités 8, 12) dont le substrat est sableux assez profond. Quelques similarités entre des unités pastorales de ce milieu ont été remarquées surtout au niveau des espèces annuelles qui sont présentes dans 4 unités parmi 6. Ces unités pastorales se présentent comme suit :

- ✓ Unité pastorale 4 : à *Zygophyllum gaetulum* et *Salsola vermiculata* avec une strate herbacée quasi nulle.
- ✓ Unité pastorale 5 : à *Ormenis africana* et *Zygophyllum gaetulum* avec une strate herbacée très bien développée marquée par la dominance de *Eruca vesicaria*
- ✓ Unité pastorale 8 : à *Ormenis africana* accompagnée des espèces annuelles dont les densités sont élevées
- ✓ Unité pastorale 12 : à *Salsola vermiculata* et *Zygophyllum gaetulum* avec une strate herbacée quasi nulle
- ✓ Unité pastorale 14 : à *Hammada scoparia* accompagnée d'une strate herbacée assez développée

- ✓ Unité pastorale 15 : à *Zygophyllum gaetulum* et *Euphorbia calyprata* avec une strate herbacée peu abondante.

Ces unités pastorales sont présentées dans les photos ci-dessous.

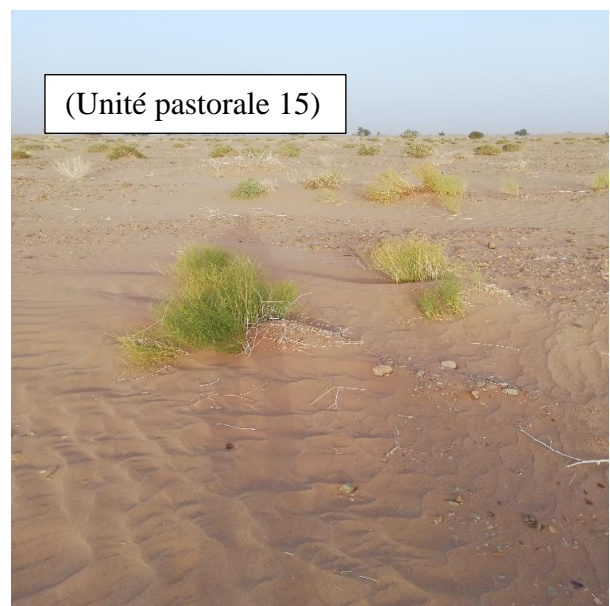
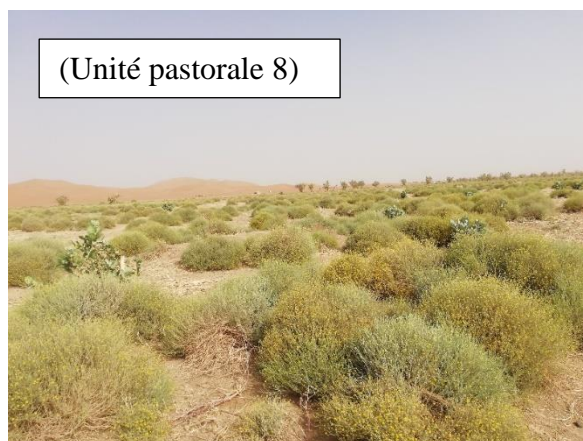
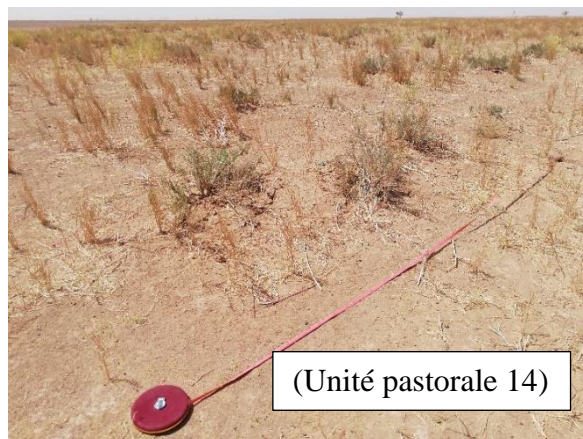


Figure 28 : Unités pastorales des plateaux sableux

Les unités pastorales de ce milieu s'étendent sur une superficie de **14850 ha** couvrant **13%** de la superficie totale des unités pastorales de la zone. La figure 29 montre la différence de superficie entre les unités de ce milieu.

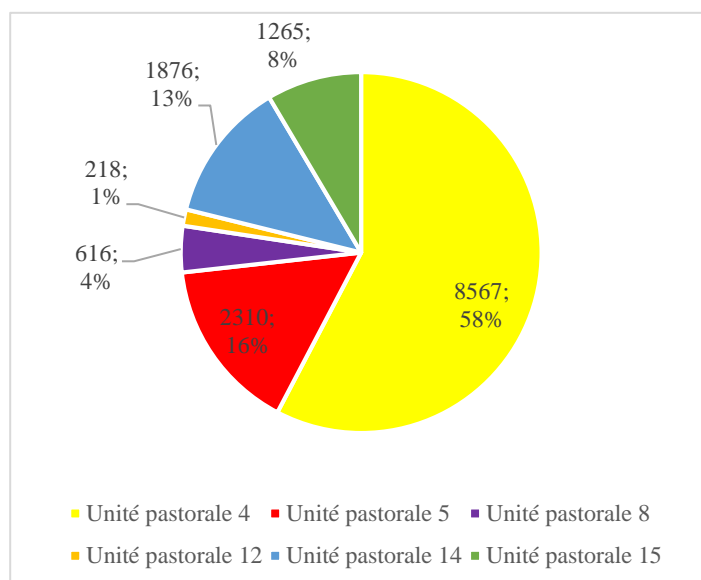


Figure 29 : Superficies relatives des unités pastorales sur plateaux sableux en ha

Dans ces unités pastorales la végétation couvrent une bonne partie du sol, ceci revient à la strate herbacée qui est assez développée dans ce milieu par rapport aux autres unités structurales. Le recouvrement du sol par la végétation dans les unités 5, 8, 14 et 15 est de (**60%**), (**51%**), (**67%**) et (**53%**) respectivement.

Les espèces annuelles ne sont pas présentes sur toutes les unités de ce milieu, pour ce nous allons illustrer les différences de densités entre espèces annuelles et les espèces pérennes séparément dans les tableaux ci-dessous. La densité élevée de chaque espèce est marquée en gras.

Tableau 11 : Densités des espèces annuelles dans les unités pastorales sur plateaux sableux

Unités pastorales	Espèces végétales annuelles				
	<i>Eruca vesicaria</i>	<i>Asphodelus fistulosus</i>	<i>Cleome arabica</i>	<i>Medicago minima</i>	<i>Malcolmia ramosissima</i>
Up 5	19500	22500	trace	trace	0
Up 8	27500	14500	trace	625	0
Up 14	14500	61500	7500	105500	0
Up 15	9500	4000	19500	0	2500

Tableau 12 : Densités des espèces pérennes dans les unités pastorales sur plateaux sableux

Unités pastorales	Espèces végétales pérennes				
	<i>Ormenis africana</i>	<i>Zygophyllum gaetulum</i>	<i>Salsola vermiculata</i>	<i>Euphorbia calytrata</i>	<i>Hammada scoparia</i>
Up 4	0	7416	5500	0	0
Up 5	8175	8062	0	trace	0
Up 8	14100	0	0	0	0
Up 12	0	4650	8850	0	0
Up 14	0	0	0	trace	10125
Up 15	0	7200	0	5610	0

Les productions de matière sèche les plus élevées sont enregistrés au niveau des unités pastorales de ce milieu, sauf qu'une large différence de production est remarquée entre ces unités, en effet les unités 14 et 15 ont des productions relativement faibles alors que les unités à *Salsola vermiculata* et *Zygophyllum gaetulum* ont des productions relativement moyennes. Par contre les deux unités 5 et 8 à *Ormenis africana* ont atteint des productions élevées (\pm **3700 kgMs/ ha**), proches de la moyenne de production des parcours des sols sableux en Algérie qui est de **3500 kgMs/ha** au printemps. La figure 30 illustre les productions au niveaux des différentes unités.

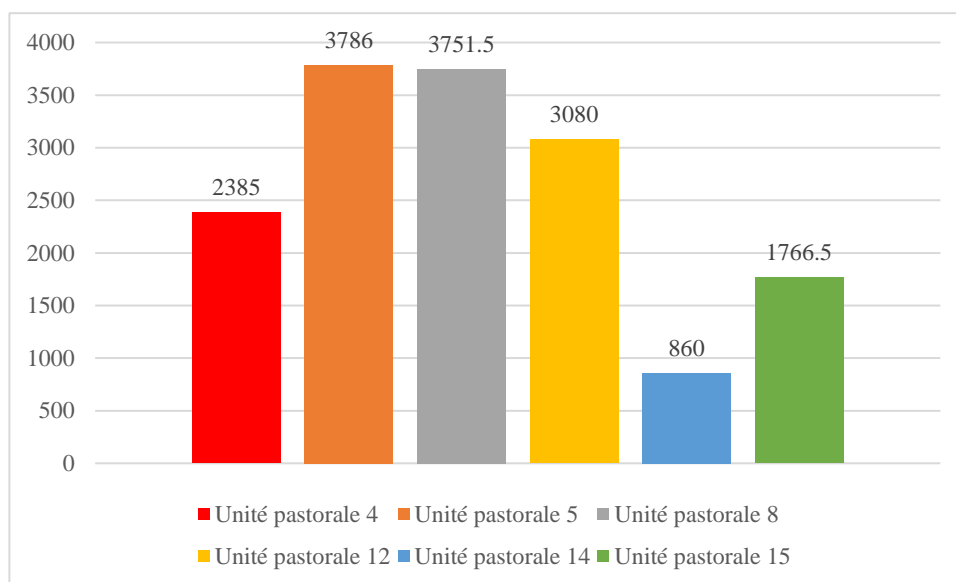


Figure 30 : Production de phytomasse des différentes unités pastorales sur plateaux sableux en kgMs/ha

I.2.3.1 Unité pastorale 4

Cette unité pastorale est localisée au nord de la zone centrale à une altitude de 510 mètre. Elle est caractérisée par un sol sableux peu profond. Un terrain plat pas trop éloigné du pied de la zone de montagne. La composition floristique de cette unité se présente sous forme de codominance entre *Zygophyllum gaetulum* et *Salsola vermiculata*.

Les indices d'abondance-dominance affectés à chacune des espèces sont les suivants : *Zygophyllum gaetulum* 3.2; *Salsola vermiculata* 2.2 .

La densité de *Salsola vermiculata* est **5500 individu/ha**, Celle de *Zygophyllum gaetulum* est **7416 individu/ha**.

En ce qui concerne la production de phytomasse, la contribution de *Salsola vermiculata* (**55%**) est légèrement plus importante que celle de *Zygophyllum gaetulum* (**45%**), La production totale de cette unité pastorale est de **2385 kgMs/ha**.

I.2.3.2 Unité pastorale 5

Cette unité pastorale est situé à l'extrémité Ouest de la zone d'étude sur la frontière avec Fom zguith à une altitude de 520m. Elle est caractérisée par un sol sableux peu profond, le terrain est plat, la pente est presque inexistante.

Le couvert végétal est composé des espèces pérennes, à savoir : *Ormenis africana*, *Zygophyllum gaetulum* et *euphorbia calyptrata* et des espèces annuelles à savoir : *Asphodelus fistulosus*, *Eruca vesicaria*, *Cleome arabica* et *Medicago minima*.

Les d'abondance-dominance affectés aux espèces végétales sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 5

Espèce	Indice d'abondance-dominance
<i>Eruca vesicaria</i>	3.3
<i>Asphodelus fistulosus</i>	3.2
<i>Ormenis africana</i>	3.2
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	1.2
<i>Cleome arabica</i>	+.+
<i>Medicago minima</i>	+.+
<i>Euphorbia calyptrata</i>	+.+

La strate basse couvre une grande partie du sol. Cette couverture est dominée par *Eruca vesicaria* (37%), cependant *Ormenis africana* *Zygophyllum gaetulum* et *Asphodelus fistulosus* les couvertures partielles sont inférieures ou égales à 10% (figure 31).

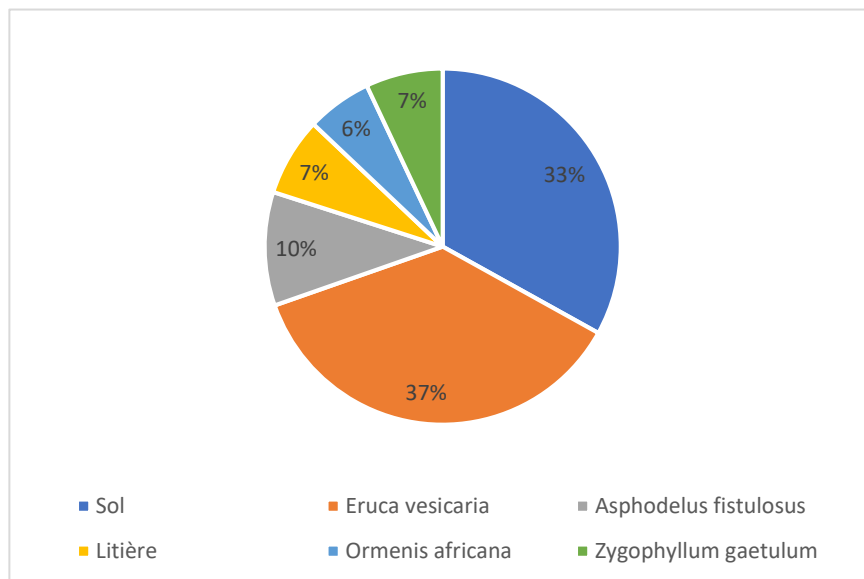


Figure 31 : Recouvrement du sol au niveau de l'unité pastorale 5

Les densités d'*Asphodelus fistulosus* *Eruca visicaria* *Ormenis africana* et *Zygophyllum gaetulum* sont respectivement **22500**, **19500**, **8175** et **8062,5** individu à l'hectare.

Malgré leurs faibles densités relatives, les espèces pérennes contribuent le plus dans la production de phytomasse de l'unité pastorale (**86%**) quant aux plantes annuelles la contribution ne dépasse pas (**14%**) ; la production totale est de **3786 kgMs/ha.** (Figure 32)

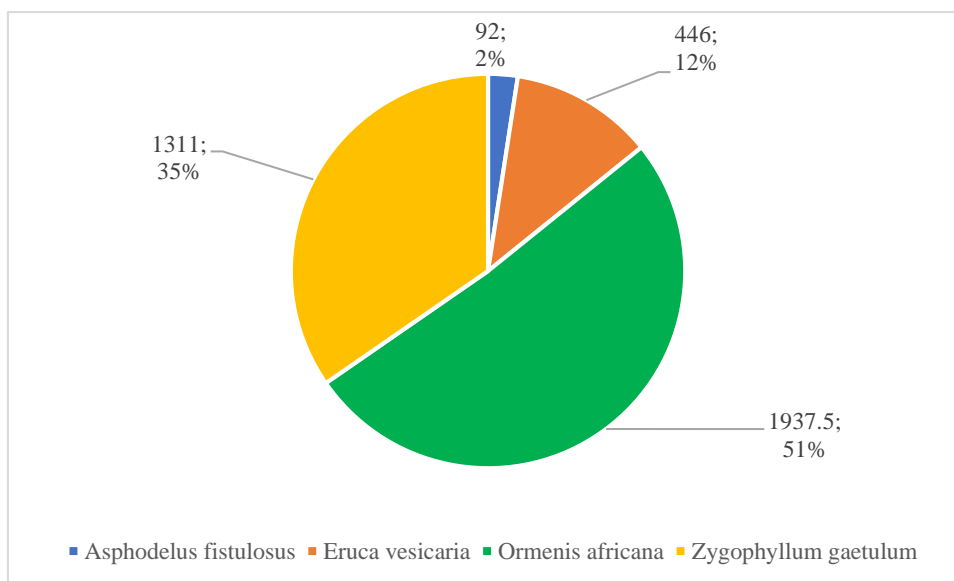


Figure 32 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en kg/ha de l'unité pastorale 5

I.2.3.3 Unité pastorale 8

Cette unité pastorale se situe sur un plateau entouré des dunes de sables. Elle est caractérisée par un sol Sableux assez profond. L'espèce dominante au niveau de cette unité est *Ormenis africana*. Le cortège floristique est composé d'*Eruca vesicaria*, *Asphodelus fistulosus*, *Cleome arabica* et *Medicago minima*.

L'indice d'abondance–dominance de chaque espèce est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Indices d'abondance-dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 8

Espèce	Indice d'abondance-dominance
<i>Eruca vesicaria</i>	3.3
<i>Asphodelus fistulosus</i>	2.2
<i>Ormenis africana</i>	3.2
<i>cleome arabica</i>	+.+
<i>Medicago minima</i>	2.1

La grande partie du sol (**60%**) est couverte par la végétation. *Eruca vesicaria* apporte la plus grande contribution (**29%**) dans ce recouvrement. La figure 33 illustre la contribution relative de chaque espèce dans le recouvrement du sol.

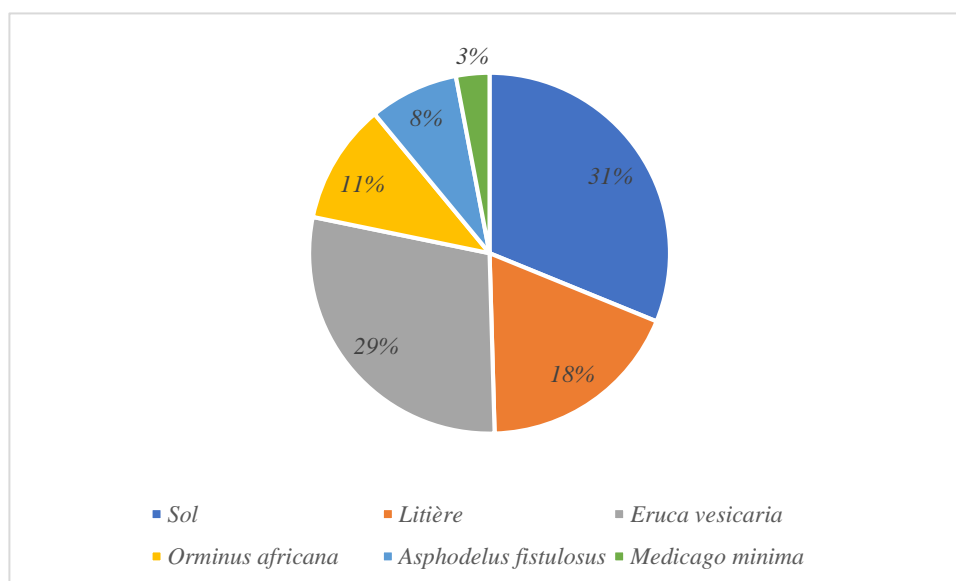


Figure 33 : Recouvrement de la strate basse de l'unité pastorale 8

Nous constatons qu'il y a une large différence entre les densités des espèces dominantes de cette unité. En effet *Eruca visicaria* se présente par la densité la plus élevée (**27500** individu à l'hectare), alors qu'une densité moyenne est enregistrée chez *Asphodelus fistulosus* (**14500** individu à l'hectare) et *Ormenis africana* (**14100** individu à l'hectare), pourtant la densité de *Medicago minima* reste faible (**625** individu à l'hectare).

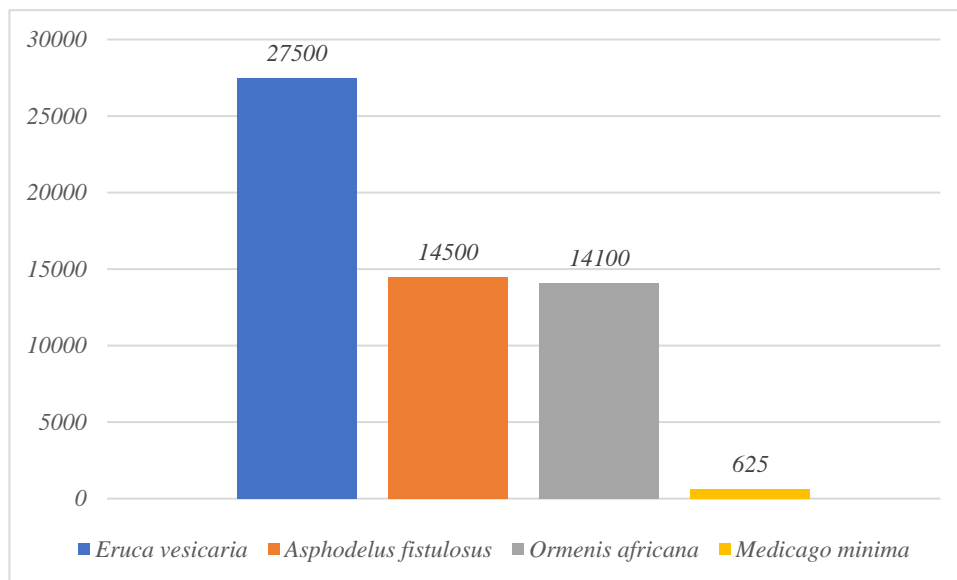


Figure 34 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 8

La production totale de cette unité pastorale est de **3751,5 kgMs/ha**. Cette production est dominée par *Ormenis africana* (**89%**). La contribution d'*Eruca visicaria* reste relativement faible (10%) alors que celle de *Medicago minima* et *Asphodelus fistulosus* sont négligeables (figure 35).

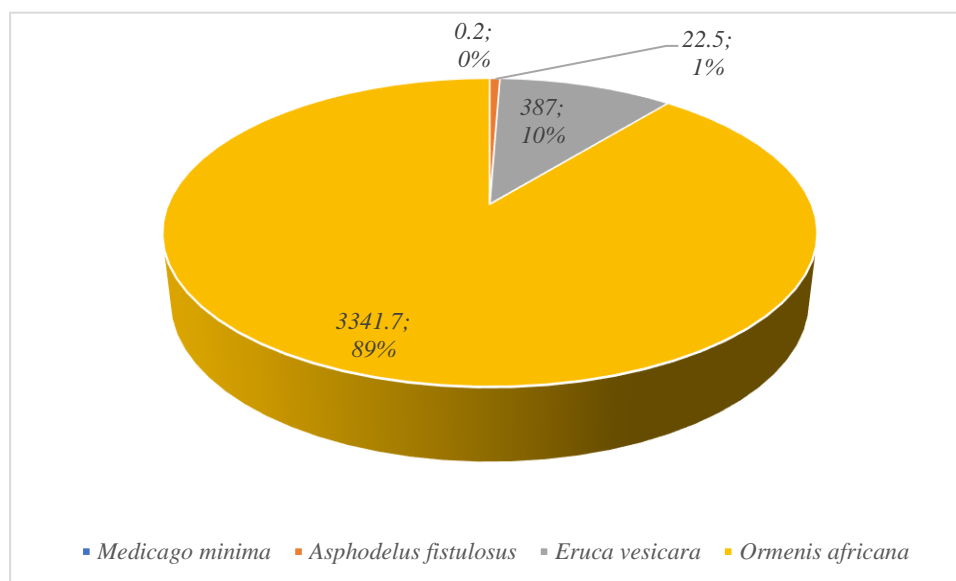


Figure 35 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en kg/ha de l'unité pastorale 8

I.2.3.4 Unité pastorale 12

Cette unité pastorale est située sur un plateau sableux couvert en partie par le sable des dunes voisines. Une faible pente vers l'est inférieure à 5%. Sa composition floristique est la même que celle de l'unité pastorale 4 (une association de *Salsola vermiculata* et *Zygophyllum gaetulum*).

Une exploration de l'unité pastorale nous a permis de donner à chaque espèce un indice d'abondance-dominance comme suit : *Salsola vermiculata* (3,3) ; *Zygophyllum gaetulum* (2,2)

La densité de *Salsola vermiculata* est **8850 individu/Ha** alors que celle de *Zygophyllum gaetulum* est **4650 individu/Ha**, contrairement aux densités enregistrées au niveau de l'unité pastorale 4, la densité de *Salsola vermiculata* dépasse celle de *Zygophyllum gaetulum*.

En ce qui concerne la production de la phytomasse, la contribution de *Salsola vermiculata* (**75%**) dépasse largement celle de *Zygophyllum gaetulum* (**25%**). La production totale de cette unité pastorale est de **3080 kgMs/Ha**.

I.2.3.5 Unité pastorale 14

Cette unité pastorale est dominée par *Hammada scoparia* se situe à l'est de la partie centrale de la zone d'étude à une altitude de 495m. Elle est caractérisée par un sol sableux très peu profond. La pente n'existe pas.

Les résultats du relevé phytoécologique effectué sur cette unité pastorale sont illustrés ci-après (tableau 15)

Tableau 15 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 14

Espèce	Indice d'abondance-dominance
<i>Medicago minima</i>	3.2
<i>Asphodelus fistulosus</i>	3.2
<i>Hammada scoparia</i>	3.2
<i>Eruca viscaria</i>	2.2
<i>Cleome arabica</i>	1.1
<i>Euphorbia caliptrata</i>	+.+
<i>Calotropis procera</i>	+.+

La strate basse couvre une grande partie du sol (**67%**). La contribution la plus élevée dans ce recouvrement est celle *Eruca vesicaria*, alors que des contributions moyennes sont enregistrées chez *Medicago minima*, *Hammada scoparia* et *Asphodelus fistulosus*. Pourtant, la contribution de *Cleome arabica* reste négligeable (figure 36).

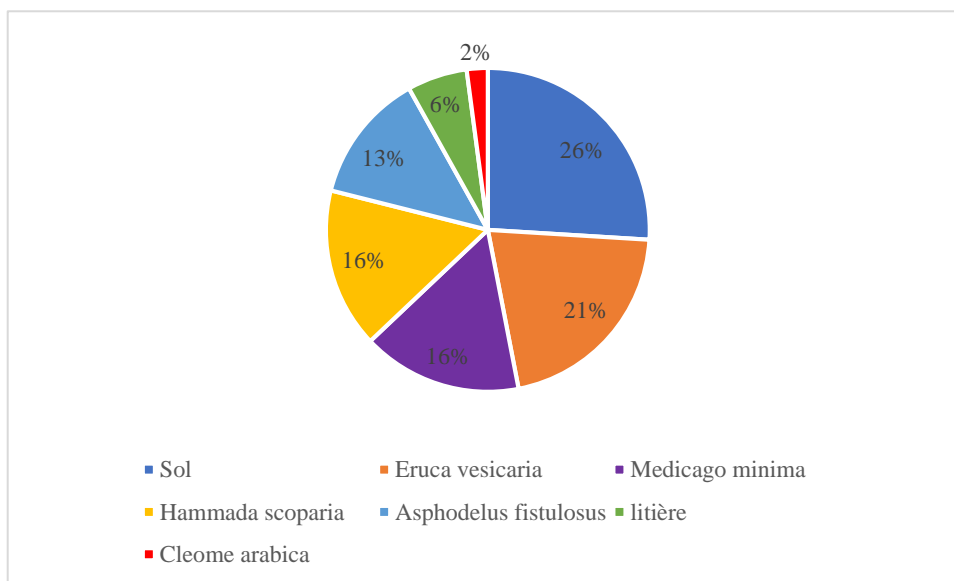


Figure 36 : Recouvrement de la strate basse de l'unité pastorale 14

Les densités des différentes espèces de l'unité pastorale 14 sont illustrées dans la figure 37.

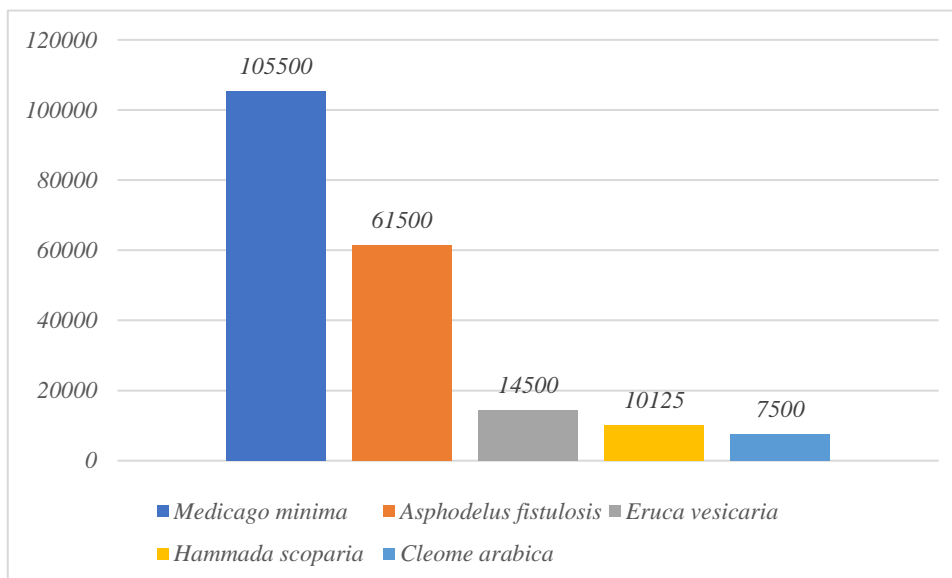


Figure 37 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 14

La production au niveau de cette unité est la plus faible (**860 kgMs/ha**) comparée aux autres unités du même milieu. Nous remarquons que la production de phytomasse est dominée par *Hammada scoparia* (**56%**) Les contributions des espèces annuelles restent relativement moyennes, à l'exception de de *Cleome arabica* dont la contribution ne dépasse pas **1%**.

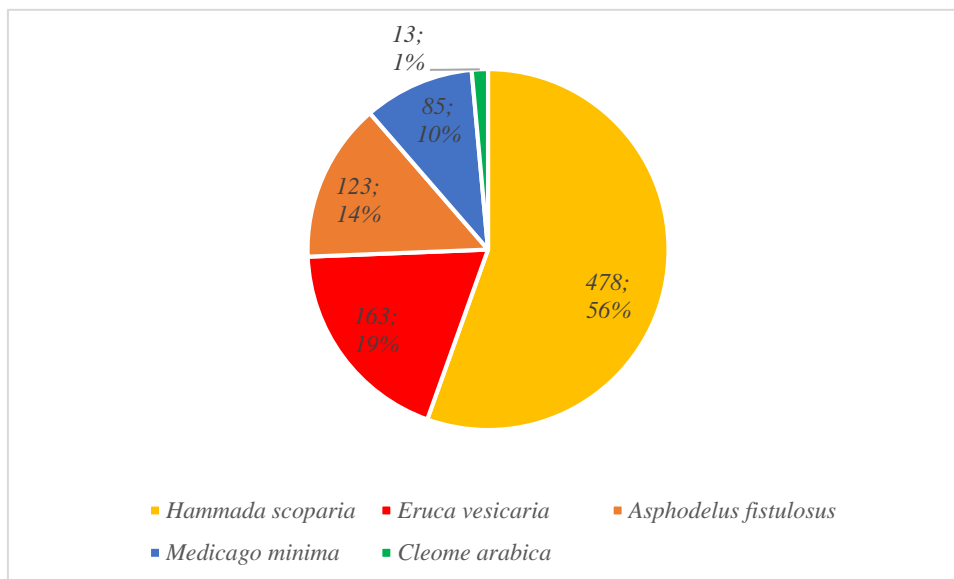


Figure 38 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en Kg/ha de l'unité pastorale 14

I.2.3.6 Unité pastorale 15

Cette unité pastorale se situe au milieu de la zone centrale à une altitude de 500m. Elle est caractérisée par un sol caillouteux sableux submergé par des cailloux. Cette unité est très fréquentée par les dromadaires puisqu'il est très proche d'un point d'eau (puit d'oued Ennâam). Une pente faible vers le sud y existe. La particularité de cette unité c'est la dominance d'*Euphorbia calyprata*

Le tableau 16 présente les différents indice d'abondance-dominance affectés aux espèces végétales.

Tableau 16 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 15

Espèce	Indice d'abondance-dominance
<i>Eruca vesicaria</i>	2.3
<i>Asphodelus fistulosus</i>	2.2
<i>Euphorbia calyprata</i>	3.2
<i>Macolmia ramosissima</i>	+.+
<i>Tamarix africana</i>	+.+
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	3.2
<i>Cleome arabica</i>	2.2

La végétation couvre 53% du sol sur cette unité. Cette couverture est dominée par *Eruca vesicaria* 22%. Les autres espèces ont des contributions relativement moyennes dans le recouvrement du sol à l'exception d'*Asphodelus fistulosus* et *Malcolmia ramosissima* dont les contributions sont très faibles (figure 39).

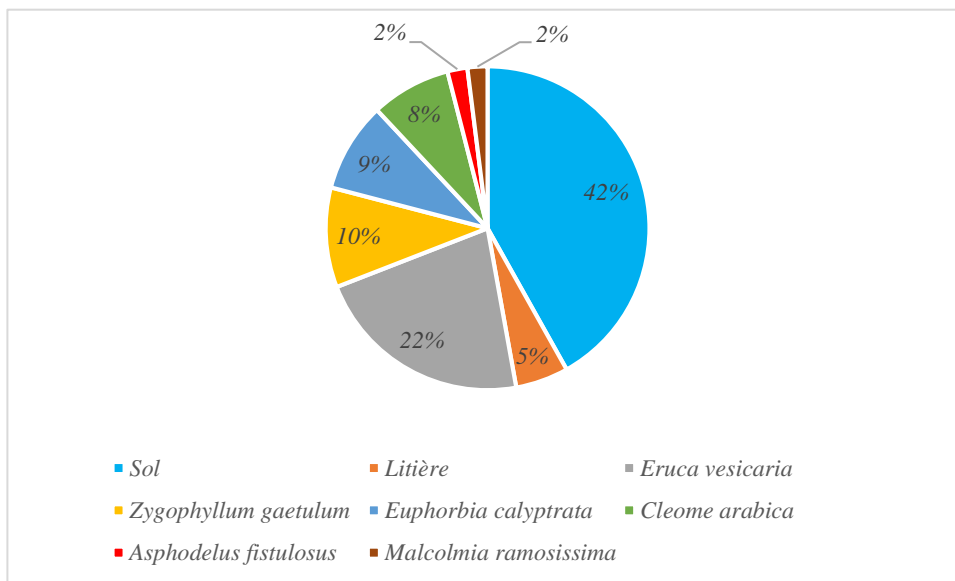


Figure 39 : Recouvrement de la strate basse de l'unité pastorale 15

La densité de *Cleome arabica* (**19500 individu/ ha**) dépasse de loin celles des autres espèces. Les densités des différentes espèces de cette unité sont présentées dans la figure 40.

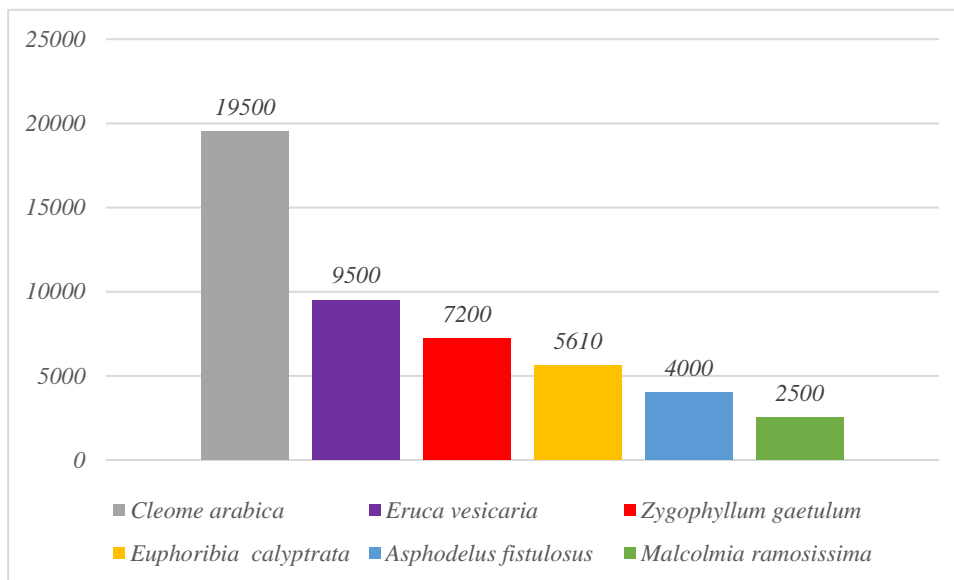


Figure 40 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 15

La production totale de cette unité pastorale est de **1766,5 kg Ms/ha** la grande partie de la production revient aux espèces pérennes (**86%**). Mis à part la contribution d'*Eruca vesicaria* (**11%**), la contribution des plantes annuelles dans la production totale de l'unité pastorale reste négligée (figure 41).

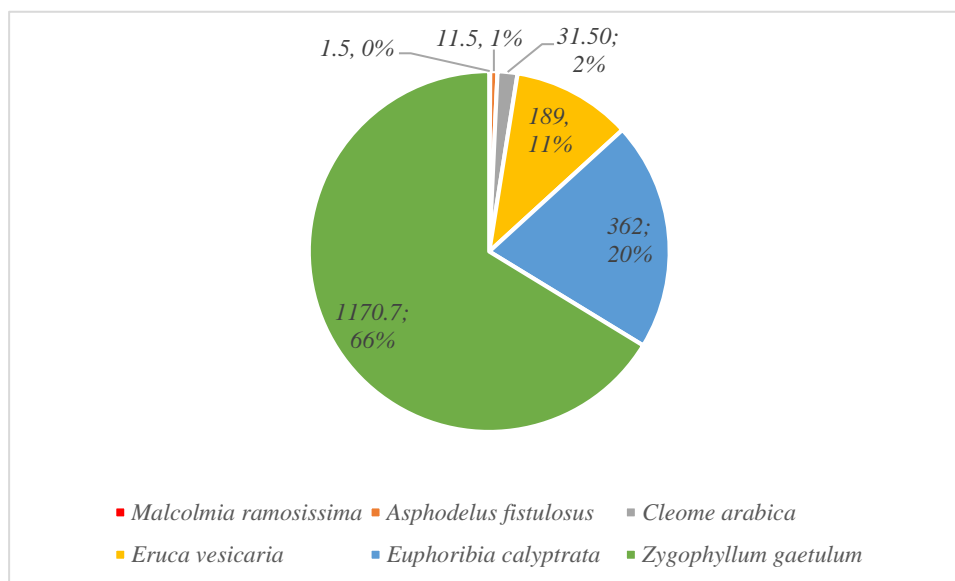


Figure 41 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable en Kg/ha de l'unité pastorale 15

I.2.4 Les lits d'oued

Cette unité structurale se caractérise surtout par la présence des tamarix dans 3 unités parmi 5 et des salsolacées dans les deux autres unités. Le sol au niveau de ces unités est sableux submergé par une couche de calcaire. Il existe une variance de densité entre les unités pastorales de tamarix et une différence au niveau des espèces accompagnatrices ou codominantes. Ainsi, la grande zone des lit d'oued comprend les cinq unités pastorales suivantes :

- ✓ Unité pastorale 7 : à *Tamarix aphylla* très dense
- ✓ Unité pastorale 9 : à *Salsola vermiculata* accompagnée de *Nitraria retusa*
- ✓ Unité pastorale 10 : à *Tamarix aphylla* moyennement dense et vigoureux avec *Tamarix africana*
- ✓ Unité pastorale 11 : à *Salsola tetragona* moyennement dense
- ✓ Unité pastorale 13 : à *Calligonum polygonoides* avec *Tamarix aphylla*

Les photos ci-dessous illustrent ces cinq situations (figure 42) :

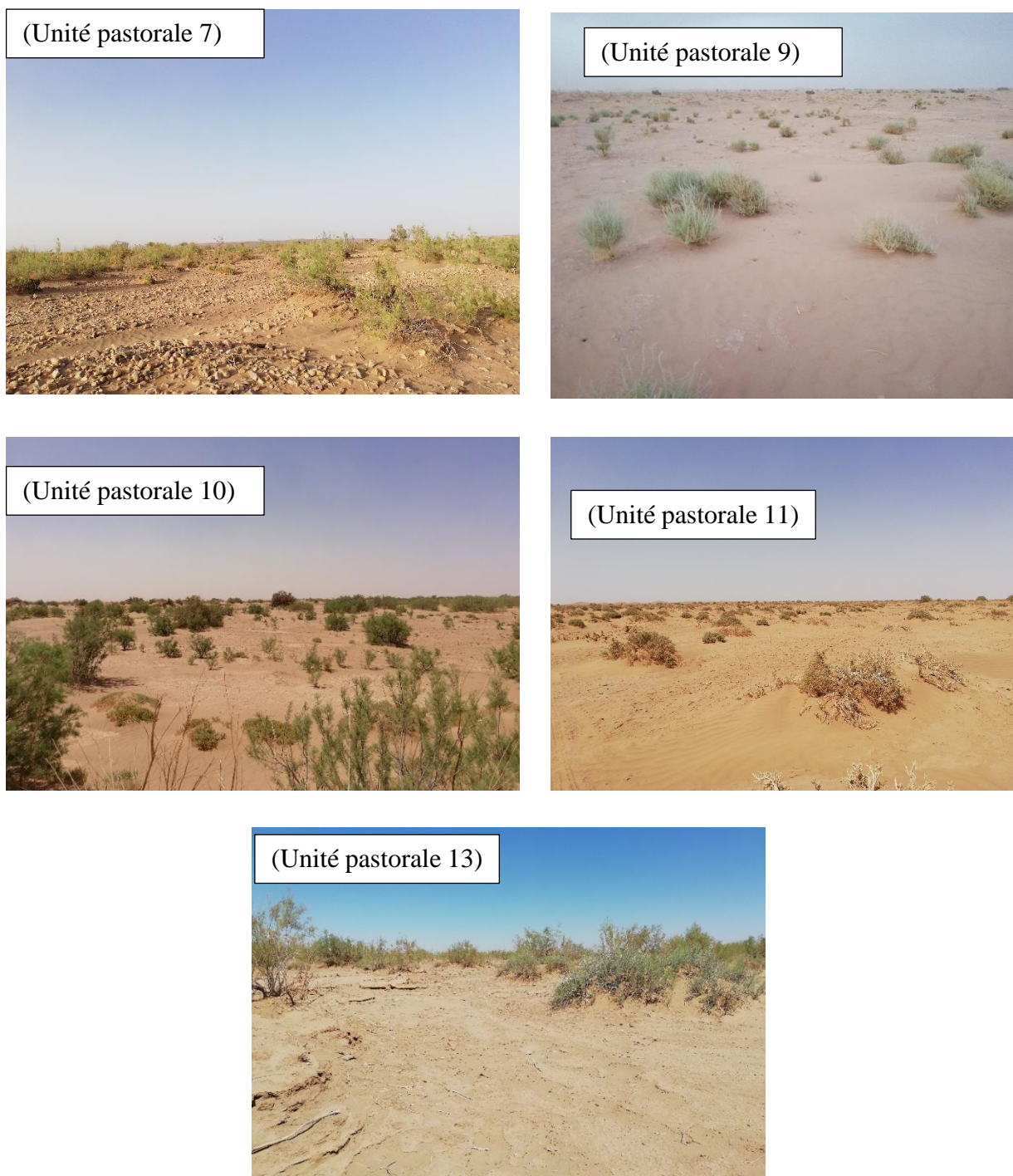


Figure 42 : Unités pastorales des lits d'oued

Les unités pastorales des lits d'Oued s'étendent sur une superficie totale de **25900 ha**, couvrant 23% de la superficie totale des unités pastorales de la zone d'étude. La figure 43 montre la différence de superficie entre les unités de ce milieu.

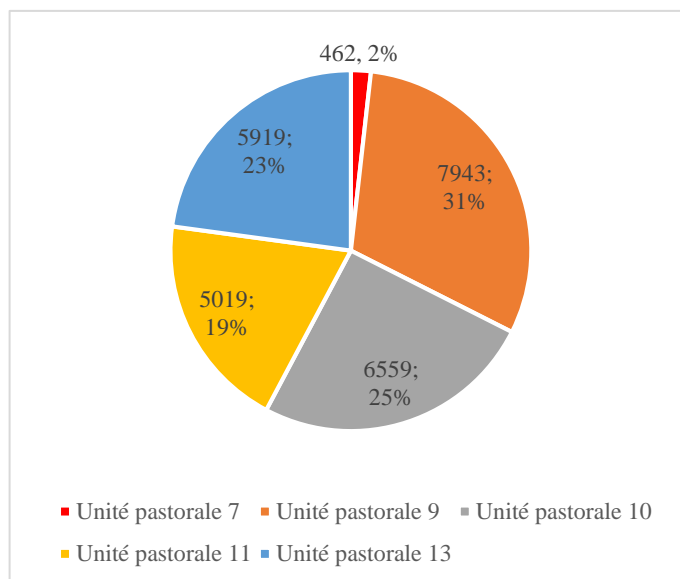


Figure 43 : Superficies relatives des différentes unités pastorales sur lits d'oued

Les lits d'oued sont caractérisés par une végétation composée des arbustes seulement à l'exception de l'unité 13 où *Hyoscyamus muticus* est présente avec une densité de **12500 individus/ha**. Les densités des autres espèces sont présentées dans le tableau 17.

Tableau 17 : Densités des différentes espèces dans les unités pastorales sur lits d'oued

Unités pastorales	Espèces végétales					
	<i>Tamarix aphylla</i> GT	<i>Tamarix aphylla</i> MT	<i>Tamarix aphylla</i> PT	<i>Tamarix africana</i>	<i>Tamarix africana</i>	<i>Tamarix africana</i>
Up 7	0	281	448	0	0	0
Up 9	0	0	0	0	0	0
Up 10	74	78,5	60,5	39	36	27
Up 11	0	0	0	0	0	0
Up 13	47	80	104	trace	0	0
Unités pastorales	Espèces végétales					
	<i>Calligonum polygonoides</i> GT	<i>Calligonum polygonoides</i> MT	<i>Calligonum polygonoides</i> PT	<i>Salsola vermiculata</i>	<i>Salsola tetragona</i>	<i>Nitraria retusa</i>
Up 7	0	0	0	0	0	0
Up 9	0	0	0	14000	0	52,5
Up 10	0	0	0	0	0	0
Up 11	0	0	0	0	7912	0
Up 13	147	117	76	0	0	0

Les unités pastorales sur lits d'oued ont la meilleure production après celles des plateaux sableux. Contrairement aux unités sur plateaux sableux la variabilité de la production de phytomasse n'est pas très élevée. Le niveau de production atteint par ces unités est faible par rapport à celui enregistré sur les lits d'oued en Algérie (CHEHMA, 2008). La figure 44 illustre la production de phytomasse dans ces unités pastorales.

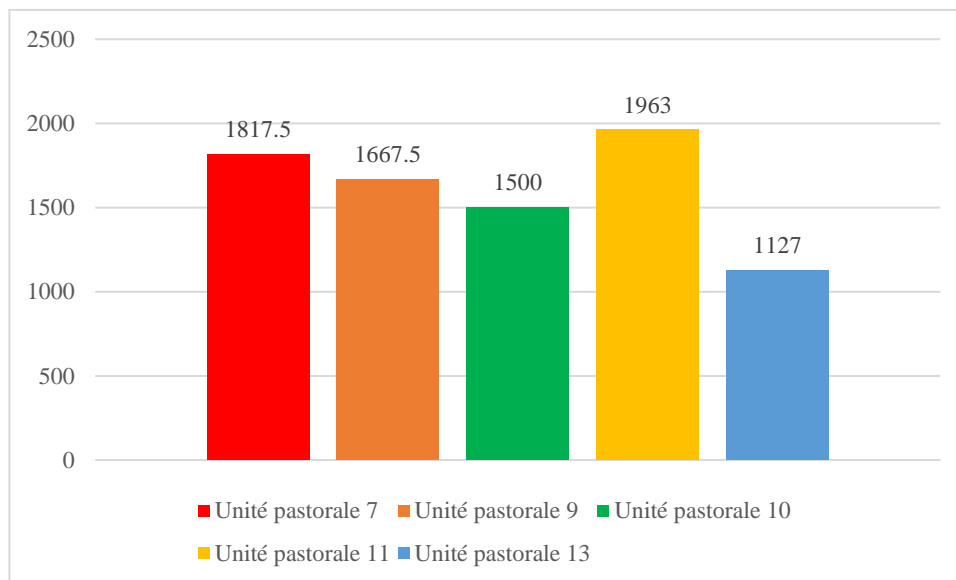


Figure 44 : Rendement de matière sèche consommable en kg/ha des différentes unités pastorales sur lits d'oued

I.2.4.1 Unité pastorale 7

Cette unité pastorale se trouve sur le lit d'un oued secondaire alimenté par les petits cours d'eau provenant de la zone montagnarde et lui à son tour alimente oued Drâa. Elle est caractérisée par un sol sableux avec une couche de calcaire submergé par des cailloux. Une pente très faible et une exposition sud. Cette unité est peuplée par *Tamarix aphylla* présente avec deux classes de taille différentes avec un coefficient d'abondance –dominance 3.3.

La classe de petite taille est plus dominante par une proportion de **(61%)** contre **(39%)** pour la classe de taille moyenne

La production de phytomasse au niveau de cette unité est répartie entre :

- Production de matière sèche consommable est de **1817,45 kgMs/ha** ;
- Production de bois de feu est de **1615 kgMs/ha**.

I.2.4.2 Unité pastorale 9

Cette unité pastorale se situe Dans la zone intermédiaire entre la zone des dunes de sables et le lit d'oued Drâa. À une altitude de 485 mètres. Elle est caractérisée par un sol Sableux chapoté par une croute de calcaire. Une pente très faible et une exposition sud. L'espèce dominante est *Salsola vermiculata* avec *Nitraria retusa* toutes les deux accompagnées par des traces de *Tamarix aphylla*.

L'abondance et la dominance de chaque espèce sont présentées dans le tableau 18 ci-dessous.

Tableau 18 Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 9

Espèce	Abondance-dominance
<i>Salsola vermiculata</i>	3.3
<i>Nitraria retusa</i>	2.1
<i>Tamarix aphylla</i>	+.+

La densité de *Nitraria retusa* est égale à **52,5 individu/ha**. Cette densité négligée devant celle de *Salsola vermiculata* qui est égale à **14000 individu/ha**. Cette différence ne réduit pas l'importance de *Nitraria retusa* dans la composition de cette unité pastorale

La production totale de l'unité pastorale 9 est de **1667,5 KgMs/ha**. Cette production revient en grande partie à *Salsola vermiculata* (**91%**) la contribution de *Nitraria retusa* reste relativement faible (**9%**).

I.2.4.3 Unité pastorale 10

Cette unité pastorale est allongé tout au long du lit d'Oued Drâa à une altitude de 475m. Elle est caractérisée par une longueur de plus de 15 KM. Une faible pente d'à peu près 5% et un sol Sableux dessous d'une croute calcaire très fine. L'allure de cette unité pastorale suit la trajectoire d'Oued Drâa. Elle est peuplée par *Tamarix aphylla* et *Tamarix africana*.

L'abondance et la dominance de chaque espèce sont présentées dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 10

Espèce	Abondance-dominance
<i>Tamarix aphylla</i>	3.2
<i>Tamarix africana</i>	2.2
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	+.+

Les résultats montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les densités des différentes classes de taille pour chacune des deux espèces dominantes. Pourtant la densité de *Tamarix aphylla* dépasse de loin celle de *Tamarix africana* (figure 45).

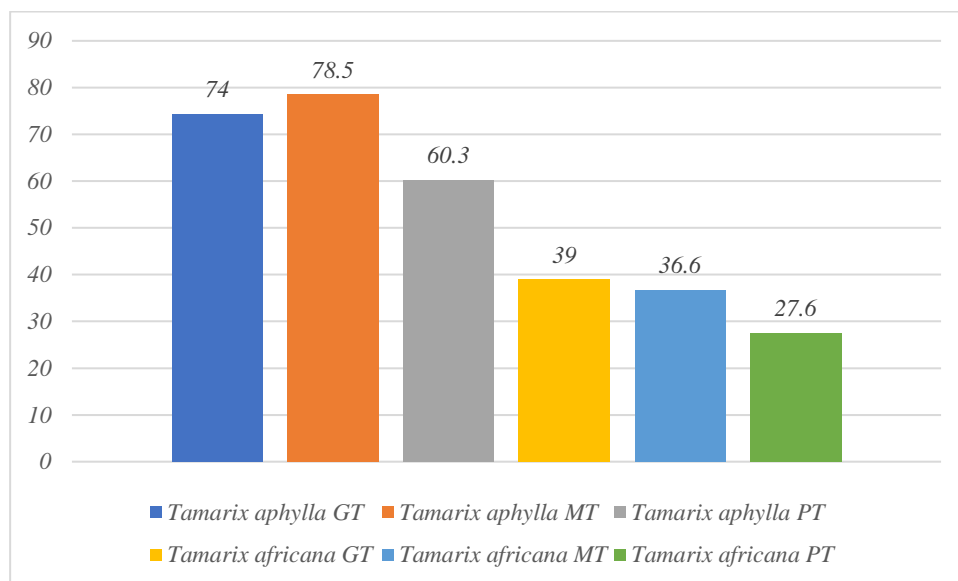


Figure 45 : Densités des différentes espèces de l'unité pastorale 10

Nous constatons que la production en matière sèche consommable dépasse la production en bois de feu chez les deux espèces caractéristiques du lit d'oued Drâa. La production totale de la phytomasse est de **1500 kg Ms/ha** avec des contributions de *Tamarix aphylla* et *Tamarix africana* de **60%** et **40%** respectivement. La production totale du bois de feu est de **1182 kg Ms/ha** avec des contributions de *Tamarix aphylla* et *Tamarix africana* de **71%** et **29%** respectivement.

I.2.4.4 Unité pastorale 11

Cette unité pastorale est une large étendue peuplée par une seule espèce *Salsola Tetragona* avec des coefficients d'abondance-dominance de 3.3. Elle se situe dans la zone du lit d'oued juxtaposé à l'unité pastorale 10 à une altitude de 480m. Elle est caractérisée par un sol sableux assez profond. Une pente très faible inférieure à 5%.

- Densité : La densité de cette espèce est de : **7912,5 individu/ha**
- Matière sèche consommable : **1963 kg Ms/ha**

I.2.4.5 Unité pastorale 13

Cette unité pastorale se situe sur le lit d'oued Drâa en continuité avec l'unité pastorale 10, mais avec une différence de la composition floristique. Elle est caractérisée par un sol Sableux dessous d'une croûte d'argile très fine. Se trouve à une altitude de. Une faible pente vers l'est inférieure

à 5%. La spécificité de cette unité pastorale est la présence de *Hyoscyamus Muticus*. Cette espèce a la valeur nutritionnelle la plus élevée. Elle a été remarquée dans d'autres endroits de la zone d'étude mais juste en traces. La composition floristique de cette unité est expliquée dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 20 : Tableau de l'abondance dominance des différentes espèces de l'unité pastorale 13

Espèce	Abondance-dominance
<i>Hyoscyamus muticus</i>	2,2
<i>Tamarix aphylla</i>	3,3
<i>Calligonum polygonoides</i>	2,2
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	+,+
<i>Tamarix africana</i>	+,+

La densité de *Hyoscyamus muticus* est **12500 individu/ha**. La densité de la strate haute est très inférieure à celle de la strate herbacée. La densité de *Calligonum polygonoides* est plus importante que celle de *Tamarix aphylla*. La densité des classes de taille est croissante de la petite vers la grande chez *Calligonum polygonoides*, pourtant elle est décroissante chez *Tamarix aphylla* (figure 46).

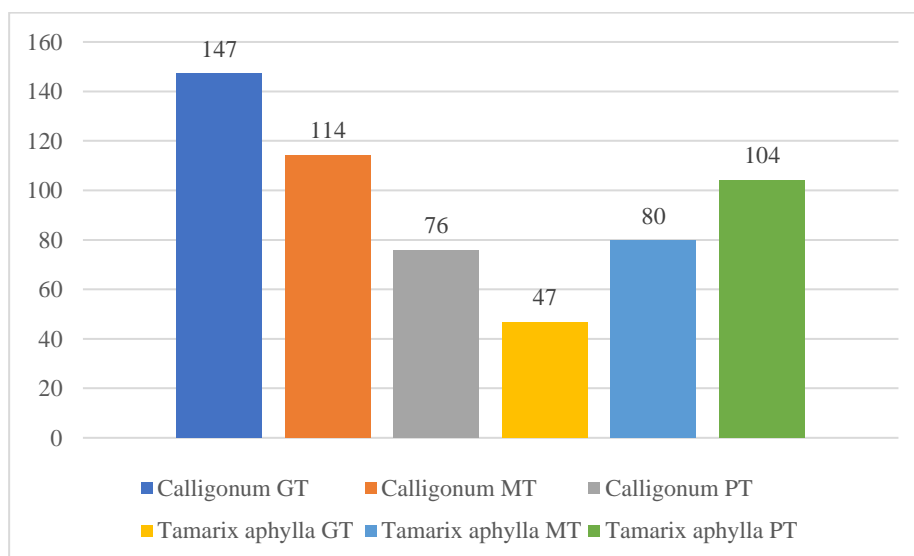


Figure 46 : Densités des différentes espèces de la strate arbustive de l'unité pastorale 13

La strate arbustive est la plus productive malgré sa faible densité relative. La production totale de cette unité pastorale est de **1127,35 kg Ms/ha**. *Calligonum polygonoides* reste l'espèce la plus productive en bois de feu (**62%**). La qualité du bois est appréciée même par la population locale. La production totale en bois de feu de l'unité pastorale est de **1390 kg Ms/ha** (figure 47).

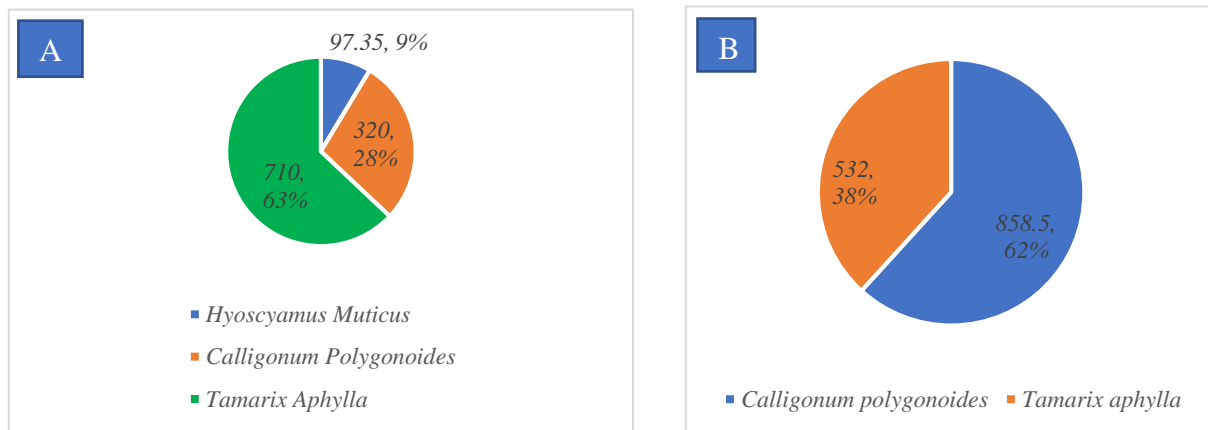


Figure 47 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable(A) et bois de feu (B) en kg/ha de l'unité pastorale 13

I.2.5 Cours d'eau

Les cours d'eau provenant de la montagne ou parfois des ramifications des oueds secondaires sont tous peuplé par les mêmes espèces et contenant la même composition floristique. La composition floristique est marquée par la codominance d'*Andropogon distachyus* et *Pergularia tomentosa* accompagnées par *Zygophyllum gaetulum*. *Acacia raddiana* marque sa présence par des individus dispersés aussi.



Figure 48 : Illustration d'un cours d'eau

Le tableau 21 ci-dessous illustre un relevé phytocologique type caractérisant ces cours d'eau

Tableau 21 : tableau de l'abondance dominance des différentes espèces des cours d'eau

Espèce	Abondance-dominance
<i>Andropogon distachyus</i>	3,3
<i>Pergularia tomentosa</i>	3,3
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	1,2
<i>Acacia raddiana</i>	+,+

Les résultats montrent que les cours d'eau sont peuplés par une végétation très dense. Les densités des deux espèces dominantes dépassent **10000 individus/ha** (figure 49).

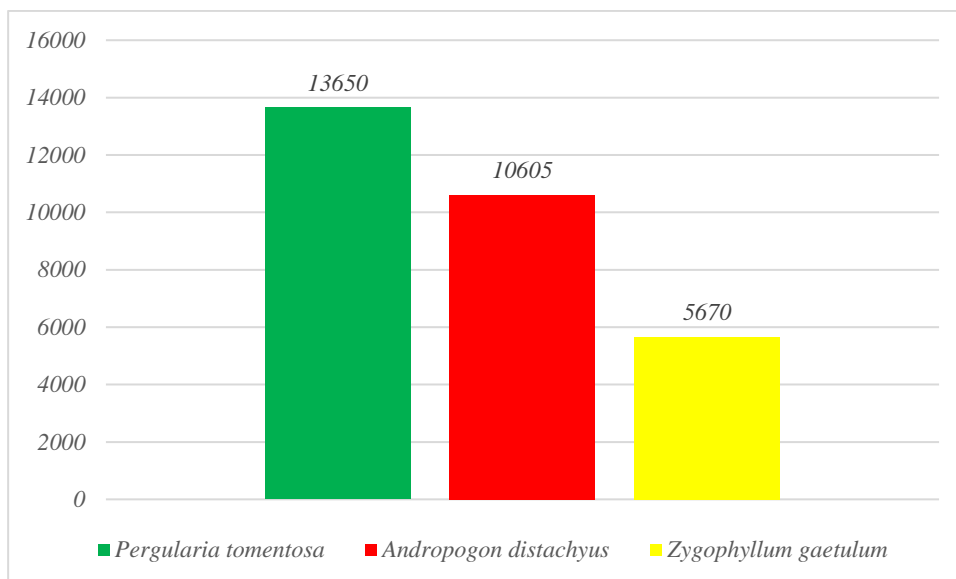


Figure 49 : Densités des différentes espèces des cours d'eau

La production en phytomasse consommable revient en premier lieu à *Andropogon distachyus* vu que c'est une espèce très ramifiée. La qualité fourragère des cours d'eau dépendra de la valeur nutritionnelle de cette espèce (figure 50).

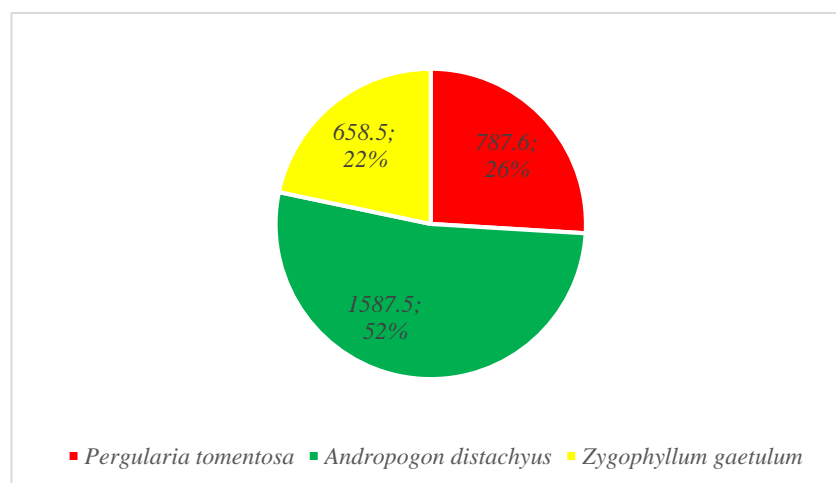


Figure 50 : Contribution des espèces dans la production de matière sèche consommable des cours d'eau en kg/ha

I.2.6 Discussion

Les plateaux sableux de la zone centrale -regroupant les unités pastorales restent les milieux les plus productifs avec une très grande variabilité. Le Lit d'Oued est un milieu à moyenne production et une faible variabilité. Les deux unités pastorales sur dunes de sables F6 et F16 ont une faible production. Pourtant la production est médiocre dans la zone de montagne. La production sur le cours d'eau est de **3033,5 kg Ms/ha** mais un seul cours d'eau exemplaire a été inventorié. A l'ordre de grandeur ces résultats sont similaires aux résultats trouvés en

Algérie, où la production la plus élevée était enregistrée sur les plateaux sableux suivis des lits d'Oueds puis les autres types du milieu avec une grande différence. Sauf que la moyenne de production au niveau des plateaux sableux et lits d'oued en Algérie dépassent les moyennes de productions enregistrées au niveau de la commune de M'Hamid El Ghizlane. La figure 51 illustre les moyennes de production et écart-type des différents types de milieu.

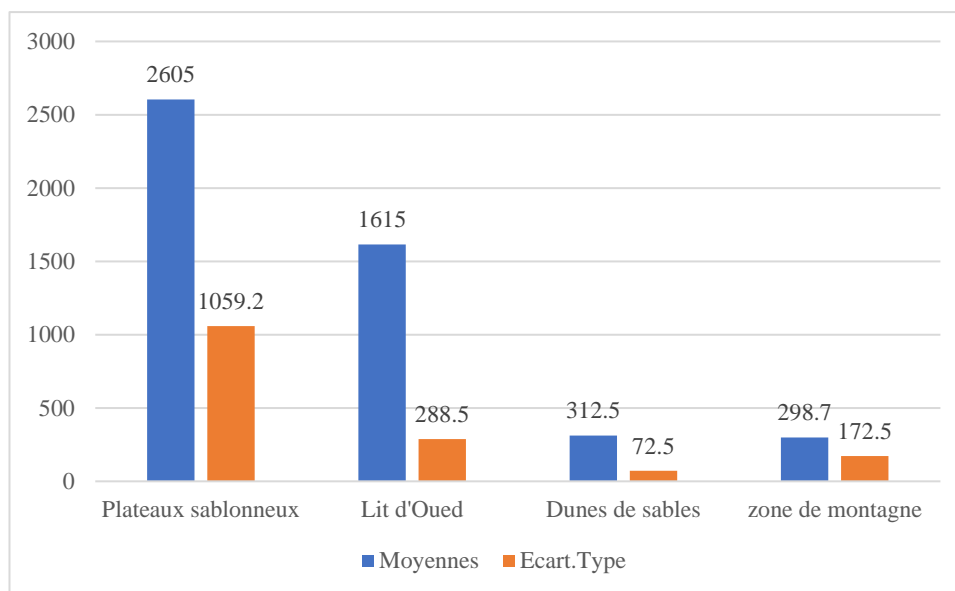


Figure 51 : Moyennes de productions en matière sèche des différents milieux de la zone d'étude

En ce qui concerne la variabilité spatiale du rendement en phytomasse, nous remarquons qu'il y a une faible production à l'extrémité de l'est, l'extrémité de l'ouest et au nord de la zone d'étude, l'extrémité sud où il y a les lits d'oued est caractérisée par une production moyenne, alors que la partie centrale est caractérisée par une bonne à très bonne production. Cependant, une production élevée se présente dans plusieurs localités dispersées dans la zone d'étude mais à superficie réduite. Enfin, une production très élevée dépassant 3500 KgMS /ha se trouve à l'extrémité ouest au pied de la montagne et un peu au centre de la zone. Ainsi la variabilité spatiale du rendement en phytomasse présentée dans la carte ci-après en format A3 (figure 52).

En général, les faibles productions se situent dans partie nord, extrémité est et extrémité ouest de la zone d'étude, alors que les productions moyennes sont enregistrées au niveau de l'extrémité sud de la zone. Par contre, la partie centrale connaît une variabilité de niveau de production allant de bon à très élevé.

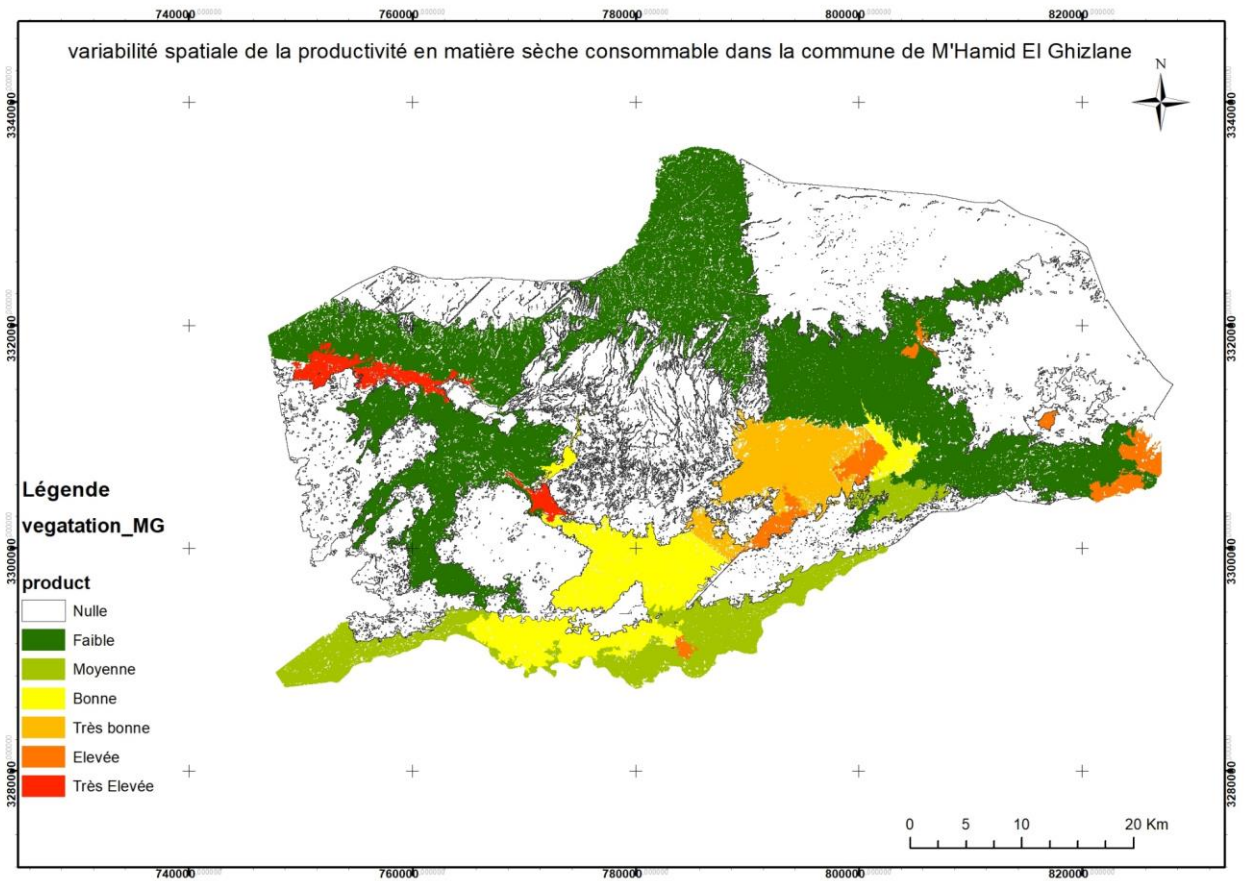


Figure 52 : Carte de la variabilité spatiale de production de phytomasse en KgMs/ha

Certaines espèces ont été présentes dans plusieurs milieux différents notamment *Salsola vermiculata*, *Zygophyllum gaetulum*, *Calligonum polygonoides* et *Tamarix africana*.

- *Salsola vermiculata* est plus productive sur les dunes de sables que sur le lit d'oued ou le plateau sableux.
- *Zygophyllum gaetulum* est plus productive sur les plateaux sableux que dans les cours d'eau ou lits d'oued
- *Calligonum polygonoides* est plus productive sur les dunes de sable que sur les lits d'oued. Cette espèce reste la plus productive en bois de feu parmi toutes les autres.
- *Tamarix africana* est plus productive sur les lits d'oued que sur les dunes de sables.

Pour la strate basse toutes les espèces annuelles sont plus productives sur les plateaux sableux que dans la zone de montagne.

Chapitre II : Composition chimique et digestibilité

L'objectif de ce chapitre est de caractériser la composition chimique de chacune des espèces végétales dominantes recensées, puis en tirer des groupes d'espèces semblables en fonction de la composition chimique, après nous allons décrire la digestibilité de ces espèces. Par la suite nous allons décrire la qualité fourragère des unités pastorales à travers les résultats de la composition chimique et de la digestibilité des espèces et la composition floristique.

II.1 Analyse de la composition chimique

Les résultats de l'analyse de la composition chimiques des différentes espèces dominantes sont présentés dans le tableau 22 ci-dessous :

Tableau 22 : teneur en composantes chimiques des différentes espèces étudiées

Nom de l'espèce	MM (%MS)	MO (%MS)	MAT (%MS)	CBW (%MS)	NDF (%MS)	ADF (%MS)	ADL (%MS)
<i>Eruca vesicaria</i>	13,6	86,4	9,6	34,1	43,9	30,6	6,3
<i>Hammada scoparia</i>	17,8	82,2	11,9	24,3	43,2	23,1	9,4
<i>Medicago minima</i>	25,1	74,9	12,3	22,7	38,3	23,4	6,2
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	19,6	80,4	7,4	30,3	31,8	21,7	5,6
<i>Cleome arabica</i>	10,6	89,4	14,2	29,2	44,4	27,3	8,4
<i>Asphodelus fistulosus</i>	16,4	83,6	7,2	30,9	42	31,6	10,9
<i>Ormenis africana</i>	10	90	9,7	38,2	46	34,4	7,3
<i>Acacia raddiana</i>	8,3	91,7	9,9	34,4	54,5	38,1	14,4
<i>Tamarix africana</i>	14,1	85,9	9,5	21,1	37	23,3	11
<i>Pergularia tomentosa</i>	13,5	86,5	7,6	30,1	37,3	27,1	7,4
<i>Andropogon distachyus</i>	10	90	4	45	70,3	43,2	7,5
<i>Salsola vermiculata</i>	26,6	73,4	10,5	20,9	46,3	18,3	5,7
<i>Tamarix aphylla</i>	9,2	90,8	7,8	22,3	41,5	27,9	12,6
<i>Euphorbia calyprata</i>	7,2	92,8	3,3	37,7	45	35,6	6,2
<i>Hyoscyamus muticus</i>	26,6	73,4	10,9	17,2	28	17,2	3,8
<i>Salsola tetragona</i>	17,2	82,8	8,9	26,2	44,6	22,9	7,3
<i>Nitraria retusa</i>	18,9	81,1	10,1	25,1	35,5	23,5	10,7
<i>Calligonum polygonoides</i>	13,2	86,8	5,7	19,7	44,3	34,4	18,5

II.1.1 La variabilité interspécifique

Le box-plots montre clairement la variabilité interspécifique de la composition chimique (figure 53).

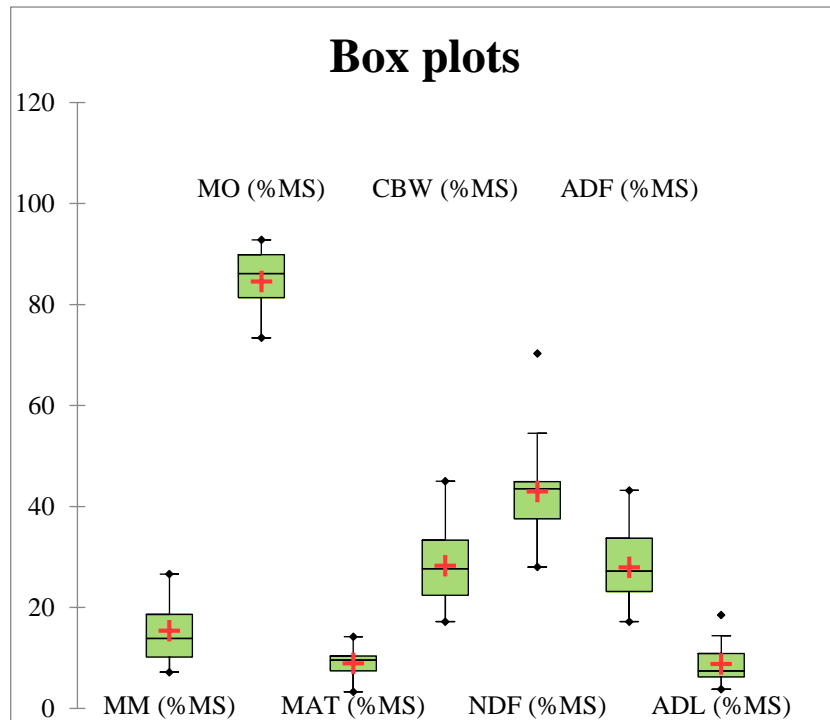


Figure 53 : Box plots de la composition chimique des espèces étudiées

La lecture du box-plots nous montre que d'une manière générale, la composante la plus forte est la matière organique avec des teneurs comprises 73,4% et 92,8%, puis NDF avec des teneurs comprises entre 28% et 54,5%, une valeur atypique de 70,3% a été enregistré chez l'espèce *Andropogon distachyus*, en suite la CB et ADF avec des valeurs comprises entre 17,2% et 45% et entre 17,2% et 43,2% respectivement. Enfin, la MM, MAT et ADL sont les composantes les plus faibles avec des teneurs comprises entre 7,2% et 26,6%, et entre 3,3% et 14,2%, et entre 3,8% et 14,4% respectivement, une valeur atypique enregistrée chez *Calligonum polygonoides*.

La faible teneur en lignine revient au fait que les échantillons analysés représentent la partie consommable qui est généralement constituée par les feuilles et les jeunes pousses.

Ces résultats sont similaires à ceux enregistrés sur les parcours du Sud-Est Algérien, où les espèces dominantes contiennent des pourcentages élevés en cellulose brute et en produits pariétaux, et des faibles teneurs en matières azotées totales et en tannins. Ces teneurs peuvent être attribués à leur stratégie de résistance à la sécheresse puisque ces composants chimiques sont surtout des contenus cytoplasmiques et chlorophylliens (composants essentiels des feuilles) (Chehma,2009).

Tableau 23 : Coefficients de variations des différentes composantes chimiques entre les différentes espèces

Statistique	MM (%MS)	MO (%MS)	MAT (%MS)	CBW (%MS)	NDF (%MS)	ADF (%MS)	ADL (%MS)
Moyenne	15,439	84,561	8,917	28,300	42,994	27,978	8,844
Ecart-type (n-1)	6,115	6,115	2,795	7,486	9,104	7,103	3,646
Coefficient de variation	0,4	0,07	0,31	0,26	0,21	0,25	0,41

En ce qui concerne la variabilité entre les différentes espèces, on peut déduire d'après le tableau ci-dessus que la variabilité au niveau de la teneur en matière organique est pratiquement nulle. La variabilité est moyenne au niveau de la matière azotée totale, la cellulose brute, NDF et ADF à l'exception d'une valeur atypique enregistrée chez *Andropogon distachyus* en NDF. Quant à la matière minérale et la teneur en lignine les variabilités sont relativement élevées. Ceci indique qu'il existe une différence interspécifique entre les espèces étudiées. Pour ce, nous allons chercher à déterminer des groupes d'espèces semblables entre elles en terme de composition chimique dans ce qui suit.

II.1.2 Classification ascendante hiérarchique

Pour identifier les différents groupes d'espèces, ayant des caractéristiques chimiques similaires, une classification ascendante hiérarchique a été effectuée.

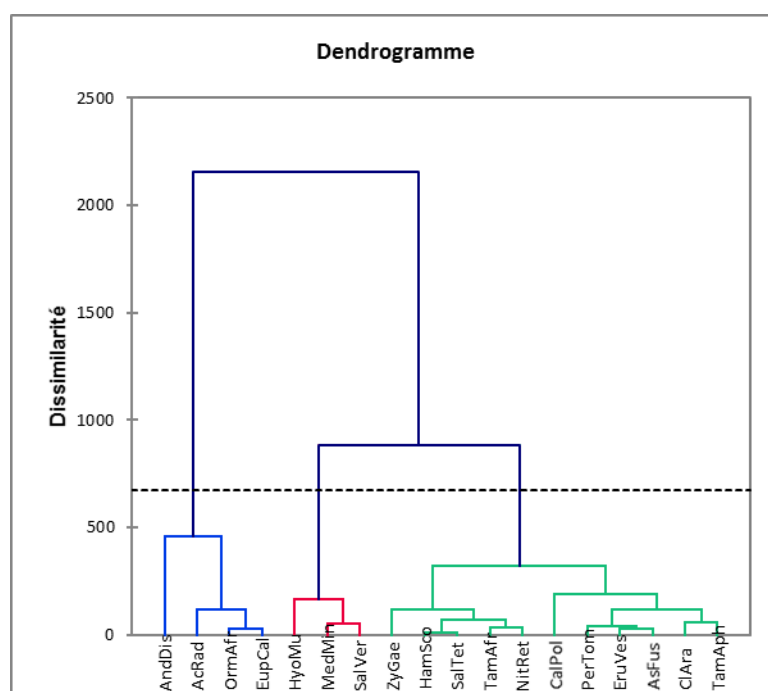


Figure 54 : Dendrogramme de classification des espèces en fonction de leur composition chimique

Le dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique nous permet de distinguer trois classes d'espèces dont les profils sont les suivants :

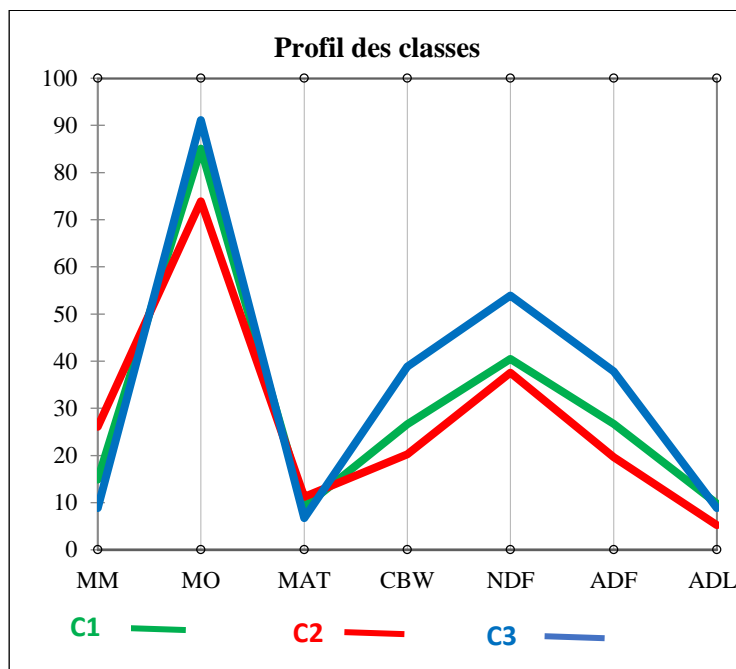


Figure 55 : Graphique des profils de composition chimiques des différentes classes d'espèces

D'après le graphique ci-dessus, nous remarquons que d'une manière générale toutes les classes ont la même allure de profil, mais il existe une différence intra-classe. Nous avons pu détecter une classe à profil moyen au niveau de la plupart des paramètres et deux autres classes dont les profils sont opposés.

II.1.3 Analyse en composantes principales

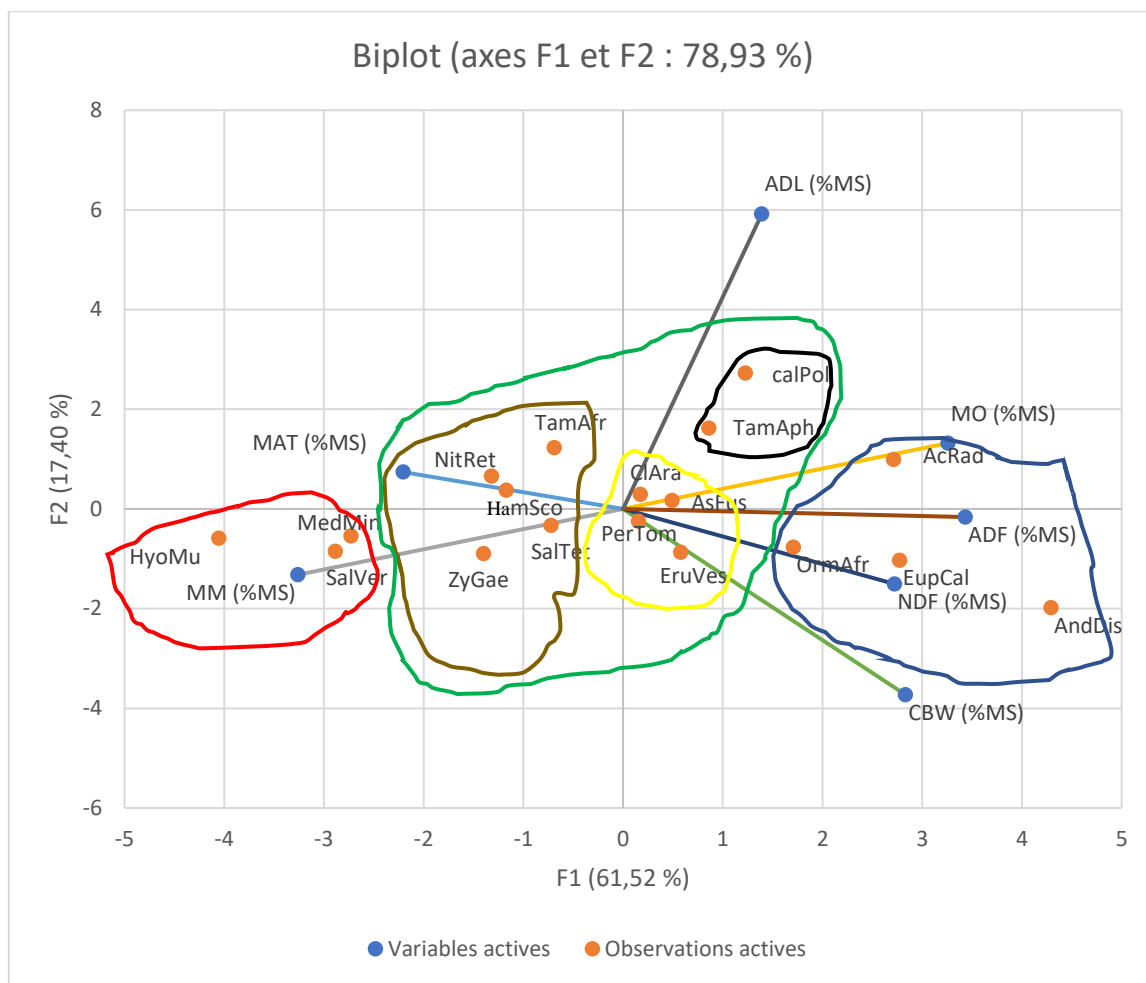


Figure 56 : Représentation superposée des espèces et des paramètres de composition chimique sur le plan 1-2

D'après la représentation superposée des espèces et des paramètres de la composition chimique sur le plan de l'ACP 1-2, on constate que l'axe F1 oppose des espèces qui ont des teneurs relativement élevées en matière organique, cellulose brute, ADF et NDF à d'autres qui ont des teneurs relativement élevées en MAT et MM. L'axe F2 fait distinguer des espèces qui ont une teneur relativement élevée en lignine.

Ainsi, nous avons déterminé les groupes suivants :

- **Groupe 1 :** *Zygophyllum gaetulum Salsola tetragona Hammada scoparia Nitraria retusa Tamarix africana Tamarix aphylla Calligonum polygonoides Cleome arabica Asphodelus fistulosus Eruca vesicaria Pergularia tomentosa*. Ce Groupe est caractérisé par une teneur moyenne en MM, MAT et en CB et en produits pariétaux par rapport aux autres groupes et une teneur élevée en lignine. Trois sous-groupes au sein de ce groupe peuvent être distingués :

- **Sous-groupe 1** : rassemble *Zygophyllum gaetulum* *Salsola tetragona* *Hammada scoparia* *Nitraria retusa* et *Tamarix africana* Ces espèces sont caractéristiques des milieux salins et sablonneux ou le stress est plus important, caractérisé par une teneur élevée en MAT et MM par rapport aux autres sous-groupes ;
- **Sous-groupe 2** : rassemble *Tamarix aphylla* et *Calligonum polygonoides* caractérisé par une teneur élevée en lignine par rapport aux autres sous-groupes ;
- **Sous-groupe 3** : rassemble *Cleome arabica* *Asphodelus fistulosus* *Eruca vesicaria* et *Pergularia tomentosa* caractérisé par une teneur élevée en matière organique et les autres produits pariétaux par rapport aux autres sous-groupes ;
- **Groupe 2** : *Hyoscyamus muticus*, *Medicago minima* et *Salsola vermiculata*. Ce groupe caractérisé par une teneur relativement élevée en matière minérale et matière azotée totale, et une teneur relativement faible en produits pariétaux et matière organique.
- **Groupe 3** : *Euphorbia calyptata*, *Acacia raddiana*, *Andropogon distachyus* et *Ormenis africana*. Ce groupe est caractérisé par teneur relativement faible en matière azotée totale et matière minérale, et une teneur relativement élevée en produits pariétaux et matière organique.

II.2 Analyse de la digestibilité

Le tableau 24 présente les taux de digestibilité de la matière sèche et matière organique :

Tableau 24 : Taux de digestibilité de matière sèche et matière organique

Nom de l'espèce	DMS (%MS)	DMO (%MO)
<i>Eruca vesicaria</i>	61,5	57,2
<i>Hammada scoparia</i>	58,8	57,3
<i>Medicago minima</i>	55	57,4
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	61,5	53,2
<i>Cleome arabica</i>	63,5	62,8
<i>Asphodelus fistulosus</i>	60,7	57,7
<i>Ormenis africana</i>	61,3	54,4
<i>Acacia raddiana</i>	44,8	42,1
<i>Tamarix africana</i>	57,5	53,5
<i>Pergularia tomentosa</i>	62,1	59,6
<i>Andropogon distachyus</i>	29,6	26,8
<i>Salsola vermiculata</i>	49,9	50,2
<i>Tamarix aphylla</i>	56,9	50,7
<i>Euphorbia calyptata</i>	56,1	52,6
<i>Hyoscyamus muticus</i>	70,9	68,4
<i>Salsola tetragona</i>	50,8	49,8
<i>Nitraria retusa</i>	61	56,6
<i>Calligonum polygonoides</i>	51,1	50,1

II.2.1 Variabilité interspécifique

Le box-plots nous permet de visualiser la variabilité interspécifique des taux de digestibilité.

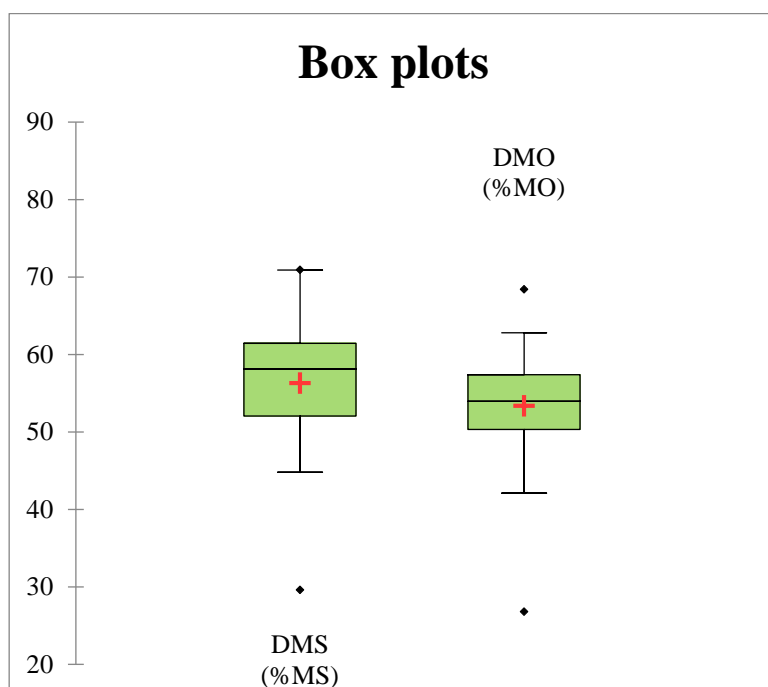


Figure 57 : Box-plots de taux de digestibilité de matière sèche et matière organique des espèces

Les pourcentages de digestibilité de la matière sèche sont compris entre 44,8% et 70,9% cette dernière a été enregistrée chez *Hyoscyamus muticus*. Une valeur atypique de 29,6% a été enregistré chez *Andropogon distachyus*. Il est à noter qu'une valeur atypique supérieure a été enregistré chez cette espèce en NDF.

Quant à la digestibilité de la matière organique, les valeurs sont comprises entre 42,1% et 62,8%. Une valeur atypique supérieure de 68,4% a été enregistré chez *Hyoscyamus muticus* qui contient une teneur minimale en NDF. Une valeur atypique inférieure de 26,8% a été enregistré chez *Andropogon distachyus*. Ces valeurs atypiques indiquent que la variabilité de la digestibilité de la matière organique et la digestibilité en matière sèche est fortement influencée par la teneur en NDF.

II.2.2 Régression multiple

Pour mieux expliquer la variabilité de la digestibilité de la matière organique et la variabilité de la digestibilité de la matière sèche, nous avons procédé à une régression multiple où les variables explicatives sont les différentes composantes de la composition chimique.

Dans un premier temps, nous avons essayé d'intégrer tous les paramètres de la composition chimique dans le modèle de régression. L'analyse des sommes des carrés de type III donne les résultats suivants (tableau 25) :

Tableau 25 : Sommes des carrés type III pour régression de digestibilité de la matière sèche

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
MM (%MS)	1	8,256	8,256	0,575	0,464
MO (%MS)	0	0,000			
MAT (%MS)	1	153,532	153,532	10,684	0,007
CBW (%MS)	1	24,653	24,653	1,716	0,217
NDF (%MS)	1	433,733	433,733	30,183	0,000
ADF (%MS)	1	54,633	54,633	3,802	0,077
ADL (%MS)	1	51,501	51,501	3,584	0,085

Sur la base des sommes de carrés de type III, les variables NDF et MAT apportent de l'information significative pour expliquer la variabilité de la variable dépendante DMS (%MS), alors que MM, CBW, ADF et ADL n'apportent pas d'information significative pour l'expliquer, d'où la possibilité de les supprimer du modèle. Parmi les variables explicatives, sur la base des erreurs de type III, la variable NDF (%MS) est la plus influente.

Tableau 26 : Sommes des carrés type III pour régression de digestibilité de la matière organique

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
MM (%MS)	1	24,898	24,898	2,141	0,171
MO (%MS)	0	0,000			
MAT (%MS)	1	90,492	90,492	7,780	0,018
CB (%MS)	1	0,424	0,424	0,036	0,852
NDF (%MS)	1	598,468	598,468	51,453	< 0,0001
ADF (%MS)	1	18,298	18,298	1,573	0,236
ADL (%MS)	1	21,134	21,134	1,817	0,205

Sur la base des sommes de carrés de type III, les variables NDF et MAT apportent de l'information significative pour expliquer la variabilité de la variable dépendante DMO (%MO). En revanche, MM, CBW, ADF et ADL n'apportent pas d'information significative pour l'expliquer, d'où la possibilité de les supprimer du modèle. Parmi les variables explicatives, sur la base des erreurs de type III, la variable NDF (%MS) est la plus influente.

Ainsi il serait possible d'expliquer chaque paramètre de digestibilité par rapport à la teneur en MAT et la teneur en NDF. Les modèles suivants peuvent être retenus :

$$\text{DMS} = 86,98 + 0,48 * \text{MAT} - 0,81 * \text{NDF}, R^2 = 79\%$$

$$\text{DMO} = 76,62 + 0,89 * \text{MAT} - 0,73 * \text{NDF}, R^2 = 80\%$$

D'après ces résultats et les profils de compositions chimique des différents groupes cités avant, on peut déduire que le groupe 2 rassemble les espèces les plus digestibles par rapport aux autres, le groupe 1 rassemble les espèces ayant une digestibilité moyenne et le groupe 3 rassemble les espèces ayant une digestibilité relativement faible

II.3 Description de la qualité fourragère

Après avoir calculé les paramètres de compositions chimiques nous avons essayé de passer de la composition chimique à la qualité nutritionnelle, en utilisant les équations développées par Guérin et JARRIGE, GUERIN et *al* (1989). Les rendements en UFL, UFV, PDIE et PDIN de chacune des espèces dominantes sont présentés dans le tableau 27 ci-dessous.

Tableau 27 : Rendement en UFL, UFV, PDIE, et PDIN des différentes espèces végétales

Nom de l'espèce	UFL/kgMS	UFV/kgMS	PDIE/kgMS	PDIN/KgMS
<i>Eruca vesicaria</i>	0,78	0,66	75,71	62,43
<i>Hammada scoparia</i>	0,80	0,68	79,25	76,16
<i>Medicago minima</i>	0,88	0,74	79,22	81,36
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	0,74	0,61	62,83	48,12
<i>Cleome arabica</i>	0,84	0,74	95,73	92,34
<i>Asphodelus fistulosus</i>	0,79	0,67	65,56	45,08
<i>Ormenis africana</i>	0,68	0,56	74,52	62,01
<i>Acacia raddiana</i>	0,48	0,35	60,12	57,93
<i>Tamarix africana</i>	0,70	0,58	69,47	59,06
<i>Pergularia tomentosa</i>	0,81	0,70	71,23	49,04
<i>Andropogon distachyus</i>	0,26	0,14	32,69	23,71
<i>Salsola vermiculata</i>	0,75	0,60	67,24	68,78
<i>Tamarix aphylla</i>	0,62	0,50	63,48	47,11
<i>Euphorbia calyptrata</i>	0,64	0,53	55,17	20,85
<i>Hyoscyamus muticus</i>	1,15	1,05	84,16	74,68
<i>Salsola tetragona</i>	0,66	0,53	64,83	56,74
<i>Nitraria retusa</i>	0,80	0,67	72,01	63,74
<i>Calligonum polygonoides</i>	0,66	0,53	53,84	32,63

D'une manière générale, ces résultats sont conformes à ceux rapportés en Algérie dans les régions de Bechar et Tindouf où les rendements en UFL, UFV, PDIE et PDIN se situaient respectivement dans les intervalles [0,38-0,78], [0,3-0,66], [37,09-77,82] et [15,82-65,16]. Les différences minimales entre ces résultats seraient dues aux périodes de l'année au cours desquelles les échantillons de plantes ont été collectés d'une part et les parties des plantes utilisées pour les analyses. A ce titre il y a lieu de noter que dans notre cas, les feuilles et jeunes pousses ont été triés, alors que le bois a été éliminé.

Cependant, nous sommes convaincus que des espèces pastorales présahariennes ne pourraient avoir une qualité nutritionnelle de cette grandeur. Une estimation du rendement en énergie et protéines basée sur ces résultats pourrait aboutir à une surestimation de la capacité charge animale ce qui impliquera une dégradation inévitable des écosystèmes pastoraux. Pour ce, nous supposons que les équations utilisées ne sont pas adaptées aux espèces étudiées, de plus nous ne pouvons avoir une idée globale sur la qualité nutritionnelle de ces espèces du moment où nous ne disposons pas de données sur les composants chimiques antinutritionnels. Nous avons décidé de calculer la teneur en différentes composantes chimiques (à partir de la contribution partielle des espèces dans la production de matière sèche et la teneur en chaque composante chimique de chaque espèce) et la digestibilité de la matière sèche et celle de la matière organique au niveau de chaque unité pastorale. Le tableau ci-dessous montre les valeurs des composantes chimiques et de la digestibilité au niveau des unités pastorales les valeurs maximales sont écrites en gras.

Tableau 28 : Valeurs des différentes composantes chimiques en g/KgMS au niveau des unités pastorales

Unités pastorales	MM g/KgMS	MO g/KgMS	MAT g/KgMS	CBW g/KgMS	NDF g/KgMS	ADF g/KgMS	ADL g/KgMS	SMS %MS	SMO %MO
UP1	83,6	886,4	93,9	335,2	529,8	368,3	136,4	43,5	40,8
UP2	87,2	902,8	100,9	334,1	528,9	365,6	137,1	46,1	43,5
UP3	83	917	99	344	545	381	144	44,8	42,1
UP4	234,5	765,5	91,1	251,3	397,8	198,3	56,6	55,1	51,6
UP5	139,2	860,8	88,3	348	407	294,4	66,6	61,4	50,4
UP6	132	868	57	197	443	344	185,0	51,1	50,1
UP7	92	908	78	223	415	279	126	56,9	50,7
UP8	105,1	894,9	97,2	376,4	457,1	339,1	71,9	61,3	54,7
UP9	259,1	740,9	104,6	212,8	453,3	187,7	61,5	50,9	50,8
UP10	111,6	888,4	84,8	218,2	397	260,6	119,6	57,1	51,8
UP11	172	828	89	262	446	229	73	50,8	49,8
UP12	248,5	751,5	97,3	232,5	426,8	191,5	56,8	52,8	51
UP13	118,9	881,1	74,9	211,1	410,7	287,6	134,6	56,5	52,1
UP14	174,6	825,4	108,7	269,8	426,9	257,9	86,9	59,2	57,4
UP15	162,5	837,5	69,6	321,8	361,3	256,7	59,1	60,5	53,8
UP16	141	859	95	211	370	233	110	57,5	53,5
CE	130,2	869,8	56,8	378,9	532,5	342,8	70,6	45,1	41,1

II.4 Variabilité spatiale de certaines composantes chimiques

Sachant que la qualité nutritionnelle est déterminée à partir des composantes chimiques nous avons choisi de décrire la variabilité spatiale de certains composants influents la qualité nutritionnelle comme la teneur en matières azotées totales et la digestibilité de la matière sèche. Ceci afin de voir s'il existe une différence entre les milieux où les zonations de la commune rurale.

II.4.1 Variabilité spatiale de la teneur en MAT

Les unités qui contiennent une composition floristique la plus riche en MAT (entre 100 et 110g/kgMs) sont l'unité pastorale 2, l'unité pastorale 9 et l'unité pastorale 14. Ces unités se trouvent dans des unités structurales différentes. Les unités 1, 3, 4, 8, 9 et 16 avec une teneur entre 90 et 100g/kgMs. Puis les unités pastorales des lits d'oued et l'unité pastorale 5 avec une teneur entre 70 et 90g/kgMs. Enfin nous trouvons les cours d'eau, l'unité pastorale 15 et l'unité pastorale 6 avec une teneur réduite comprise entre 50 et 70g/KgMs. Nous remarquons que les unités pastorales de chaque niveau de production sont réparties au niveau de la commune rurale mis à part les unités pastorales sur lits d'oued qui ont pratiquement la même teneur et qui sont regroupées ce qui implique qu'il existe une certaine compensation de rendement en azote entre des unités pastorales rapprochées. (figure 58).

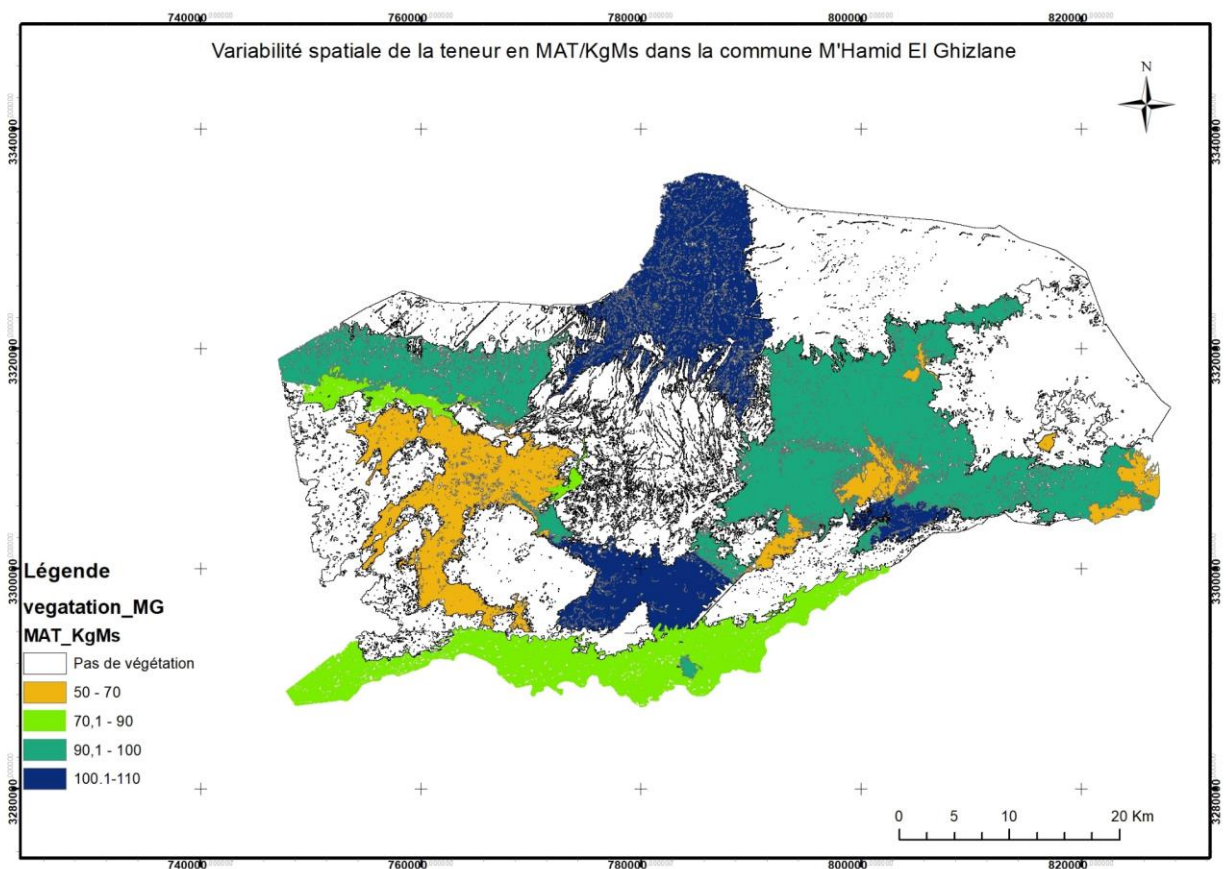


Figure 58 : Variabilité spatiale de la teneur en MAT en g/kgMs au niveau de la commune de M'Hamid El Ghizlane

II.4.2 Variabilité spatiale de la digestibilité de matière sèche

Nous remarquons que les unités pastorales à Acacia (milieu montagneux) et les cours d'eau se caractérisent par les compositions floristiques les moins digestibles (entre 45 et 50%). Une digestibilité relativement moyenne (entre 50% et 55%) est enregistrée au niveau des unités pastorales 4, 6, 9 et 11 qui se trouvent dans des unités structurales différentes et dont la plupart sont marquées par la présence de *Salsola sp.*, espèce halophyte indiquant la salinité. Les unités pastorales des lits d'Oueds, où les conditions d'humidité du sol sont relativement favorables, et l'unité pastorale 16, présentent des compositions floristiques à digestibilité relativement bonne (entre 55% et 60%). Par contre la digestibilité la plus élevée (entre 60 et 65%) est enregistrée au niveau des unités pastorales à *Ormenis africana* et l'unité pastorale 15, il est à noter que ces unités sont marquées par une densité élevée des espèces annuelles. En terme de répartition spatiale, la végétation à faible digestibilité se situe au nord de la zone, alors que la végétation moyennement digestible est localisée surtout dans la partie centrale et à l'extrémité ouest. Pourtant, la végétation caractérisée par une bonne digestibilité se situe au sud de la zone et Enfin quelques unités de végétation à digestibilité élevée sont localisées dans différentes parties de la zone (figure 59).

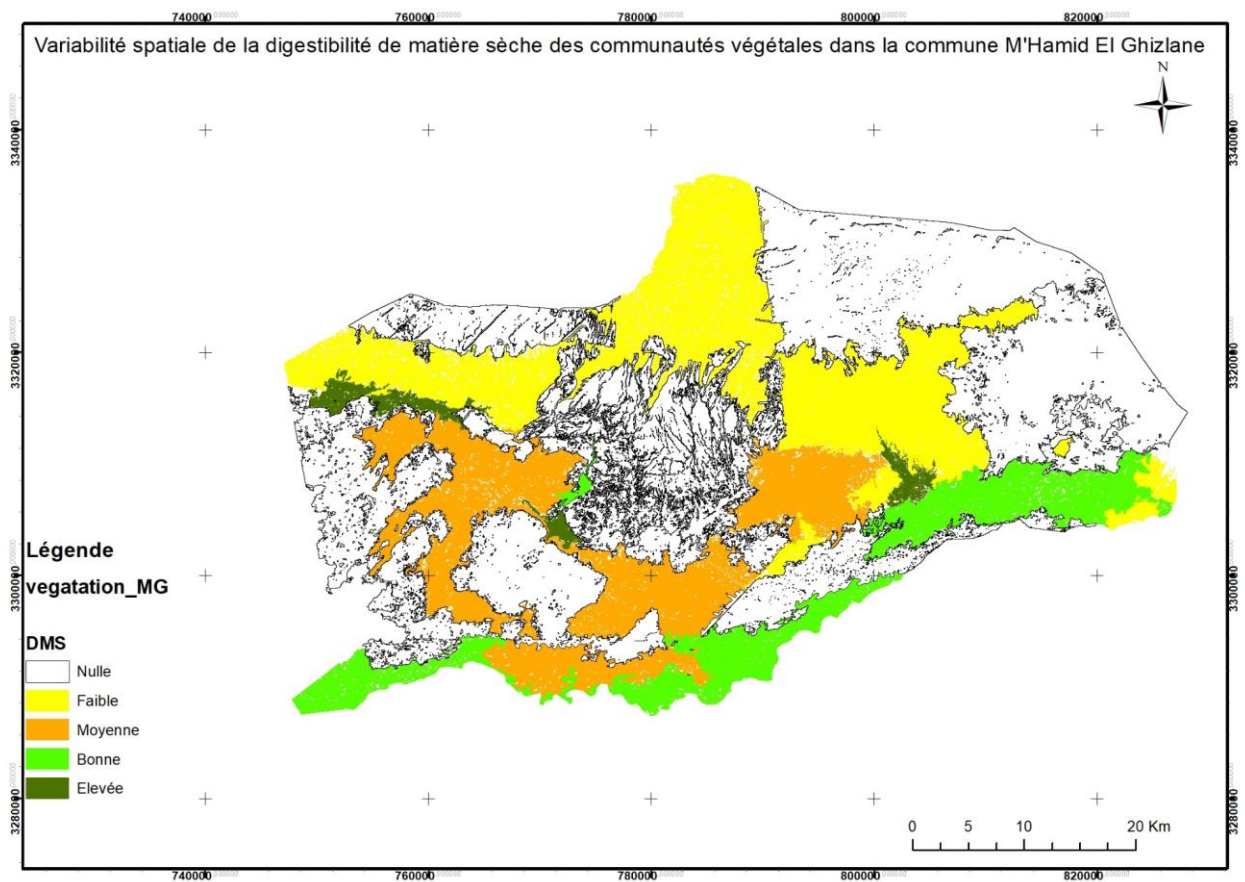


Figure 59 : Variabilité spatiale de la digestibilité au niveau de la commune de M'Hamid El Ghizlane

Conclusion et Recommandations

En guise de conclusion, la zone d'étude se situant entre *Oued Drâa* et *jbel bani*- au niveau de la commune rurale M'Hamid El Ghizlane est dotée de 16 unités pastorales plus des courts d'eaux peuplés par une végétation à base des espèces pérennes. Ces unités couvrent une superficie totale de **115000 ha** répartie sur quatre milieux différents, à savoir le milieu montagnard (**41%**), les lits d'oueds (**23%**), les dunes de sable (**20%**) et les plateaux sableux (**13%**) et les cours d'eau (**5%**). Les communautés végétales sont composées de 18 espèces dominantes dont 13 sont pérennes présentes sur les différents types de milieu et cinq sont annuelles présentes sur le milieu montagnard et les plateaux sableux avec des densités élevées dans ce dernier. Les parties consommables des espèces végétales dominantes sont caractérisées par une teneur élevée en produits pariétaux et relativement réduites en matières azotées totales et en matière minérale. Les résultats de l'ACP et la CAH montrent que ces espèces sont subdivisées en trois groupes : le premier caractérisé par des teneurs relativement élevées en MAT et MM et des teneurs relativement réduites en produits pariétaux, le deuxième caractérisé par des teneurs relativement moyennes en MAT, MM et produits pariétaux, le troisième caractérisé par des teneurs relativement élevées en produits pariétaux et par des teneurs relativement réduites en MAT et MM. La DMS et La DMO sont comprises respectivement entre [**44,8 et 61,9%**] et [**42,1 et 62,8%**]. La DMS et la DMO peuvent être expliquées selon les modèles suivants :

$$\text{DMS} = 86,98 + 0,48 * \text{MAT} - 0,81 * \text{NDF}, (R^2 = 79\%);$$

$$\text{DMO} = 76,62 + 0,89 * \text{MAT} - 0,73 * \text{NDF}, (R^2 = 80\%).$$

Pour la phytomasse, les unités pastorales sur plateaux sableux sont les plus productives avec une moyenne de **2605 kg/ha ± 1060** (ce qui indique qu'il y a une très grande variabilité de production dans ce type de milieu), suivies par les unités pastorales sur lits d'oued avec une moyenne de **1615Kg/ha ± 228,5**. Les unités pastorales sur dunes de sable viennent en troisième position avec un très grand écart une production moyenne de 312,5 kg/ha ± 72,5 et enfin le milieu montagnard avec une moyenne de 299 kg/ha ± 172,5. Les cours d'eau enregistrent une production de 3033,5 kg Ms/ha.

La végétation à faible digestibilité se situe au nord de la zone, alors que la végétation moyennement digestible est localisée surtout dans la partie centrale et à l'extrémité ouest. La végétation caractérisée par une bonne digestibilité se situe au sud de la zone et Enfin quelques unités de végétation à digestibilité élevée sont localisées dans différentes parties de la zone. Pour la teneur en MAT, une teneur moyenne est enregistrée à l'extrémité sud de la zone.

Pourtant, les différents autres niveaux de teneur en MAT se trouvent dispersés dans le reste de la zone d'étude.

À la lumière de ces résultats nous recommandons ce qui suit :

- Apporter des ajustements à la carte des unités pastorales en utilisant des images satellitaires de haute résolution spatiale ;
- Faire des analyses chimiques portant sur les métabolites secondaires afin de caractériser la palatabilité des espèces étudiées ;
- Effectuer le même travail sur une période différente pour caractériser les potentialités pastorales et la qualité fourragère en prenant en considération les fluctuations temporelles et intégrer la flore annuelle de façon plus exhaustive.
- Analyser les besoins du cheptel camelin dans la région et proposer un mode de gestion optimal pour la durabilité des écosystèmes en place.
- Prendre le cheptel caprin en considération dans la proposition d'un mode de gestion de ces écosystèmes.

Références bibliographiques

- AKASBI. (2004). *Contribution à l'évaluation des potentialités des ressources naturelles végétales de la thuriféraie de Jbel Saghro (Province de Ouarzazate)*. Rabat.
- ANDZOA. (2016). Monographie M'Hamid El Ghizlane. Zagora.
- ANNE et CAT. (2011). Expression des apports et des besoins en protéines des ruminants.
- ANNOU. (2014) index des métabolites secondaires vegetaux. Thèse de doctorat.Ouargla, Algérie. 22p.
- Badiaga.(2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali, thèse de doctorat.10p.
- BENNAJIM. (2009). Contribution à l'étude de la structure et variabilité spatiale de la phytomasse dans un écosystème steppique. Cas de la région de Ouarzazate. rabat.
- BOUALLALA.H. (2013). etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du sahara occidental algerien. cas des regions de Bechar et Tindouf. OUARGLA.
- Braun-Blanquet. (1951) *Pflanzensoziologie*. 2ème Edition: Springer, Vienne.
- CAT, et Al (2011). Expressions des apports et des besoins en protéines des ruminants.
- CHEHMA. (2005). Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien; Cas des régions de Ouargla et Ghardaia.
- CHEHMA. (2008). Productivité fourragère et capacité de charge des parcours camelins du sahar septentorial algérien.
- CHEHMA. (2009). Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien.
- CHEHMA. (2010). Valeurs nutritionnelles de plantes vivaces des parcours sahariens. Fourrages, 263-268.
- DEMARQUILLY. (1982) : “Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l’herbe, INRA, Actions du climat sur l’animal au pâturage”, Séminaire de Theix, INRA , Versailles, 31 mars-1er avril, 49-63.

- EL ABRAK. 2000. Encadrement sanitaire du cheptel camelin au Maroc. In : DAKKAK A. Maladies parasitaires et infectieuses du dromadaire. Rabat, Actes Editions. p. 9-14.
- ELKOUDRIM et al. (2006). Etat, gestion et contraintes des parcours du Maroc oriental. Oujda.
- FAYE , et TISSERAND. (1989) : “Problèmes de la détermination de la valeur alimentaire des fourrages prélevés par le dromadaire”, Séminaire sur la nutrition et l’alimentation du dromadaire, Ouargla, Algérie, Options méditerranéennes, Séries séminaires n°2, 61-65.
- FAYE. (1997) : Guide de l’élevage du dromadaire, éd. Sanofi, Libourne, France, 126 pp.
- FERCHICHI, (2013). Vulnérabilité aux changements climatiques des écosystèmes pastoraux et mesures d’adaptation pour l’amélioration de la productivité.
- FIELD. 1984, Camel growth and milk production in Marsabit district Northern Kenya. Proceeding Khartoum workshop on camel.
- Fleuriet, A. (1982). Thèse Doc. Etat, Montpellier.
- Gauthier-Pilters. (1969) Observations sur l’écologie du dromadaire en moyenne Mauritanie; Bull IFAN 129-380.
- GERHARDT. (2008). Analyse de l’azote, La méthode de Johan Kjeldahl.
- GHANIMI. (2004). Contribution à la caractérisation phytoécologique des parcours d’alfa (*stipatenacissima* l.) et à l’estimation de leurs potentialités : cas tagmout (jbel saghro). Rabat.
- Guérin. (1990). Teneur en énergies brute et digestible de fourrages disponibles en zones tropicales.
- HACHIMI et al. (2015). Restauration par mise en repos, plantations pastorales, et conservation de l’eau et du sol. *Geo-Eco-Trop*, 185-204.
- Hari. (2017). Elevage camelin : une filière dynamique. *LesEco*.
- JARRIGE. (1981) : “Les constituants glucidiques des fourrages”, Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, éd. INRA publications, Versailles, 13-40.
- Kragten. (2008). Détermination de la teneur en fibres dans les aliments pour animaux à ALP.

- LeGall. (2011). Prédiction de la teneur en fibres totales et insolubles de matières premières courantes dans l'alimentation du porc à partir de leur composition chimique.
- LONGO. (2007) : “Aspects nutritionnels des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie”, Cahiers Agric., 16, 6, 477 - 483.
- MAAMRI. (2006). Prédiction de la digestibilité de quelques ressources pastorales originaires des parcours steppiques algériens . Secheresse.
- MAURO. (2006). Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxinea et la (±)-camptothécine, thèse doctorat. p13, 16-28.
- MALECKEY. 2005. Rumen degradability of terpenes present in the spring diet of lactating goats from Basilicata (Italy). Rencontres Recherches Ruminants, Paris; Institut de l'Elevage - INRA; Vol. 13, pp. 134.
- MAPM. (2007). Elevage du dromadaire.
- Ozenda. (1991) Flore du Sahara. 2ème édition, complétée. Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Paris.
- Van Soest, Robertson, and Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.
- Vartanian. et Lemée. (1984) La notion d'adaptation à la sécheresse, Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 131:1, 7-15.
- Yusuf, Y. (2006). Trends Food Sci. Tech. p17, 64-71.

Annexes


Annexe 1

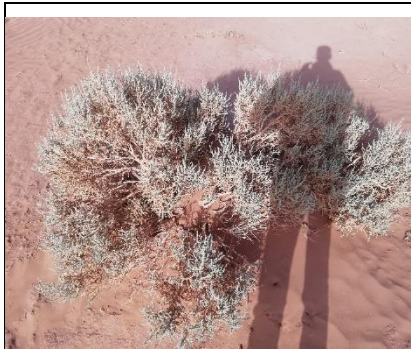



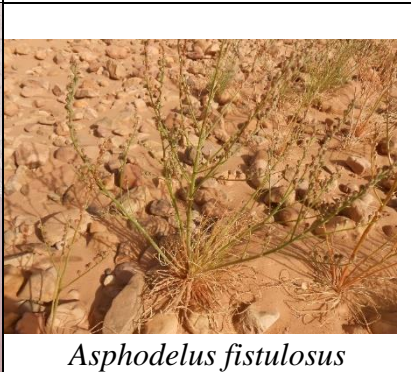


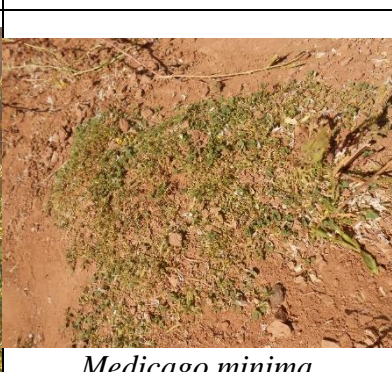
Annexe 1 : Rendement en UFL, UFV, PDIE et PDIN par KgMS des espèces sahariennes de l'Algérie

Espèces	UFL/Kg de MS		UFV/Kg de MS		PDIN (g/Kg de MS)		PDIE (g/Kg de MS)	
	P	A	P	A	P	A	P	A
<i>Acacia raddiana</i>	0.79	0.70	0.72	0.61	61.97	43.58	81.47	69.73
<i>Anabasis articulata</i>	0.68	0.47	0.61	0.38	58.57	15.43	73.97	42.88
<i>Antirrhinum ramosissimum</i>	0.47	0.43	0.36	0.31	22.47	6.47	48.66	38.87
<i>Anvillea radiata</i>	0.42	***	0.30	***	24.14	***	45.11	***
<i>Arthrophytum scoparium</i>	0.74	0.62	0.67	0.54	64.06	44.71	78.56	64.71
<i>Calligonum comosum</i>	0.71	***	0.63	***	61.91	***	77.82	***
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	0.51	0.50	0.41	0.40	8.84	4.39	43.38	41.11
<i>Cyperus conglomeratus</i>	0.51	***	0.41	***	29.82	***	52.20	***
<i>Tamarix gallica</i>	0.66	0.49	0.59	0.40	32.56	***	52.64	***
<i>Danthonia fragilis</i>	0.48	***	0.37	***	52.98	23.19	70.84	48.05
<i>Ephedra alata</i>	0.65	0.48	0.55	0.37	16.00	7.73	40.35	36.30
<i>Gymnocarpus decander</i>	0.40	0.39	0.29	0.28	27.11	***	49.34	***
<i>Launaea arborescens</i>	0.46	***	0.34	***	17.26	8.08	48.74	40.27
<i>Limoniastrum feei</i>	0.57	0.49	0.49	0.41	25.24	8.27	49.44	37.74
<i>Panicum turgidum</i>	0.47	0.41	0.36	0.29	9.37	6.06	42.64	39.44
<i>Pituranthos chloranthus</i>	0.47	0.44	0.36	0.33	65.16	***	74.69	***
<i>Psoralea plicata</i>	0.60	***	0.50	***	31.93	17.54	52.33	43.39
<i>Pulicaria crispa</i>	0.50	0.45	0.40	0.35	20.98	18.78	48.30	45.04
<i>Randonia africana</i>	0.48	0.44	0.36	0.32	76.99	46.92	87.25	63.67
<i>Retama retam</i>	0.73	0.55	0.64	0.44	15.43	10.48	45.35	40.74
<i>Rhantherium adpressum</i>	0.48	0.43	0.37	0.32	20.13	10.95	47.61	41.63
<i>Salsola foetida</i>	0.38	0.38	0.30	0.30	12.21	12.12	41.07	40.74
<i>Stipagrostis ciliata</i>	0.48	0.44	0.37	0.33	20.10	30.89	38.22	42.45
<i>Stipagrostis pungens</i>	0.42	0.42	0.31	0.30	28.15	5.14	45.81	28.37
<i>Sueada mollis</i>	0.43	0.32	0.35	0.24	62.42	22.21	73.05	46.52
<i>Thymelaea microphylla</i>	0.53	0.49	0.42	0.37	36.57	17.04	57.95	47.00
<i>Traganum nudatum</i>	0.47	0.39	0.38	0.29	40.20	9.94	54.15	35.72
<i>Zilla macroptera</i>	0.56	0.40	0.44	0.28	51.34	16.00	66.06	40.84
<i>Zygophyllum album</i>	0.68	0.52	0.61	0.43	57.34	32.91	72.13	54.16
<i>Zygophyllum gaetulum</i>	0.67	0.60	0.63	0.53	62.92	44.27	72.51	61.96

Annexe 2

Annexe 5 : Espèces végétales dominantes de la zone d'étude

 <p><i>Acacia raddiana</i></p>	 <p><i>Ormenis africana</i></p>	 <p><i>Hammada scoparia</i></p>
 <p><i>Zygophyllum gaetulum</i></p>	 <p><i>Calligonum polygonoides</i></p>	 <p><i>Tamarix aphylla</i></p>
 <p><i>Nitraria retusa</i></p>	 <p><i>Salsola vermiculata</i></p>	 <p><i>Tamarix africana</i></p>

 <p><i>Salsola tetragona</i></p>	 <p><i>Euphorbia calyptrata</i></p>	 <p><i>Andropogon distachyus</i></p>
 <p><i>Pergularia tomentosa</i></p>	 <p><i>Asphodelus fistulosus</i></p>	 <p><i>Cleome arabica</i></p>
 <p><i>Hyosicamus muticus</i></p>	 <p><i>Eruca vesicaria</i></p>	 <p><i>Medicago minima</i></p>

Annexe 3

Annexe 6 : Matrice de confusion de la validation numérique de la classification

Confusion Matrix: D:\test\testgeoref

Overall Accuracy = (3453/3924) 87.9969%

Kappa Coefficient = 0.8334

Class	Ground Truth (Pixels)			
	CE_val	F1_val	F2_val	F3_val
Unclassified	0	0	0	0
CE	14	0	0	0
F1	0	32	0	0
F2	0	0	0	0
F3	0	0	24	85
F4	0	0	0	0
F5	0	0	0	0
F6	0	0	0	0
F7	0	0	0	0
F8	0	0	0	0
F9	0	0	0	0
F10	0	0	0	0
F11	0	0	0	0
F12	0	0	0	0
F13	0	0	0	0
F14	0	0	0	0
F15	0	0	0	0
F16	7	0	0	0
RO	0	11	40	0
SA	0	0	0	0
PA	0	0	0	0
Total	21	43	64	85

29

Confusion Matrix: D:\test\testgeoref

Overall Accuracy = (3453/3924) 87.9969%

Kappa Coefficient = 0.8334

Class	Ground Truth (Pixels)		F2_val	F3_val
	CE_val	F1_val		
Unclassified	0	0	0	0
CE	14	0	0	0
F1	0	32	0	0
F2	0	0	0	0
F3	0	0	24	85
F4	0	0	0	0
F5	0	0	0	0
F6	0	0	0	0
F7	0	0	0	0
F8	0	0	0	0
F9	0	0	0	0
F10	0	0	0	0
F11	0	0	0	0
F12	0	0	0	0
F13	0	0	0	0
F14	0	0	0	0
F15	0	0	0	0
F16	7	0	0	0
RO	0	11	40	0
SA	0	0	0	0
PA	0	0	0	0
Total	21	43	64	85

Class	Ground Truth (Pixels)			
	F5_val	F6_val	F7_val	F8_val
0 Unclassified	0	0	0	0
0 CE	0	0	0	0
0 F1	0	0	0	0
0 F2	0	0	88	0
0 F3	0	0	42	0
0 F4	0	0	0	0
0 F5	62	0	0	0
0 F6	12	178	0	0
0 F7	0	0	137	0
0 F8	0	0	0	72
33 F9	0	0	0	0
0 F10	0	0	0	0
0 F11	0	0	0	0
0 F12	0	0	0	0
0 F13	0	0	0	0
0 F14	0	0	0	0
0 F15	0	0	0	0
0 F16	0	0	0	0
0 RO	0	0	6	0
0 SA	0	0	0	0
0 PA	0	0	0	0
33 Total	74	178	273	72

Class	Ground Truth (Pixels)		F12_val	F13_val
	F10_val	F11_val		
Unclassified	0	0	0	0
CE	0	0	0	0
F1	0	0	0	0
F2	0	0	0	0
F3	0	0	0	0
F4	0	0	0	0
F5	0	0	0	0
F6	0	0	0	0
F7	0	0	0	0
F8	0	0	0	0
F9	0	0	0	0
F10	25	27	0	0
F11	11	7	0	0
F12	0	0	9	41
F13	0	0	57	63
F14	0	0	0	0
F15	0	0	0	0
F16	0	0	0	0
RO	0	0	0	0
SA	0	0	0	0
PA	0	0	38	0
Total	36	34	104	104

81

Class	Ground Truth (Pixels)		roc_val	sabval
	F15_val	F16_val		
plarg Unclassified	0	0	0	0
0				
0	CE	0	0	0
0	F1	0	0	0
0	F2	0	0	0
0	F3	0	0	0
0	F4	0	0	0
0	F5	0	0	0
0	F6	0	0	38
0	F7	0	0	0
0	F8	0	0	0
0	F9	0	0	0
0	F10	0	0	0
0	F11	0	0	0
11	F12	0	0	0
0	F13	0	0	0
0	F14	1	0	0
0	F15	30	0	0
0	F16	0	263	0
0	RO	0	297	0
0	SA	0	0	1976
0	PA	0	0	0
77	Total	31	263	2014
88				

Class	Ground Truth (Pixels) Total
Unclassified	0
CE	14
F1	32
F2	88
F3	151
F4	29
F5	62
F6	228
F7	137
F8	72
F9	33
F10	52
F11	29
F12	50
F13	120
F14	65
F15	33
F16	284
RO	354
SA	1976
PA	115
Total	3924

Class	Ground Truth (Percent)			
	CE_val	F1_val	F2_val	F3_val
F4_val				
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
CE	66.67	0.00	0.00	0.00
0.00				
F1	0.00	74.42	0.00	0.00
0.00				
F2	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F3	0.00	0.00	37.50	100.00
0.00				
F4	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00				
F5	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F6	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F7	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F8	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F9	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F10	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F11	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F12	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				
F13	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00				

0.00	F14	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F15	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F16	33.33	0.00	0.00	0.00
0.00	RO	0.00	25.58	62.50	0.00
0.00	SA	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	PA	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Ground Truth (Percent)				
	F5_val	F6_val	F7_val	F8_val	
0.00	Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	CE	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F2	0.00	0.00	32.23	0.00
0.00	F3	0.00	0.00	15.38	0.00
0.00	F4	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F5	83.78	0.00	0.00	0.00
0.00	F6	16.22	100.00	0.00	0.00
0.00	F7	0.00	0.00	50.18	0.00
0.00	F8	0.00	0.00	0.00	100.00
100.00	F9	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F10	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F11	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F12	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F13	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F14	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F15	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F16	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	RO	0.00	0.00	2.20	0.00
0.00	SA	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	PA	0.00	0.00	0.00	0.00

100.00	Total	100.00	100.00	100.00	100.00
--------	-------	--------	--------	--------	--------

		Ground Truth (Percent)			
Class	F14_val	F10_val	F11_val	F12_val	F13_val
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F10	0.00	69.44	79.41	0.00	0.00
F11	0.00	30.56	20.59	0.00	0.00
F12	0.00	0.00	0.00	8.65	39.42
F13	0.00	0.00	0.00	54.81	60.58
F14	79.01	0.00	0.00	0.00	0.00
F15	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00
F16	17.28	0.00	0.00	0.00	0.00
RO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PA	0.00	0.00	0.00	36.54	0.00
100.00	Total	100.00	100.00	100.00	100.00

		Ground Truth (Percent)			
Class	plarg	F15_val	F16_val	roc_val	sabval
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

0.00	F1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F2	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F3	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F4	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F5	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F6	0.00	0.00	0.00	1.89
0.00	F7	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F8	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F9	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F10	0.00	0.00	0.00	0.00
12.50	F11	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F12	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F13	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	F14	3.23	0.00	0.00	0.00
0.00	F15	96.77	0.00	0.00	0.00
0.00	F16	0.00	100.00	0.00	0.00
0.00	RO	0.00	0.00	100.00	0.00
0.00	SA	0.00	0.00	0.00	98.11
87.50	PA	0.00	0.00	0.00	0.00
100.00	Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Ground Truth (Percent)	
Class	Total
Unclassified	0.00
CE	0.36
F1	0.82
F2	2.24
F3	3.85
F4	0.74
F5	1.58
F6	5.81
F7	3.49
F8	1.83
F9	0.84
F10	1.33
F11	0.74
F12	1.27
F13	3.06
F14	1.66
F15	0.84

F16	7.24
RO	9.02
SA	50.36
PA	2.93
Total	100.00

Class (Pixels)	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission	Omission (Pixels)
CE	0.00	33.33	0/14	7/21
F1	0.00	25.58	0/32	11/43
F2	100.00	100.00	88/88	64/64
F3	43.71	0.00	66/151	0/85
F4	0.00	0.00	0/29	0/29
F5	0.00	16.22	0/62	12/74
F6	21.93	0.00	50/228	0/178
F7	0.00	49.82	0/137	136/273
F8	0.00	0.00	0/72	0/72
F9	0.00	0.00	0/33	0/33
F10	51.92	30.56	27/52	11/36
F11	75.86	79.41	22/29	27/34
F12	82.00	91.35	41/50	95/104
F13	47.50	39.42	57/120	41/104
F14	1.54	20.99	1/65	17/81
F15	9.09	3.23	3/33	1/31
F16	7.39	0.00	21/284	0/263
RO	16.10	0.00	57/354	0/297
SA	0.00	1.89	0/1976	38/2014
PA	33.04	12.50	38/115	11/88

Class Acc. (Pixels)	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc.	User (Pixels)
CE	66.67	100.00	14/21	14/14
F1	74.42	100.00	32/43	32/32
F2	0.00	0.00	0/64	0/88
F3	100.00	56.29	85/85	85/151
F4	100.00	100.00	29/29	29/29
F5	83.78	100.00	62/74	62/62
F6	100.00	78.07	178/178	178/228
F7	50.18	100.00	137/273	137/137
F8	100.00	100.00	72/72	72/72
F9	100.00	100.00	33/33	33/33
F10	69.44	48.08	25/36	25/52
F11	20.59	24.14	7/34	7/29
F12	8.65	18.00	9/104	9/50
F13	60.58	52.50	63/104	63/120
F14	79.01	98.46	64/81	64/65
F15	96.77	90.91	30/31	30/33
F16	100.00	92.61	263/263	263/284
RO	100.00	83.90	297/297	297/354
SA	98.11	100.00	1976/2014	1976/1976
PA	87.50	66.96	77/88	77/115

Annexe 4

Annexe 7 : Analyse en composantes principales

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
MM (%MS)	18	0	18	7,200	26,600	15,439	6,115
MO (%MS)	18	0	18	73,400	92,800	84,561	6,115
MAT (%MS)	18	0	18	3,300	14,200	8,917	2,795
CBW (%MS)	18	0	18	17,200	45,000	28,300	7,486
NDF (%MS)	18	0	18	28,000	70,300	42,994	9,104
ADF (%MS)	18	0	18	17,200	43,200	27,978	7,103
ADL (%MS)	18	0	18	3,800	18,500	8,844	3,646

Analyse en Composantes Principales :

Valeurs propres :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valeur propre	4,307	1,218	0,697	0,586	0,146	0,046
Variabilité (%)	61,523	17,405	9,957	8,375	2,087	0,653
% cumulé	61,523	78,928	88,885	97,260	99,347	100,000

Vecteurs propres :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	-					
MM (%MS)	0,438	-0,178	-0,177	0,416	-0,267	-0,021
MO (%MS)	0,438	0,178	0,177	-0,416	0,267	0,021
	-					
MAT (%MS)	0,297	0,100	0,931	0,018	-0,171	0,077
CBW (%MS)	0,381	-0,501	0,134	-0,101	-0,491	-0,578
NDF (%MS)	0,366	-0,202	0,224	0,715	0,506	-0,086
ADF (%MS)	0,462	-0,022	-0,004	0,194	-0,495	0,710
ADL (%MS)	0,187	0,796	-0,054	0,307	-0,292	-0,385

Coordonnées des variables :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
MM (%MS)	-0,910	-0,196	-0,147	0,319	-0,102	-0,005
MO (%MS)	0,910	0,196	0,147	-0,319	0,102	0,005
MAT (%MS)	-0,616	0,110	0,777	0,014	-0,066	0,016
CBW (%MS)	0,790	-0,553	0,112	-0,077	-0,188	-0,124
NDF (%MS)	0,760	-0,223	0,187	0,548	0,193	-0,018
ADF (%MS)	0,958	-0,024	-0,003	0,148	-0,189	0,152
ADL (%MS)	0,388	0,879	-0,045	0,235	-0,112	-0,082

Corrélations entre les variables et les facteurs :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
MM (%MS)	-0,910	-0,196	-0,147	0,319	-0,102	-0,005
MO (%MS)	0,910	0,196	0,147	-0,319	0,102	0,005
MAT (%MS)	-0,616	0,110	0,777	0,014	-0,066	0,016
CBW (%MS)	0,790	-0,553	0,112	-0,077	-0,188	-0,124
NDF (%MS)	0,760	-0,223	0,187	0,548	0,193	-0,018
ADF (%MS)	0,958	-0,024	-0,003	0,148	-0,189	0,152
ADL (%MS)	0,388	0,879	-0,045	0,235	-0,112	-0,082

Contributions des variables (%) :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
MM (%MS)	19,224	3,154	3,116	17,316	7,146	0,045
MO (%MS)	19,224	3,154	3,116	17,316	7,146	0,045
MAT (%MS)	8,807	0,992	86,636	0,034	2,939	0,591
CBW (%MS)	14,505	25,140	1,804	1,016	24,141	33,394
NDF (%MS)	13,407	4,099	5,039	51,145	25,578	0,733
ADF (%MS)	21,330	0,048	0,002	3,750	24,510	50,360
ADL (%MS)	3,504	63,413	0,287	9,424	8,539	14,832

Cosinus carrés des variables :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
MM (%MS)	0,828	0,038	0,022	0,102	0,010	0,000
MO (%MS)	0,828	0,038	0,022	0,102	0,010	0,000
MAT (%MS)	0,379	0,012	0,604	0,000	0,004	0,000
CBW (%MS)	0,625	0,306	0,013	0,006	0,035	0,015
NDF (%MS)	0,577	0,050	0,035	0,300	0,037	0,000
ADF (%MS)	0,919	0,001	0,000	0,022	0,036	0,023
ADL (%MS)	0,151	0,773	0,002	0,055	0,012	0,007

Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand

Coordonnées des observations :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Obs1	0,579	-0,866	0,510	-0,407	-0,196	0,109
Obs2	-1,172	0,380	0,808	0,334	0,185	-0,178
Obs3	-2,729	-0,540	0,406	0,717	-0,427	0,334
Obs4	-1,398	-0,895	-0,961	-0,817	-0,336	-0,416
Obs5	0,173	0,291	2,157	-0,598	0,207	0,078
Obs6	0,492	0,174	-0,656	0,286	-0,640	-0,103
Obs7	1,708	-0,765	0,870	-0,604	-0,390	0,074
Obs8	2,712	0,995	1,076	0,618	-0,358	-0,080
Obs9	-0,690	1,234	-0,035	-0,513	0,385	-0,059
Obs10	0,153	-0,248	-0,425	-0,915	-0,007	-0,045
Obs11	4,291	-1,982	-0,349	1,491	0,252	0,020
Obs12	-2,884	-0,851	-0,120	1,400	0,538	-0,132
Obs13	0,860	1,624	-0,217	-0,596	0,647	0,088
Obs14	2,775	-1,026	-1,175	-1,175	0,247	0,205
Obs15	-4,053	-0,586	-0,486	-0,221	-0,048	0,444
Obs16	-0,723	-0,329	-0,082	0,129	0,568	-0,216
Obs17	-1,319	0,660	-0,075	-0,034	-0,430	-0,327

Obs18	1,225	2,728	-1,245	0,906	-0,197	0,206
-------	-------	-------	--------	-------	--------	-------

Contributions des observations (%) :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Obs1	0,432	3,417	2,077	1,569	1,459	1,448
Obs2	1,773	0,657	5,203	1,059	1,304	3,874
Obs3	9,605	1,328	1,312	4,866	6,917	13,558
Obs4	2,522	3,654	7,365	6,330	4,288	21,042
Obs5	0,039	0,386	37,100	3,391	1,624	0,733
Obs6	0,312	0,137	3,428	0,776	15,568	1,300
Obs7	3,762	2,667	6,036	3,460	5,788	0,659
Obs8	9,489	4,518	9,222	3,615	4,879	0,783
Obs9	0,615	6,945	0,010	2,492	5,635	0,426
Obs10	0,030	0,280	1,439	7,942	0,002	0,242
Obs11	23,758	17,906	0,973	21,072	2,411	0,049
Obs12	10,731	3,299	0,115	18,564	11,008	2,124
Obs13	0,954	12,025	0,377	3,364	15,939	0,937
Obs14	9,932	4,799	11,012	13,091	2,320	5,096
Obs15	21,189	1,564	1,883	0,463	0,087	23,923
Obs16	0,674	0,493	0,054	0,158	12,257	5,670
Obs17	2,245	1,985	0,045	0,011	7,039	12,966
Obs18	1,937	33,940	12,352	7,778	1,475	5,170

Cosinus carrés des observations :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Obs1	0,215	0,480	0,167	0,106	0,025	0,008
Obs2	0,585	0,061	0,278	0,048	0,015	0,014
Obs3	0,855	0,033	0,019	0,059	0,021	0,013
Obs4	0,422	0,173	0,199	0,144	0,024	0,037
Obs5	0,006	0,016	0,899	0,069	0,008	0,001
Obs6	0,201	0,025	0,357	0,068	0,340	0,009
Obs7	0,610	0,122	0,158	0,076	0,032	0,001
Obs8	0,734	0,099	0,115	0,038	0,013	0,001
Obs9	0,197	0,631	0,001	0,109	0,061	0,001
Obs10	0,021	0,056	0,163	0,758	0,000	0,002
Obs11	0,744	0,159	0,005	0,090	0,003	0,000
Obs12	0,735	0,064	0,001	0,173	0,026	0,002
Obs13	0,176	0,627	0,011	0,084	0,100	0,002
Obs14	0,663	0,091	0,119	0,119	0,005	0,004
Obs15	0,952	0,020	0,014	0,003	0,000	0,011
Obs16	0,511	0,106	0,007	0,016	0,315	0,046
Obs17	0,703	0,176	0,002	0,000	0,075	0,043
Obs18	0,132	0,653	0,136	0,072	0,003	0,004

Les valeurs en gras correspondent pour chaque observation au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand.

Annexe 5

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart- type
MM (%MS)	18	0	18	7,200	26,600	15,439	6,115
MO (%MS)	18	0	18	73,400	92,800	84,561	6,115
MAT (%MS)	18	0	18	3,300	14,200	8,917	2,795
CBW (%MS)	18	0	18	17,200	45,000	28,300	7,486
NDF (%MS)	18	0	18	28,000	70,300	42,994	9,104
ADF (%MS)	18	0	18	17,200	43,200	27,978	7,103
ADL (%MS)	18	0	18	3,800	18,500	8,844	3,646

Décomposition de la variance pour la classification optimale :

	Absolu	Pourcentage
Intra-classe	120,793	42,34%
Inter-classes	164,473	57,66%
Totale	285,266	100,00%

Barycentres des classes :

Classe	MM (%MS)	MO (%MS)	MAT (%MS)	CBW (%MS)	NDF (%MS)	ADF (%MS)	ADL (%MS)
1	14,918	85,082	9,082	26,664	40,500	26,673	9,827
2	26,100	73,900	11,233	20,267	37,533	19,633	5,233
3	8,875	91,125	6,725	38,825	53,950	37,825	8,850

Objets centraux :

Classe	MM (%MS)	MO (%MS)	MAT (%MS)	CBW (%MS)	NDF (%MS)	ADF (%MS)	ADL (%MS)
1 (PerTom)	13,500	86,500	7,600	30,100	37,300	27,100	7,400
2 (MedMin)	25,100	74,900	12,300	22,700	38,300	23,400	6,200
3 (AcRad)	8,300	91,700	9,900	34,400	54,500	38,100	14,400

Distances entre les objets centraux :

	1 (PerTom)	2 (MedMin)	3 (AcRad)
1 (PerTom)	0	19,029	23,317
2 (MedMin)	19,029	0	35,396
3 (AcRad)	23,317	35,396	0

Résultats par classe :

Classe	1	2	3
Objets	11	3	4
Somme des poids	11	3	4
Variance intra-classe	99,054	106,967	202,473
Distance minimale au barycentre	5,860	4,977	7,842
Distance moyenne au barycentre	9,121	8,124	11,602
Distance maximale au barycentre	14,670	10,434	18,604
	EruVes	MedMin	OrmAfr
	HamSco	SalVer	AcRad
	ZyGae	HyoMu	AndDis
	ClAra		EupCal
	AsFus		
	TamAfr		
	PerTom		
	TamAph		
	SalTet		
	NitRet		
	CalPol		

Annexe 6

Annexe 9 : Détails du modèle de la régression de DMS

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart- type
SMS (%MS)	18	0	18	29,600	70,900	56,278	8,985
MM (%MS)	18	0	18	7,200	26,600	15,439	6,115
MO (%MS)	18	0	18	73,400	92,800	84,561	6,115
MAT (%MS)	18	0	18	3,300	14,200	8,917	2,795
CBW (%MS)	18	0	18	17,200	45,000	28,300	7,486
NDF (%MS)	18	0	18	28,000	70,300	42,994	9,104
ADF (%MS)	18	0	18	17,200	43,200	27,978	7,103
ADL (%MS)	18	0	18	3,800	18,500	8,844	3,646

Matrice de corrélation :

	MM (%MS)	MO (%MS)	MAT (%MS)	CBW (%MS)	NDF (%MS)	ADF (%MS)	ADL (%MS)	SMS (%MS)
MM (%MS)	1	-1,000	0,435	-0,632	-0,520	-0,801	-0,432	0,289
MO (%MS)	-1,000	1	-0,435	0,632	0,520	0,801	0,432	-0,289
MAT (%MS)	0,435	-0,435	1	-0,451	-0,352	-0,579	-0,168	0,440
CBW (%MS)	-0,632	0,632	-0,451	1	0,669	0,776	-0,171	-0,427
NDF (%MS)	-0,520	0,520	-0,352	0,669	1	0,775	0,199	-0,877
ADF (%MS)	-0,801	0,801	-0,579	0,776	0,775	1	0,395	-0,589
ADL (%MS)	-0,432	0,432	-0,168	-0,171	0,199	0,395	1	-0,260
SMS (%MS)	0,289	-0,289	0,440	-0,427	-0,877	-0,589	-0,260	1

Régression de la variable SMS (%MS) :

Coefficients d'ajustement (SMS (%MS)) :

Observations	18,000
Somme des poids	18,000
DDL	11,000
R ²	0,907
R ² ajusté	0,856
MCE	11,631
RMCE	3,410
MAPE	3,838
DW	1,675
Cp	7,000
AIC	49,302
SBC	55,535
PC	0,212

Analyse de la variance (SMS (%MS)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	1244,386	207,398	17,831	< 0,0001
Erreur	11	127,945	11,631		
Total corrigé	17	1372,331			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Analyse Type I Sum of Squares (SMS (%MS)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
MM (%MS)	1	114,450	114,450	9,840	0,009
MO (%MS)	0	0,000			
MAT (%MS)	1	167,210	167,210	14,376	0,003
CBW (%MS)	1	75,545	75,545	6,495	0,027
NDF (%MS)	1	863,048	863,048	74,200	< 0,0001
ADF (%MS)	1	2,999	2,999	0,258	0,622
ADL (%MS)	1	21,134	21,134	1,817	0,205

Analyse Type III Sum of Squares (SMS (%MS)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
MM (%MS)	1	24,898	24,898	2,141	0,171
MO (%MS)	0	0,000			
MAT (%MS)	1	90,492	90,492	7,780	0,018
CBW (%MS)	1	0,424	0,424	0,036	0,852
NDF (%MS)	1	598,468	598,468	51,453	< 0,0001
ADF (%MS)	1	18,298	18,298	1,573	0,236
ADL (%MS)	1	21,134	21,134	1,817	0,205

Paramètres du modèle (SMS (%MS)) :

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	93,612	12,157	7,700	0,0001	66,854	120,369
MM (%MS)	-0,377	0,258	-1,463	0,171	-0,945	0,190
MO (%MS)	0,000	0,000				
MAT (%MS)	1,045	0,375	2,789	0,018	0,220	1,870
CBW (%MS)	-0,064	0,336	-0,191	0,852	-0,804	0,675
NDF (%MS)	-1,114	0,155	-7,173	0,0001	-1,455	-0,772
ADF (%MS)	0,523	0,417	1,254	0,236	-0,395	1,440
ADL (%MS)	-0,650	0,483	-1,348	0,205	-1,713	0,412

Annexe 7

Annexe 10 : Détails du modèle de la régression de DMO

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart- type
SMO (%MO)	18	0	18	26,800	68,400	53,356	8,760
MM (%MS)	18	0	18	7,200	26,600	15,439	6,115
MO (%MS)	18	0	18	73,400	92,800	84,561	6,115
MAT (%MS)	18	0	18	3,300	14,200	8,917	2,795
CBW (%MS)	18	0	18	17,200	45,000	28,300	7,486
NDF (%MS)	18	0	18	28,000	70,300	42,994	9,104
ADF (%MS)	18	0	18	17,200	43,200	27,978	7,103
ADL (%MS)	18	0	18	3,800	18,500	8,844	3,646

Matrice de corrélation :

	MM (%MS)	MO (%MS)	MAT (%MS)	CBW (%MS)	NDF (%MS)	ADF (%MS)	ADL (%MS)	SMO (%MO)
MM (%MS)	1	-1,000	0,435	-0,632	-0,520	-0,801	-0,432	0,410
MO (%MS)	-1,000	1	-0,435	0,632	0,520	0,801	0,432	-0,410
MAT (%MS)	0,435	-0,435	1	-0,451	-0,352	-0,579	-0,168	0,551
CBW (%MS)	-0,632	0,632	-0,451	1	0,669	0,776	-0,171	-0,536
NDF (%MS)	-0,520	0,520	-0,352	0,669	1	0,775	0,199	-0,855
ADF (%MS)	-0,801	0,801	-0,579	0,776	0,775	1	0,395	-0,652
ADL (%MS)	-0,432	0,432	-0,168	-0,171	0,199	0,395	1	-0,265
SMO (%MO)	0,410	-0,410	0,551	-0,536	-0,855	-0,652	-0,265	1

Régression de la variable SMO (%MO) :

Coefficients d'ajustement (SMO (%MO)) :

Observations	18,000
Somme des poids	18,000
DDL	11,000
R ²	0,879
R ² ajusté	0,813
MCE	14,370
RMCE	3,791
MAPE	4,898
DW	2,067
Cp	7,000
AIC	53,108
SBC	59,341

Analyse de la variance (SMO (%MO)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	1146,392	191,065	13,296	0,000
Erreur	11	158,072	14,370		
Total corrigé	17	1304,464			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Analyse Type I Sum of Squares (SMO (%MO)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
MM (%MS)	1	219,684	219,684	15,287	0,002
MO (%MS)	0	0,000			
MAT (%MS)	1	223,222	223,222	15,534	0,002
CBW (%MS)	1	89,233	89,233	6,210	0,030
NDF (%MS)	1	549,547	549,547	38,242	< 0,0001
ADF (%MS)	1	13,206	13,206	0,919	0,358
ADL (%MS)	1	51,501	51,501	3,584	0,085

Analyse Type III Sum of Squares (SMO (%MO)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
MM (%MS)	1	8,256	8,256	0,575	0,464
MO (%MS)	0	0,000			
MAT (%MS)	1	153,532	153,532	10,684	0,007
CBW (%MS)	1	24,653	24,653	1,716	0,217
NDF (%MS)	1	433,733	433,733	30,183	0,000
ADF (%MS)	1	54,633	54,633	3,802	0,077
ADL (%MS)	1	51,501	51,501	3,584	0,085

Paramètres du modèle (SMO (%MO)) :

Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	82,884	13,513	6,134	0,0001	53,142	112,625
MM (%MS)	-0,217	0,287	-0,758	0,464	-0,849	0,414
MO (%MS)	0,000	0,000				
MAT (%MS)	1,361	0,416	3,269	0,007	0,445	2,278
CBW (%MS)	-0,489	0,373	-1,310	0,217	-1,311	0,333
NDF (%MS)	-0,948	0,173	-5,494	0,000	-1,328	-0,568
ADF (%MS)	0,904	0,463	1,950	0,077	-0,116	1,923
ADL (%MS)	-1,015	0,536	-1,893	0,085	-2,196	0,165

ملخص

تم إجراء هذه الدراسة على صعيد الجماعة القروية محاميد الغزلان، وهي تهدف بالأساس إلى تحديد الوحدات الرعوية وتوصيف مقدراتها من حيث المساحة والإنتاجية إضافة إلى جودة الكلاً. من الجدير بالذكر أن حساب مساحة الوحدات الرعوية تم عن طريق إعداد خريطة موضوعاتية. هذه المساحة بلغت في مجملها 115000 هكتار موزعة على 4 وحدات بنيوية مهمة وهي: المنطقة الجبلية (41%) والسهول الرملية (13%) و ضفاف الوادي (23%) و العروق الرملية (20%)، فضلا عن الممرات المائية (3%). كما أظهرت النتائج المتعلقة بقياس الكتلة النباتية أن الوحدات الرعوية المتواجدة على مستوى السهول الرملية تمثل الوحدات الأكثر إنتاجية بمتوسط قدره: $2605 \text{ KgMS/ha} \pm 1092$. متبوعة بالوحدات الرعوية المتموقعة على ضفاف الوادي بمتوسط قدره ب $1615 \text{ KgMS/ha} \pm 288,5$. في المركز الثالث تأتي بفارق مهم الوحدات الرعوية التي توجد بالعروق الرملية والتي بلغ المتوسط بها $312,5 \text{ KgMS/ha} \pm 72,5$. وفي المرتبة الأخيرة توجد الوحدات الرعوية الجبلية ($298,5 \pm 172,5$). من ناحية أخرى تم القيام بتحليل كيميائية تهم الجزء القابل للاستهلاك من النباتات المتواجدة بوفرة، هذه التحاليل تم إجرائها على مستوى المختبرات التابعة لمركز CIRAD Montpellier. النتائج المحصل عليها بعد إجراء هذه التحاليل أوضحت أن الأنواع النباتية المتواجدة بوفرة تحتوي عموما على نسب مرتفعة من السيليلوز ومن مكونات الغشاء الخلوي، بينما تحتوي في المقابل على نسب ضعيفة من المادة الأزوتية الإجمالية ومن المواد المعدنية. هذه الأنواع يمكن تقسيمها إلى 3 مجموعات، حسب ما جاءت به نتائج التحليلين الإحصائيين ACP وCHA والتي تنبني على التركيبية الكيميائية للنباتة: المجموعة الأولى تحتوي على نسب متوسطة من السيليلوز ومن مكونات الغشاء الخلوي و المادة الأزوتية الإجمالية ومن المواد المعدنية مقارنة بباقي المجموعات. أما المجموعة الثانية فتحتوي على نسب مرتفعة نسبيا من المادة الأزوتية الإجمالية ومن المواد المعدنية، إضافة إلى قدر قليل من مكونات الغشاء الخلوي. بالنسبة للمجموعة الثالثة، فيمكن إعتبار إحتوائها على المادة الأزوتية الإجمالية والمواد المعدنية ضعيف قليلا، فيما تعتبر نسبة تواجد مكونات الغشاء الخلوي مرتفعة نسبيا. كما تعتبر القابلية للهضم عطا عن نسبة المادة الأزوتية الكلية من إجمالي المادة الجافة من بين المؤشرات المهمة التي تم قياسها على مستوى جميع الوحدات الرعوية. هذا القياس تم بناء على التركيبية النباتية إضافة إلى إحتواء كل نوع على العناصر الكيميائية المهمة. وفي الأخير تم توصيف التباين المجالي المسجل فيما يخص مؤشري القابلية للهضم ونسبة المادة الأزوتية الكلية من إجمالي المادة الجافة.

الكلمات المفاتيح: محاميد الغزلان، وحدة رعوية، كتلة نباتية، تركيبة كيميائية، جودة الكلاً، قابلية للهضم، تباين مجالي.

مشروع نهاية الدراسات لنيل دبلوم مهندس دولة في العلوم الزراعية

شعبة الإكولوجيا وإدارة النظم البيئية الطبيعية

توصيف الإمكانيات الرعوية وجودة الكلاً في المراعي الشبه
صحراوية. حالة الجماعة القروية لمحاميد الغزلان

قدم للعموم ونوقش من طرف:
السيد زرينح بدر

أمام اللجنة المكونة من:

رئيس	معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة	الأستاذ. محمد الطاهر صرايري
مقرر	معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة	الأستاذ. محمد يسف
مقرر	المركز الدولي للبحث الزراعي و التنمية	السيد. كريم بركاوي
ممتحن	معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة	الأستاذ. عبد القادر الطالب
ممتحن	المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي و رزازات	السيد. أحمد رمضان

أكتوبر 2018