

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE (ENSA) EL HARRACH - ALGER



THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLOME DE DOCTORAT EN SCIENCES AGRONOMIQUES  
Option : Productions Végétales

THEME

LES ESPECES PASTORALES ET FOURRAGERES ORIGINAIRES  
DE LA STEPPE ALGERIENNE: DISTRIBUTION, DIVERSITE  
ET VOIES D'UTILISATION

Présentée par : Maamri Fatma

**Soutenue publiquement devant le jury composé de :**

Mr. TRIKI S.	Président	Professeur ENSA
Mme. ZERMANE N.	Directrice de thèse	Professeur ENSA
Mr. ABDELKRIM H.	Examinateur	Professeur ENSA
Mme. BENRIMA A.	Examinatrice	Professeur Université S. Dahlab Blida
Mme ARBOUCHE H.S.	Examinatrice	Professeur Université D'Adrar
Mr BAHLOULI F.	Examinateur	Professeur Université M. Boudiaf M'sila

Année Universitaire 2015-2016

## Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Monsieur Triki S., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de soutenance de ma thèse.

J'adresse mes vifs remerciements à Madame Zermane N., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'avoir accepté de m'encadrer, pour sa rigueur dans le suivi et la correction pour l'achèvement de ce mémoire durant toutes ses étapes.

Je tiens à remercier tout particulièrement à remercier Monsieur Abdelkrim H., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique pour avoir accepté, avec une grande gentillesse et malgré ses nombreuses charges de juger mon travail. Hommage et respect à lui pour l'accueil et les conseils qu'il m'a prodigués.

Je me fais un immense plaisir d'exprimer ma gratitude à Mesdames Benrima A. Professeur Doyenne de l'Université Dahlab de Blida et Arbouche H-S, Professeur à l'Université d'Adrar pour avoir aimablement accepté de juger mon travail.

Au tout jeune Professeur Bahlouli F., de l'Université Boudiaf M. de M'sila, il m'est agréable d'adresser mes remerciements et ma reconnaissance pour ses conseils et pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Ce travail a été réalisé grâce au concours de nombreuses personnes, sans lesquelles, il n'aurait pas vu le jour. Je tiens à remercier à travers ces quelques lignes.

Je suis profondément reconnaissante à Djeddou Rabia, actuellement ingénieur au ministère de l'agriculture et Baik Nourdine doctorant à l'USTHB, pour avoir été à mes côtés des années durant et participé efficacement à différentes étapes du travail.

Mon respect va justement à Monsieur Brouri L. Haut Commissaire au Développement de la Steppe, qui dès les années 1990 et malgré la conjoncture difficile à su me transmettre généreusement les enseignements qui lui ont prodigués par notre regretté le Professeur Djebaili S. Il est des souvenirs inaliénables telles nos longues missions dans les steppes arides et nos séances vespérales pour le traitement des données et des échantillons collectés. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

Il est des personnes, certes absentes du quotidien mais présentes à chaque moments par leurs pensées, leur soutien indéfectible et leurs encouragements. A chaque appel téléphonique ou correspondance épistolaire vous anéantissez les doutes et les faiblesses et faites dissiper la fatigue grandissante. Je nomme ici Houria Achour, Ghania Ahmed Ali, Lamia Messili (de Paris), Nassila Meziani.

Que Rebbah A., Chettouh B. et Mohamedi M. du HCDS et Taleb F. de l'Inraa soient remerciés pour leur fraternité, leur aide précieuse et leur confiance.

A Harek D., et Belahreche A. de l'INRAA ainsi qu'à toute la Famille Arbouche F. j'exprime ma reconnaissance et mes remerciements pour leur générosité, leur patience et pour m'avoir fait profiter de leurs connaissances.

J'adresse mes remerciements à mes collègues et enseignants : Dr Kebour D., de l'Université de Blida et aux Docteurs Boughani A, Brakchi L., Yahi N. et Adi N. de la Faculté des Sciences Biologiques (USTHB), en particulier, pour leur disponibilité et leur aide précieuse

A mes collègues, des amis de tous de les jours qui par leur conseils, leur soutien ou encouragement m'ont apporté réconfort et confiance. Mes hommages vont à Nait Merzoug S., Abed F., Mecheri S., Yatta D., Amara B., Smadhi D., Ramla D., Yakhou S., Semiani Y., Ramoul N., Boufis N., Bessedik F., Djellal L., Khelafi H., Azzouz M., Boulahbal W., Ziza F., Boukecha D., Hammouche D., Herda F., Rahal H., Boukhari K., Bendaas M., Bilak N., Djemali L., Belhafsi C., Lebouachera M., Kanoun M., et Kanoun A., Bekai F., Baira M., Bradai F., Berkani S., Merdas S., Sadji S., Laib M., Yekkour A., Bouzid L., Zine F., Bougera A., Chebouti A., Tazka H., Azzouaou Z., Semiani M.

Si par mégarde, j'ai oublié l'un d'entre vous qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tout.

Enfin, ce travail, je le dois surtout à mes parents et ma famille qui m'ont toujours soutenue et réconfortée. Peu de mots seraient capables d'exprimer leur tendresse pour moi et ma reconnaissance envers eux.

*To my Dear Parents,  
To my siblings, Boualem, the youngest, first,  
For their love and tenderness*

# **Titre: «Les espèces pastorales et fourragères originaires de la steppe algérienne: distribution, diversité et voies d'utilisation»**

## **Résumé**

La première partie de notre travail a porté sur une étude phytoécologique temporelle diachronique de quelques unités de végétation des steppes centrales algériennes. L'objectif était de cerner l'impact des années « pluvieuse » et sèche sur le couvert végétal et les aptitudes de quelques unités durant deux dates à pluviométries très contrastées. Les résultats préliminaires montrent de nettes différences par l'importance des espèces annuelles, la valeur pastorale et les indices de diversité en année favorable. Les résultats de l'AFC montrent que les unités à dominance d'armoise blanche se trouvant au Nord de la zone d'étude et quelque soit l'année d'investigation, se démarquent par rapport aux autres formations à alfa et à remt localisées au Sud des steppes centrales. Les mesures pour la protection et la préservation des espèces palatables peuvent être entrevues en vue de leur utilisation dans des programmes d'aménagement et d'intensification.

La seconde partie de notre étude s'inscrit dans le cadre des travaux de caractérisation et de valorisation des ressources phytogénétiques locales originaires des steppes algériennes pouvant jouer un rôle dans l'amélioration de la production fourragère dans notre pays. Elle a concerné sept espèces de Fabacées et deux espèces de Poacées (*Lolium* et *Cutandia*) sur la base de paramètres morpho-phénologiques liés aux stades végétatifs, de floraison et mise en fruit, de production ainsi que les mensurations des plants. Les résultats font ressortir une grande variabilité phénologique et morphologique tant sur le plan intraspécifique qu'interspécifique. Globalement, les espèces appartenant au genre *Medicago* et *C. dichotoma* se démarquent par leur précocité aux stades végétatif, floraison et post-floraison ou leurs petites tailles alors que les paramètres de production (nombre et poids des gousses et de graines) et les mensurations les plus importants appartiennent à *Astragalus hamosus*, *Trigonella polycerata* et *Hippocrepis multisiliquosa* ou *L. rigidum*.

Le troisième volet de notre travail vise à évaluer des ressources pastorales à intérêt fourrager sur le plan de la valeur nutritive. Six espèces végétales spontanées appartenant à différentes familles botaniques et représentées chacune par deux populations collectées à différentes latitudes de la steppe sud-algéroise ont été testées en milieu subhumide. Les résultats ont fait ressortir qu'hormis les parois (ND, ADF, ADL), la cellulose brute, une fraction des minéraux (P, Ca), une grande variabilité des paramètres de la composition chimique et de la digestibilité. Les espèces appartenant aux Fabacées (*Medicago* et *Astragalus*) apportent la plus grande part en matière azotées et grasse et sont dotées taux de protéines digestibles (DTN et dr) les plus importants alors que les Poacées (*Lolium rigidum*, *Phalaris minor*) possèdent les taux en matière organique les plus élevées. *Plantago albicans* (Plantaginacée) se singularise par des taux forts en matières minérales et azotées mais les plus faibles en matière organique et protéique digestible.

L'emploi de la régression pas à pas et la génération de GLM a mis en évidence les variables les plus discriminantes des modèles qui sont en ordre décroissant des valeurs de R allant de la DivMO (R=0,92; p<0,001), suivie de CB (R=0,77, p<0,01), NDF (R=0,71, p<0,01), MM, CP et ADF (R de 0,59 to 0,66 (p<0,05). Les équations bi-variées montrent que la CB reste le meilleur prédicteur de la digestibilité de la matière organique (DivMO) suivi des MAT et des parois cellulaires (NDF). L'addition progressive de variables confirme les résultats avec des précisions plus importantes (R<sup>2</sup> ajusté= 0,86 ; p<0,0007) et une faible erreur de l'estimation (2,46) pour la (DivMO) avec DivMO=142,49-0,10CB-0,19MAT.

Les résultats de ce travail préliminaire ont permis de mettre en évidence que les méthodes de laboratoire hautement reproductibles peuvent constituer de bons prédicteurs pour les paramètres de la valeur nutritive des fourrages.

La partie quatre est une étude caryologique sur huit populations de *Plantago albicans* L (Plantaginacée) originaires des steppes centrales d'Algérie (région de Djelfa) a été entreprise pour la première fois.

Les nombres chromosomiques  $2n = 2x = 10$  et  $2n = 4x = 20$  caractérisent respectivement les populations issues des moyennes (600–900 m) et hautes (1000–1300 m) altitudes des bioclimats arides. Des nombres chromosomiques intermédiaires  $2n = 6, 8, 9, 12, 14, 15, 17$  et  $18$  ont également été observés sur des individus et peuvent être considérés probablement comme des aneuploïdes. L'analyse des indices d'asymétrie des caryotypes montrent que les individus diploïdes ( $2n = 2x = 10$ ) sont caractérisés par des chromosomes ancestraux, symétriques, homogènes et de grande taille alors que les cytotypes tétraploïdes ( $2n = 4x = 20$ ) sont plus évolués avec des chromosomes asymétriques hétérogènes et de petite taille. Nos résultats suggèrent que les facteurs environnementaux et l'origine géographique peuvent avoir un effet sur la structure génétiques et l'évolution des populations de *P. albicans*.

L'utilisation des résultats de cette recherche constitue une partie de bien d'autres investigations complémentaires qui représentent des outils d'aide à la décision pour solutionner les problèmes des productions animales et fourragères en Algérie.

**Mots-clés:** Algérie, steppe, Fabacées, Poacées, pluviométrie, valeur pastorale, indices de diversité, ressources phytogénétiques, caractérisation, digestibilité *in-vitro*, espèces spontanées, espèces palatables, *Plantago albicans*, caryotype, populations, diploïde, tétraploïde.

## **Title: «Native pastoral and fodder species from the Algerian steppe: Distribution, diversity and ways to use»**

### **Summary**

The first part of our work has focused on a diachronic phytoecological study of some plant communities in Algerian central steppes. The aim of this study was to highlight the impact of rainy and dry year on land abilities of some plant communities during two contrasting rainfall dates. Preliminary results highlighted a clear difference in ephemerals, pastoral value and diversity indices. Similarly, Factorial analysis results showed that sagebrush plant communities located in the North of the study area and whatever the year of investigation, stand out compared to other plant communities (esparto or remt) located in southern central steppes. Management measures may be scheduled for the protection and preservation of promising species into regional development programs and improving forage production.

The second chapter of our study is a part of local plant genetic resources characterization originating from Algerian central steppe which may play a role in improving forage production in our country. The first component involved seven Fabaceae and two Poaceae species on the basis of morphological and phenological parameters. Overall results showed a large intra and inter-specific variability. *Medicago* species and *C. dichotoma* stand out by earliness in vegetative, flowering and fruiting or by small size while *Astragalus hamosus*, *Trigonella polycerata* and *Hippocrepis multisiliquosa* were characterized by reproductive power (number and weight of seed and pods).

The aim of this third part of our study was to evaluate and characterize native pastoral and fodder species on the basis of nutritive value. Six native pastoral species belonging to different botanical families and represented each by two populations collected at different latitudes from Algerian central steppe were tested into subhumid environment. The results highlighted that, except cell walls, (ND, ADF, ADL), crude fiber, minerals (P, Ca), a large variability of the parameters of the chemical composition and digestibility. Fabaceae species (*Medicago* and *Astragalus*) provided the most important rate of crude protein, fat and digestible proteins while Poaceae (*Lolium rigidum*, *Phalaris minor*) were characterized by the highest *in vitro* digestible organic matter. *Plantago albicans* (Plantaginaceae) is characterized by high rates in minerals and crude protein but sowed the weakest *in-vitro* organic matter digestibility, protein degradability and true proteins degradability.

Prediction equations of the *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) were suggested on the basis of chemical composition: Dry Matter (DM), Crude Fiber (CF), Mineral Matter (MM), Crude Protein (CP) and cell walls (NDF, ADF, ADL).

Step by step simple regressions and GLM allowed to highlight the most discriminant variables in decreasing order of Multiple R as: IVOMD (R=0.92; p<0.001), CF (R=0.77, p<0.01), NDF (R=0.71, p<0.01) and MM, CP et ADF (R from 0.59 to 0.66 (p<0.05)). Bivariate equations showed that crude fiber (CF) was the best predictor of the IVOMD which is strongly linked to variables CP and NDF. The progressive addition of the variables confirms the first results with a high precision (R<sup>2</sup> adjusted= 0,86; p<0.0007) and minor estimation error (2.46) for (IVOMD) with IVOMD =142,49-0,10CB-0,19MAT. Results of this preliminary study allowed to conclude that the routine and highly reproducible laboratory methods constitute relevant predictors for nutritive quality of native forages.

As final part, a karyological study of eight populations of *Plantago albicans* L. (Plantaginaceae) collected from the central high-plain steppe in the province of Djelfa in Algeria was undertaken for the first time. Chromosome numbers were determined as  $2n = 2x = 10$  for populations growing at medium altitudes (600–900 m) and  $2n = 4x = 20$  for those growing at higher altitudes (1000–1300 m) of arid bioclimates. Intermediate chromosome numbers  $2n = 6, 8, 9, 12, 14, 15, 17$  and  $18$  were found in individuals of the studied populations and were probably aneuploid forms. The analysis of the karyotype asymmetry indices showed that the diploid cytotype ( $2n = 2x = 10$ ) is characterized by ancestral chromosomes that are symmetrical, large and homogeneous, while the tetraploid cytotype ( $2n = 4x = 20$ ) is more evolved with asymmetric, small and heterogeneous chromosomes. Based on our findings, it can be suggested that environmental factors and geographical location might have an effect on the genetic structure and evolution of *P. albicans* populations in the central steppe of Algeria.

The results of this research are a part of many other additional investigations that can represent a tool for decision making to solve animal and fodder production problems in Algeria.

**Keywords:** Algeria , steppe, Fabaceae , Poaceae , rainfall, grazing value , diversity indices , plant genetic resources, characterization , *in vitro* digestibility, spontaneous species , palatable species , *Plantago albicans*, karyotype , populations, diploid, tetraploid .

## العنوان: " الأنواع الرعوية والعلفية الناشئة في السهوب الجزائرية: توزيعها، تنوعها ووسائل استخدامها"

### ملخص

القسم الأول من عملنا يخصّ دراسة فيتوإكولوجية لبعن وحدات نباتية المتواجدة في المناطق السهبية للجزائر خلال مواعدين متباينين جاف و ممطر. النتائج تبين أنّ لكمية الأمطار أثر كبير على الغطاء النباتي من حيث نسبة الأنواع النباتية البرية خاصة منها الحولية، القيمة الرعوية ومؤشرات التنوع النباتي. التحليل التوافقي أظهر تميّز مجموعات الشجيرات مهما كانت مرحلة البحث بالنسبة لمجموعات الحلفاء أو الرمت المتواجدة جنوب المنطقة المدروسة. يمكن إستخلاص تدابير لحماية أنواع النباتات الواعدة ضمن برامج إنتاجية للأعلاف وتهيئة المحيط.

الجزء الثاني من دراستنا تمثّل في توصيف لموارد وراثية نباتية محلية ناشئة في السهوب الوسطى الجزائرية والتي قد تلعب دوراً في تحسين إنتاج الأعلاف في بلادنا. شملت هذه الدراسة سبعة أنواع من الفصيلة البقولية (*Medicago, Hippocrepis, Trigonella, Astragalus*) وصنفيين من النجيليات (*Lolium rigidum, Cutandia dichotoma*) على أساس معلمات مورفولوجية و فينولوجية مرتبطة بالمرحلة الخضرية، الإزهار، إنتاج البذور وأخرى متعلّقة بقياسات النباتات. النتائج تشير عموماً أنّ أصناف النّقل و *C. dichotoma* تتميز بالإبكار أمّا الأصناف الأخرى فتتبرز بمعدّلات إنتاج مرتفعة.

يهدف القسم الثالث إلى تقييم الموارد الرعوية من ناحية القيمة الغذائية باقتراح معادلات التنبؤ مخبرياً إنضمامية المواد العضوية على أساس التركيب الكيميائي: المادة الجافة، الألياف، المواد المعدنية والبروتين الخام لستة أصناف نباتية من عائلات نباتية مختلفة ناشئة في السهوب الجزائرية

بصرف النظر جدران الخلايا، الألياف الخامّة و المعادن ، سلطت النتائج الضوء على تباين كبير من معلمات التركيب الكيميائي و إنضمامية المادة العضوية و إنحلالية و إنضمامية الفعالية للبروتين . تتوافر أنواع فصيلة البقوليات النصيب الأكبر من المادّة النيتروجينية، الدهون و إنحلالية و إنضمامية الفعالية للبروتين ويحتوي صنف النجيليات المعدلات الأعلى من المواد العضوية المنهضمة . لسان الحمل الأبيض تميّز بنسب عالية من المعادن و النيتروجين وعلى العكس يحتوي على أخفض معدّلات من البروتين و المواد العضوية القابلة للهضم. سمح إستعمال الإندارات خطوة خطوة و النموذج الخطي العام بتسليط الضوء على المتغيرة R الأكثر تميزاً في ترتيب تراجعي على النحو التالي:

MM, MAT و NDF (R=0,71; p<0,01) و CB (R=0,77 ; p<0,01) و DivMO (R=0,92 ; p<0,001), ADF (R من 0,66 إلى 0,59, p<0,05).

أظهرت المعادلات ذات المتغيرين أنّ الألياف الخامّة كانت أفضل مؤشر لانضمامية المادة العضوية المتعلّقة أيضاً الأولى بدقة عالية و بالبروتين الخام وتشكيلة جدران الخلايا. الإضافة التدريجية للمتغيرات تؤكد النتائج تقدير طفيف للخطأ مع:

$(R^2 = 0,86; p < 0,0007)$ ،  $DivMO = 142,49 - 0,10CB - 0,19MAT$

سمحت نتائج هذه الدراسة الأولية لإبرام أنّ الطّرق المخبرية الروتينية تشكّل وسائل ناجعة عالية الإستنتاج لتنبؤ القيمة الغذائية للأعلاف البرية للمناطق السهبية.

أنجزت دراسة كيرولوجية تفصيلية، الأولى من نوعها في الجزائر، لثمان مصادراً لصنف *Plantago albicans* L. (Plantaginaceae) (لسان الحمل الأبيض، الفصيلة الحمليّة) من منطقة السهوب الوسطى (منطقة الجلفة). تعداد الصبغيات المتحصل عليها من نوعين: ثنائي الصبغة  $2n=2x=10$  لأفراد آتية من أعالي قمم متوسطة (600 900م) و رباعي الصبغة  $2n=2x=20$  من ارتفاعات عالية (1000-1300م). أعداد أخرى 18 و 17، 14، 12، 9، 8، 6، 2 أيضاً الحصول عليها من الإمكان اعتبارها غير متوازنة صبغياً.

تحليل التّمتطيّ الصبغية أشار أنّ الأفراد ثنائية الصبغة الصبغية تشمل كروموزومات بدائية، متجانسة ذات حجم كبير أمّا الأفراد الرباعية الصبغية فتحتوي على كروموزومات متطورة، غير متجانسة و صغيرة الحجم في ظلّ النتائج التي تحصلنا عليها يمكننا اقتراح أنّ للعوامل الطبيعية و المنشأ الجغرافي تأثير في التركيبة الجينية وتطور هذا الصنف.

استخدام نتائج هذا البحث هو جزء من العديد من التحقيقات الإضافية الأخرى التي تمثل أدوات دعم اتخاذ القرارات لحل مشاكل الإنتاج الحيواني والأعلاف في الجزائر.

**الكلمات الرئيسية:** الجزائر المناطق السهبية، الفصيلة البقولية، النجيليات، هطول الأمطار ، القيمة الرعوية، مؤشرات التنوع ، الموارد الوراثية النباتية، توصيف إنضمامية مخبرية، أصناف برية ، أنواع *Plantago albicans*، المستساغة، الصبغة الصبغية ، مجموعات، ثنائي صبغية صبغية ، رباعي الصبغة الصبغية.

# SOMMAIRE

Résumés	1
Sommaire	6
Introduction Générale	15
Chapitre I: phytoécologie de quelques unités de végétations des steppes centrales algériennes	19
Introduction	20
Objectif de l'étude	21
Données bibliographiques	22
Etat des connaissances	22
Causes de dégradation de parcours steppiques	23
Matériel et Méthodes	27
Présentation de la zone d'étude	27
Etude bioclimatique	27
Echantillonnage et paramètres étudiés	31
Traitement des données	37
Résultats et discussion	38
Evolution des unités de végétation en 2000 et 2009	38
Phytoécologie et Caractéristiques floristiques en 2000 et 2009	40
Analyse factorielle des correspondances des unités de végétation étudiées en 2000 et 2009	52
Carte des relevés	53
Carte des espèces	57
Synthèse	61
Chapitre II: Caractérisation morpho-phénologiques de quelques ressources spontanées à intérêt pastoral et/ ou fourrager originaires des steppes centrales algériennes	64
Introduction	65
Objectifs de l'étude	66
Données bibliographiques, classification des ressources pastorales étudiées	66
Matériel et Méthodes	69
Traitement des données	73
Résultats	74
Etude de la variabilité intraspécifique des Fabacées étudiées	74
Etude de la variabilité interspécifique des Fabacées étudiées	93
Discussion	101
Etude de la variabilité intraspécifique des Poacées étudiées	106

Etude de la variabilité interspécifique des Poacées étudiées	111
Discussion	116
Synthèse	119
<b>Chapitre III: Valeur nutritive et prédiction de la digestibilité de quelques ressources pastorales spontanées originaires des steppes centrales algériennes</b>	121
Introduction	122
Objectif de l'étude	124
Matériel et Méthodes	124
Traitement des données	126
Résultats	126
La valeur nutritive des espèces étudiées	126
La composition chimique	126
Les paramètres de la Digestibilité	129
Discussion	134
Prédiction des paramètres de la digestibilité des espèces étudiées	138
Discussion	140
Synthèse	142
<b>Chapitre IV : Etude caryologique de quelques populations de <i>Plantago albicans</i> L. originaires des steppes centrales algériennes</b>	144
Introduction	145
Objectifs de l'étude	146
Données bibliographiques	147
Matériel et Méthodes	149
Traitement des données	150
Résultats	151
Variation du nombre chromosomique	151
Etude des caryotypes et établissement des caryogrammes	152
Etude de l'asymétrie des caryotypes	154
Discussion	155
Conclusion générale	159
Références bibliographiques	163
Tables des Matières	181
Annexes	185

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Evolution des superficies ( $10^3$ ha) de quelques spéculations dans la région de Djelfa (Source : Statistiques Agricoles, 1998-2013).	26
<b>Figure 2.</b> Pluviosité annuelle (mm/an) des stations de Djelfa, Ksar Chellalah, Aïn Oussera et Laghouat durant trois périodes.	28
<b>Figure 3.</b> Position des stations dans le climagramme d'Emberger pour les périodes 1913-1938 et 1996-2005.	30
<b>Figure 4a.</b> Emplacement approximatif des stations d'échantillonnage.	31
<b>Figure 4b.</b> Localisation des stations d'échantillonnage étudiées.	32
<b>Figure 5.</b> Moyennes des richesses floristiques en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes.	41
<b>Figure 6.</b> Nombre de thérophytes moyens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	42
<b>Figure 7.</b> Nombre de Chaméphytes moyens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	42
<b>Figure 8.</b> Moyennes de l'Indice de Shannon (H') en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	44
<b>Figure 9.</b> Moyennes de l'Equitabilité (E) en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	45
<b>Figure 10.</b> Indices de perturbation moyens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	46
<b>Figure 11.</b> Taux moyens des types biogéographiques Méditerranéens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	47
<b>Figure 12.</b> Taux moyens des types biogéographiques Sahariens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	47
<b>Figure 13.</b> Moyennes des recouvrements globaux de la végétation en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	48
<b>Figure 14.</b> Moyennes des contributions des espèces pérennes en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	49
<b>Figure 15.</b> Moyennes des contributions des espèces annuelles en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	49
<b>Figure 16.</b> Nombre moyens des espèces à IS inférieurs à 5 en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	50
<b>Figure 17.</b> Nombre moyens des espèces à Indices Spécifiques supérieurs à 5 en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	50
<b>Figure 18.</b> Valeurs pastorales moyennes en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.	51
<b>Figure 19.</b> Projection des relevés dans le plan factoriel 1-2 de l'AFC portant analyse floristique en 2000 et 2009.	54
<b>Figure 20.</b> Projection des relevés dans le plan factoriel 1-3 de l'AFC portant analyse floristique en 2000 et 2009.	56
<b>Figure 21.</b> Sites d'origine des espèces étudiées.	71
<b>Figure 22.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres de <i>M. laciniata</i> .	74
<b>Figure 23.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de <i>M. laciniata</i> .	75
<b>Figure 24.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations de <i>M. laciniata</i> basée sur les caractères morpho-phénologiques	75
<b>Figure 25.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres de <i>M. littoralis</i>	77
<b>Figure 26.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères	

morpho-phénologiques des populations de <i>M. littoralis</i> .	78
<b>Figure 27.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations de <i>M. littoralis</i> . basée sur des caractères morpho-phénologiques	78
<b>Figure 28.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres de <i>M. minima</i>	79
<b>Figure 29.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de <i>M. minima</i> .	80
<b>Figure 30.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations de <i>M. minima</i> basée sur les caractères morpho-phénologiques.	80
<b>Figure 31.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres de <i>M. secundiflora</i>	82
<b>Figure 32.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de <i>M. secundiflora</i> .	84
<b>Figure 33.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations de <i>M. secundiflora</i> basée sur les caractères morpho-phénologiques.	84
<b>Figure 34.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres de <i>T. polycerata</i> .	85
<b>Figure 35.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de <i>T. polycerata</i> .	86
<b>Figure 36.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations de <i>T. polycerata</i> basée sur les caractères morpho-phénologiques.	86
<b>Figure 37.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres d' <i>H. multisiliquosa</i>	88
<b>Figure 38.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations d' <i>H. multisiliquosa</i>	89
<b>Figure 39.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations d' <i>H. multisiliquosa</i> basée sur les caractères morpho-phénologiques.	89
<b>Figure 40.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres d' <i>A. hamosus</i> .	91
<b>Figure 41.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations d' <i>A. hamosus</i> .	92
<b>Figure 42.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations d' <i>A. hamosus</i> basée sur les caractères morpho-phénologiques.	92
<b>Figure 43.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres. des espèces des sept Fabacées étudiées.	99
<b>Figure 44.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des variables morpho-phénologiques des sept espèces de Fabacées étudiées.	100
<b>Figure 45.</b> Distribution des sept espèces de Fabacées étudiées basée sur les caractères morpho-phénologiques.	101
<b>Figure 46.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres de <i>L. rigidum</i> .	107
<b>Figure 47.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de <i>Lolium rigidum</i> .	108
<b>Figure 48.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations de <i>Lolium rigidum</i> basée sur les caractères morpho-phénologiques.	108
<b>Figure 49.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres de <i>C. dichotoma</i>	109
<b>Figure 50.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de <i>C. dichotoma</i> .	110
<b>Figure 51.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations de <i>C. dichotoma</i> basée sur les des caractères morpho-phénologiques.	110
<b>Figure 52.</b> Analyse en composantes principales. Valeurs propres des paramètres morpho-phénologiques des Poacées étudiées.	114
<b>Figure 53.</b> Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations de la phéno-morphologie des Poacées étudiées.	114
<b>Figure 54.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des populations des Poacées basée sur la de la phéno-morphologie.	115

<b>Figure 55.</b> Sites d'origine des espèces étudiées.	125
<b>Figure 56.</b> Analyse en composantes principales Valeurs propres de la composition chimique et la digestibilité des six espèces étudiées.	131
<b>Figure 57.</b> Analyse en composantes principales Cercle des corrélations de la valeur nutritive des six espèces étudiées.	132
<b>Figure 58.</b> Analyse en composantes principales. Distribution des individus de la valeur nutritive des six espèces étudiées.	133
<b>Figure 59.</b> Classification hiérarchique ascendante de la valeur nutritive des six espèces étudiées.	133
<b>Figure 60.</b> Relations entre les paramètres de la digestibilité <i>in vitro</i> et la composition chimique des espèces étudiée.	139
<b>Figure 61.</b> Sites d'origine des populations étudiées de <i>Plantago albicans</i> L.	149
<b>Figure 62.</b> Micrographies de quelques plaques métaphasiques de <i>Plantago albicans</i> L. $2n = 10$ (1 à 3) et $2n = 20$ (4 à 6).	152
<b>Figure 63.</b> Caryotypes (a) et idiogrammes (b) des cytotypes diploïdes ( $2n = 10$ ) et tétraploïdes ( $2n = 20$ ) des populations de <i>Plantago albicans</i> L. originaires des steppes centrales algériennes.	154

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Présentation des stations étudiées.	27
<b>Tableau 2.</b> Les régimes saisonniers des stations de référence.	29
<b>Tableau 3.</b> Evolution des unités de végétation étudiées en 2000 et 2009.	39
<b>Tableau 4.</b> Analyse de la variance des paramètres de la phytoécologie et de la diversité floristique en 2000 et 2009.	40
<b>Tableau 5.</b> Analyse factorielle des correspondances. Liste des espèces à forte contribution de l'axe 1 sur le plan 1-2.	57
<b>Tableau 6.</b> Analyse factorielle des correspondances. Liste des espèces à forte contribution de l'axe 2 sur le plan 1-2.	58
<b>Tableau 7.</b> Analyse factorielle des correspondances. Liste des espèces à forte contribution de l'axe 3 sur le plan 1-3.	60
<b>Tableau 8.</b> Espèces Etude morpho-phénologiques. Espèces étudiées et caractéristiques des sites d'origine.	70
<b>Tableau 9.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées de <i>Medicago laciniata</i> .	75
<b>Tableau 10.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées de <i>Medicago littoralis</i> .	78
<b>Tableau 11.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées de <i>Medicago minima</i> .	80
<b>Tableau 12.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées de <i>Medicago secundiflora</i> .	84
<b>Tableau 13.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées de <i>Trigonella polycerata</i> .	86
<b>Tableau 14.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées d' <i>Hippocrepis multisiliquosa</i> .	89
<b>Tableau 15.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées d' <i>Astragalus hamosus</i> .	92
<b>Tableau 16a.</b> Moyennes et groupes de moyennes des caractères phénologiques des sept espèces de Fabacées étudiées.	95
<b>Tableau 16b.</b> Moyennes et groupes de moyennes des caractères morphologiques des sept espèces de Fabacées étudiées.	96
<b>Tableau 17.</b> Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations des sept espèces de Fabacées étudiées.	98
<b>Tableau 18.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées de <i>Lolium rigidum</i> .	108
<b>Tableau 19.</b> Moyennes des caractères des populations étudiées de <i>Cutandia dichotoma</i> .	110
<b>Tableau 20.</b> Moyennes et groupes de moyennes des caractères des espèces de Poacées étudiées.	112
<b>Tableau 21.</b> Matrice de corrélations entre les caractères étudiés des populations de <i>Lolium rigidum</i> et <i>Cutandia dichotoma</i> .	113
<b>Tableau 22.</b> Analyse descriptive de la composition chimique des espèces étudiées.	126
<b>Tableau 23.</b> Analyse de la variance de la composition chimique des espèces étudiées.	127
<b>Tableau 24.</b> Moyennes de la composition chimique des espèces étudiées.	128
<b>Tableau 25.</b> Analyse descriptive des digestibilités des espèces étudiées.	129
<b>Tableau 26.</b> Analyse de la variance de la digestibilité des espèces étudiées.	129
<b>Tableau 27.</b> Moyennes de la digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique, la digestibilité réelle des protéines et la dégradabilité théorique de l'azote des espèces étudiées.	130
<b>Tableau 28.</b> Modèle linéaire, régressions simples et équations d'estimation de la digestibilité par la composition chimique.	138
<b>Tableau 29.</b> Modèles de régression multiple de prédiction de la digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique.	140
<b>Tableau 30.</b> Nombre de cellules, fréquences absolues (FA) et fréquences relatives (FR) des différents nombres chromosomiques des populations de <i>Plantago albicans</i> L.	

originaires des steppes centrales algériennes.	151
<b>Tableau 31.</b> Caractéristiques morpho-métriques des chromosomes homologues du cytotype diploïde ( $2n = 2x = 10$ ) <i>Plantago albicans</i> L. originaires des steppes centrales algériennes.	153
<b>Tableau 32.</b> Caractéristiques morpho-métriques des chromosomes homologues du cytotype diploïde ( $2n=2X=10$ ) <i>Plantago albicans</i> L. originaires des steppes centrales algériennes.	153
<b>Tableau 33:</b> Valeurs des indices d'asymétries des deux cytotypes diploïdes et tétraploïdes de <i>Plantago albicans</i> L. originaires des steppes centrales algériennes.	154
<b>Tableau 34.</b> Nombres chromosomiques de <i>Plantago albicans</i> L.	155

## LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1.1.** Précipitations moyennes mensuelles des trois stations étudiées pour les trois périodes.
- Annexe 1.2.1** Moyennes mensuelles des températures minimales du mois le plus froid « m » des stations étudiées pour les trois périodes.
- Annexe 1.2.2** Moyennes mensuelles des températures maximales du mois le plus chaud « M » des stations étudiées pour les trois périodes.
- Annexe 1.3.** Diagrammes ombrothermiques des stations de Djelfa, Ksar Chellalah et Laghouat durant les trois périodes étudiées.
- Annexe 1.4.** Moyennes des richesses floristiques globales des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.5.** Nombre moyen des Thérophytes des stations étudiées en 2000 et en 2009.
- Annexe 1.6.** Nombre moyen des Chaméphytes des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.7.** Indices de Shannon moyens des stations étudiées en 2000 2009.
- Annexe 1.8.** Equitabilité de Piélou moyennes des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.9.** Indices de perturbation moyens des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.10.** Taux moyen du type biologique Méditerranéen des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.11.** Taux moyen du type biologique Saharien des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.12.** Moyennes des recouvrements globaux de la végétation des stations étudiées en 2000 2009.
- Annexe 1.13.** Moyennes des contributions des espèces pérennes des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.14.** Moyennes des contributions des espèces annuelles des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.15.** Nombre moyen des indices spécifiques inférieurs à 5 des stations étudiées en 2000 et 2009.
- Annexe 1.16.** Nombre moyen des indices spécifiques supérieurs ou égaux à 5 des stations en 2000 et 2009.
- Annexe 1.17.** Valeurs pastorales moyennes des stations en 2000 et 2009
- Annexe 1.18.** Liste des taxons.
- Annexe 2.1.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago laciniata* étudiées.
- Annexe 2.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago laciniata* étudiées.
- Annexe 2.3.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago laciniata* étudiées.
- Annexe 2.4.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago littoralis* étudiées.
- Annexe 2.5.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago littoralis* étudiées.
- Annexe 2.6.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago littoralis* étudiées.
- Annexe 2.7.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago minima* étudiées.
- Annexe 2.8.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago minima* étudiées.

**Annexe 2.9.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago minima* étudiées.

**Annexe 2.10.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago secundiflora* étudiées.

**Annexe 2.11.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago secundiflora* étudiées.

**Annexe 2.12.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago secundiflora* étudiées.

**Annexe 2.13.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Trigonella polycerata* étudiées.

**Annexe 2.14.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Trigonella polycerata* étudiées.

**Annexe 2.15.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Trigonella polycerata* étudiées.

**Annexe 2.16.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Hippocrepis multisiliquosa* étudiées.

**Annexe 2.17.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Hippocrepis multisiliquosa* étudiées.

**Annexe 2.18.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations d'*Hippocrepis multisiliquosa* étudiées.

**Annexe 2.19.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Astragalus hamosus* étudiées.

**Annexe 2.20.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Astragalus hamosus* étudiées.

**Annexe 2.21.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations d'*Astragalus hamosus* étudiées.

**Annexe 2.22.** Statistiques descriptives des caractères morphologiques et phénologiques des espèces de Fabacées étudiées.

**Annexe 2.23.** Analyse de la variance des caractères morphologique et phénologiques des espèces de Fabacées étudiées.

**Annexe 2.24.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Lolium rigidum* étudiées.

**Annexe 2.25.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Lolium rigidum* étudiées.

**Annexe 2.26.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Lolium rigidum* étudiées.

**Annexe 2.27.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Cutandia dichotoma* étudiées.

**Annexe 2.28.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Cutandia dichotoma* étudiées.

**Annexe 2.29.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques de *Cutandia dichotoma*.

**Annexe 2.30.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des espèces de Poacées étudiées.

**Annexe 2.31.** Analyses de la variance des caractères morphologique et phénologiques des espèces de Poacées étudiées.

## Introduction générale

En Algérie, l'élevage est marqué par l'insuffisance des sources alimentaires ce qui provoque des répercussions négatives sur toutes les filières qui en découlent (lait et viandes). Le déficit fourrager était déjà estimé à un peu plus de 4 milliards d'UFL ce qui correspondait à 34% des besoins totaux (Houmani, 1999).

La satisfaction des besoins du cheptel provenait essentiellement des pacages et parcours, des dérivées de céréales et des cultures fourragères. Ces deux dernières catégories participaient à hauteur de 86% et 13% respectivement, dans le rationnement du cheptel national (Nouad, 2001). Selon Belloum et Dekhil (1993), 81% des besoins en alimentation des cheptels des régions steppiques étaient comblés par l'apport, à la bergerie ou à l'enclos, de foin, paille, grains et de son.

Cette situation a induit des importations non seulement des semences fourragères mais également de produits concentrés (orge et maïs) qui ont atteint respectivement 770 222 et 4 107 867 millions de tonnes en 2014 (ONFAA-MADRP, 2015) contre seulement près de 500 et 400 000 tonnes en 1983 (Bedrani, 1995).

Parallèlement à l'accroissement très rapide du nombre de cheptels, on assiste à une augmentation timide des superficies en fourrages cultivés et fourrages naturels (prairies naturelles et jachères fauchées) qui sont passées respectivement de 507 090 ha et 97 340 ha en 1990 (Nedjraoui, 2003) à 693 989 et 210 073 ha en 2013 ; soit une augmentation de 27 et 53,66% (Statistiques Agricoles, 2013). Les quantités produites pour les fourrages cultivés (artificiels en sec) accusaient une augmentation de 68% ; alors que pour les fourrages naturels, l'augmentation était de 86% en 1990 et 2013, respectivement.

L'analyse des effectifs des cheptels fait ressortir une constante augmentation malgré les contraintes d'affouragement. A titre d'exemple, pour les ovins qui représentent plus de 80% des productions animales, le nombre est passé entre 2000 et 2013 d'environ 17 millions à près de 27 millions de têtes, soit un accroissement de 37%. Les wilayas à vocation pastorale possèdent près de la moitié (45,2%) des effectifs ovins globaux.

Les régions steppiques constituaient les terres de parcours par excellence (Nedjraoui, 2003). Elles se localisent au Nord du Sahara entre les deux chaînes des monts de l'Atlas Tellien et Saharien sous des isohyètes de 400 et 100 mm (Le Houérou, 1995) à des altitudes qui s'abaissant d'Ouest (1200 m) en Est (600 m), la transition étant assurée par le bassin du Hodna (400 m) (Pouget, 1980).

Sévèrement dégradés par le changement de leur vocation et par les labours et le surpâturage, les parcours steppiques ne fournissent plus assez de ressources pour subvenir aux besoins alimentaires des cheptels. Du point de vue production, les espèces annuelles contribuent à hauteur de 70% par rapport aux pérennes avec une production globale de 1,5 milliards d'UF pour toute la steppe dont la superficie s'élève à près de 27 millions d'hectares (Brouri, 2011). Les productions ont régressé de 1,6 milliards à 533 millions d'UF entre 1968 et 1996 (Nedjraoui, 1997).

Parmi les facteurs naturels qui ont contribué à la détérioration de ces espaces, nous citons les facteurs climatiques dont les précipitations qui ont nettement diminué et un assèchement est constaté sur une série de 100 ans (Hirche *et al.*, 2007). Les températures minimales du mois le plus froid ont atteint 0,1 °C (BNEDER, 2006; présente étude) à Djelfa, , alors qu'elles se situaient à -0,8 °C durant la période 1913-1938 (Seltzer, 1946).

L'autre cause de désertification de la steppe est anthropique : le surpâturage et la pratique de la céréaliculture. Actuellement, le maintien d'un effectif trop important de troupeaux par rapport aux disponibilités fourragères réelles de la steppe a été encouragé durant plusieurs années par des aliments subventionnés (orge, maïs et autres concentrés) (Bencherif, 2011). Sur le plan écologique, la végétation steppique et pastorale est bien connue à l'échelle de l'Afrique du Nord. Beaucoup des inventaires phytosociologiques ne représentent, toutefois, qu'un effet historique en raison de l'évolution régressive accélérée des parcours. Sous l'effet de plusieurs facteurs (démographie, défrichement, surpâturage, éradication des espèces ligneuses), la végétation strictement steppique est maintenant cantonnée aux sols squelettiques (djebels, glacis d'érosion à croûte calcaire ou gypseuse superficielle) là où la charrue ne peut pas accéder, ainsi qu'aux terrains fortement salés et aux dunes (Le Houérou 1995).

En Algérie, les espèces spontanées à intérêt pastoral et/ou fourrager ayant fait l'objet de caractérisations et d'évaluations agronomiques ont surtout concerné les genres appartenant aux Fabacées : *Medicago*, *Trifolium*, *Hedysarum*, *Onobrychis*, *Scorpiurus* (Abdelguerfi, 2001), les luzernes pérennes des oasis du sud-ouest algérien (Mossab-Bouaboub, 2001). Les graminées, par contre, ont fait l'objet de très peu de recherches. Parmi les espèces étudiées nous citons *Festuca* (Mohguen et Abdelguerfi, 2004), *Phalaris* ssp. et *Lolium* ssp. (Boudelaa, 2007, Nait-Merzoug, 2007). La majorité de ces ressources ont été collectées à des isohyètes supérieures à 350 mm (Abdelguerfi, 1978). Les études des régions semi arides et arides ont eu trait à l'évaluation pastorale des parcours et la détermination de la valeur fourragère a concerné un nombre plus grand de genres botaniques incluant des espèces de différents niveaux de palatabilité (Nedjraoui, 1981, Aidoud, 1989, Chehma, 2004).

Malgré les effets néfastes de la désertification, la flore spontanée Nord-Africaine des régions steppiques recèle encore de nombreuses espèces spontanées prometteuses à intérêt pastoral aussi bien pérennes qu'annuelles jusque là peu connues sur le plan agronomique. Un épisode pluvieux tel que celui de 2009, a eu des répercussions spectaculaires sur la physionomie par l'importance des taux de recouvrement essentiellement du aux éphémères et donne une idée sur les possibilités de leur préservation et leur valorisation.

C'est dans un contexte de changements globaux et dans le but de contribuer à la constitution d'outils d'aide à la décision pour l'amélioration des productions des ressources fourragères et pastorales dans le cadre de programmes d'aménagement des parcours steppiques que s'inscrit l'objectif de notre travail. La recherche et la connaissance des écotypes locaux des espèces spontanées à intérêt pastoral et/ou fourrager, du point de vue de leur distribution, leur valeur nutritive, leur comportement et leur variabilité morpho-phénologique et cytogénétique peuvent constituer un point de départ pour la constitution d'une base de données sur les ressources phytogénétiques utilisables en agriculture et alimentation et en aménagement agropastoral dans notre pays.

Comme tous les autres travaux sur les ressources phytogénétiques, les objectifs globaux sont la connaissance, la préservation et l'utilisation du milieu et des écotypes les plus performants dans des programmes de sélection, d'amélioration et de production.

Ce travail est articulé autour des parties suivantes :

- Phytoécologie de quelques unités de végétation des steppes centrales algériennes et étude de l'incidence des quantités de pluies sur les caractéristiques floristiques de ces unités de végétation. A cet effet, sur les mêmes sites nous avons entrepris une étude en deux dates à pluviométries très contrastées (2000 et 2009).
- Caractérisation morpho-phénologique de quelques ressources spontanées à intérêt pastoral et/ ou fourrager originaires des steppes centrales algériennes. Il s'agit d'une étude de la variabilité intraspécifique et interspécifique morpho-phénologique de sept espèces spontanées steppiques appartenant aux genres *Medicago*, *Trigonella*, *Hippocrepis* et *Astragalus* de la famille des Fabacées et de deux Poacées (*Lolium rigidum* et *Cutandia dichotoma*).
- Valeur nutritive et prédiction de la digestibilité de quelques ressources pastorales spontanées originaires des steppes centrales algériennes appartenant aux genres *Medicago*, *Astragalus*, *Plantago*, *Lolium* et *Phalaris*.
- Etude caryologique de quelques populations de *Plantago albicans* L. (Plantaginacées) originaires des steppes centrales algériennes. Ce dernier volet concerne le premier dénombrement et comportement chromosomiques de cette espèce dans le but de rechercher des polyploïdes connus pour leurs performances morphologiques, donc potentiellement à retenir dans un schéma d'amélioration pastorale et de production fourragère.
- Une synthèse succède à chaque partie.
- Enfin, une conclusion générale englobant une revue de tous les résultats et des perspectives achève le contenu de ce travail.

# **Chapitre I**

## **Phytoécologie De Quelques Unités De Végétations Des Steppes Centrales Algériennes**

## 1.1. Introduction

Les pacages et parcours d'Algérie dont la superficie est de 32 millions d'hectares (Statistiques Agricoles, 2013) englobent les parcours steppiques estimés à 11 millions d'hectares (Belloum et Dekhil, 1993). Fortement dégradés, ces espaces ne produisent plus les ressources suffisantes pour assurer la subsistance du cheptel ovin de plus en plus important (Brouri, 2011). Ainsi, les ressources pastorales naturelles des steppes ne représentent plus que moins de 30 % de la ration alimentaire des cheptels (Aidoud *et al.*, 2006).

Les parcours steppiques ont connu des changements brutaux dans les modes de leur gestion. L'ordre tribal prévoyait une conduite judicieuse de l'espace (Boukhobza, 1982) et des surfaces des productions fourragères ; le tout basé sur le nomadisme et la mise en défens assurant ainsi la régénération des couverts végétaux et la protection des sols fragiles. Deux modes de gestion des parcours et de l'élevage ont apparu : le sédentaire qui pratique la mécanisation de surfaces de plus en plus grandes et le transhumant qui possède un lieu fixe où il retournera après déplacements plus ou moins longs dans la steppe. Combinées aux périodes de sécheresse de plus en plus longues et au surpâturage, ces pratiques ont eu des conséquences désastreuses sur de vastes surfaces. L'aboutissement est l'hypothèque d'une filière séculaire, aujourd'hui soutenue pratiquement en hors sol par l'apport externe en alimentation et un état de dégradation des parcours presque irréversible.

Du point de vue écologique et bioclimatique, les états de dégradation des parcours steppiques sont aussi dus au manque de vigueur des actions menées et ont produit leurs plus graves conséquences à partir de la décennie sèche 1975-1985. Avec comme conséquences la réduction du couvert végétal, la disparition dans certaines zones des espèces ligneuses sur de très vastes surfaces et la raréfaction des espèces palatables. Les investigations antérieures ont de tout temps démontré les effets néfastes, sur de longues périodes, des sécheresses récurrentes et les actions humaines sur le phénomène de la désertification des parcours et la perte de la biodiversité. L'occurrence cyclique d'une année pluvieuse revêt toute son importance pour le futur de ces milieux. C'est dans cette optique que se situe le présent travail qui traite de l'état des parcours et des ressources pastorales en deux dates à pluviométries contrastées, en vue de la préservation de la biodiversité des parcours steppiques.

## 1.2. Objectif de l'étude

Les travaux relatifs aux régions pastorales arides et semi arides ont eu pour objectifs principaux la structuration, la caractérisation et le suivi des unités de végétation du point de vue écologique, phytosociologique, phytoécologique, bioclimatologique et cartographique. Ces études étaient relativement continues jusqu'au début des années 1990. Les conditions redevenues favorables, les investigations actuelles souffrent de l'absence d'outils fédérateurs pour l'orientation et la valorisation des résultats de la recherche.

La biodiversité végétale a été abordée du point de vue global des mécanismes régissant le fonctionnement des écosystèmes, dont le phénomène de la désertification. En plus des actions anthropozoïques, la méthodologie adoptée est généralement basée sur l'utilisation de facteurs climatiques mesurables, la pluviométrie en particulier, sur de longues périodes classées ou non par série d'années sèches, normales ou pluvieuses et d'entrevoir son incidence sur l'état des parcours. Unanimement, les résultats des différentes études faisant état de l'évolution régressive des parcours et en conclusion des actions d'aménagement sont généralement proposées.

La mise en place et l'application des programmes relatifs à la politique nationale en matière de développement intégré des zones steppiques et pastorales ont généré des études focalisées sur les bienfaits des mises en défens et des plantations pastorales (réalisées par le HCDS), ainsi que sur l'amélioration des qualités herbagères des parcours en opposition aux grandes surfaces dégradées.

En milieu steppique, il est admis de la présence presque cyclique d'une année pluvieuse suivant une série (1/5 ou 1/6) d'années sèches dont il était opportun d'en étudier les répercussions directes sur la composition de la végétation pastorale en vue de leur utilisation ultérieure dans des plans d'aménagement.

Cette étude représente une contribution aux nouveaux textes législatifs relatifs aux ressources biologiques et au plan national de lutte contre la désertification. Elle a pour base les travaux spécifiques à la région centre de la steppe algérienne et ceux programmés par la wilaya de Djelfa en 1985-87 et réalisés par l'Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres (U.R.B.T.) sous la supervision du Pr Djebaili et ses équipes.

C'est dans cette optique que s'inscrit l'objectif de cette étude qui englobe deux volets. Le premier est quantitatif et traite de l'évaluation de certaines unités de végétation des steppes centrales suivant un transect d'aridité croissante (région de Djelfa et Laghouat) en deux dates à pluviométries très contrastées. L'année 2009 a, en effet, connu des quantités de pluies

record pour la décennie avec jusqu'à 500 mm par endroits. Le contraire a été noté en 2000 pendant laquelle les précipitations enregistrées avoisinaient les 150 mm. Le second est qualitatif par le biais duquel, nous avons tenté de discerner les changements de la composition de la végétation des stations étudiées durant les deux années prises en compte.

Nous présenterons dans un premier temps les méthodologies appliquées pour l'étude de la végétation et dans un second, nous confronterons les données et tenterons d'analyser les changements survenus.

### **1.3. Données bibliographiques**

#### **1.3.1. Etat des connaissances**

D'importants travaux d'investigations écologiques, climatologiques, économiques et sociologiques ont été dédiés à cette région. Sur le plan socio-économique, Bedrani (1993, 1996) a traité la question du foncier et a proposé une stratégie pour le développement des parcours steppiques. Boukhobza (1982) a décrit la transition de l'ordre social et les conséquences du colonialisme sur la gestion des espaces steppiques. Bien avant, Augustin et Lacroix (1906) ont décrit l'évolution du nomadisme en Algérie. Boutonnet (1989 et 1992) a identifié les sources des productions ovines et leur organisation en Algérie. Sur le plan des productions animales, Houmani (1999) a dressé la situation alimentaire du bétail et un bilan fourrager des zones arides. Chellig (1992) a édité un manuel de description phénotypique des races ovines algériennes. Sur le plan pédologique, Pouget (1980) a traité des relations sol-végétation au niveau de la commune de Messaad avec élaboration de différentes cartes thématiques et des propositions d'aménagement. Une description complète des sols des régions arides a été réalisée par Halitim (1988).

Du point de vue écologique, phytosociologique, botanique, phytogéographique, climatique et biogéographique, nous citons les travaux de Djebaili et ses collaborateurs (1970, 1978, 1983, 1990) ; Abdelkrim (1984) ; Achour (1983) ; Aidoud (1983, 1989), Aidoud et Touffet (1996) ; Aidoud *et al.* (2011) ; Aidoud-Lounis, (1997), Kadi-Hanifi (1998), Nedjraoui (1981, 1990, 1997 et 1999) Kaabèche (1990) qui ont décrit les grandes unités de végétations des steppes et étudié leurs potentialités. Le CRBT en 1978, puis l'URBT en 1987 ont dressé un état des lieux complets sur les parcours des wilayas de Saida et de Djelfa. Celles (1975) a réalisé des investigations écologiques sur la végétation des steppes orientales (Sud du Constantinois). Djellouli (1990) a étudié la répartition des plantes en fonction du climat des régions arides. Le Houérou *et al.* (1977) ont dressé une carte bioclimatique des steppes

centrales algériennes à l'échelle 1/1 000 000. Hirche *et al.* (2007) ont décrit l'évolution des pluviosités des stations arides algériennes. Plus récemment encore, Slimani *et al.* (2010) ont entrepris une étude diachronique des steppes ouest sur le long terme.

De nombreux travaux ont été entrepris par Le Houérou sur les zones arides et semi-arides de l'Afrique du Nord, certains sont spécifiques à l'Algérie (Le Houérou *et al.*, 1977, 1975), et sont relatifs à la bioclimatologie, à l'utilisation des pâturages, à la valeur et la répartition des ressources végétales pastorales et à la désertification. Ce long parcours a été couronné par l'édition de l'ouvrage « Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique » de Le Houérou (1995).

Les travaux spécifiques aux steppes centrales algériennes sont ceux réalisés par Ozenda (1954), Ozenda et Keraudren, (1958) ; Pouget (1971, 1973, et 1980), Rodin *et al.* (1970), les plus récents sont ceux de Abdelkrim (1984), Benrebaha (1984) et l'URBT (Anonyme, 1987). Amghar (2012) et Amghar *et al.* (2012, 2016a, 2016b) ont démontré les effets bénéfiques et les limites des mises en défens et des plantations pastorales sur les caractéristiques écologiques des parcours steppiques en référence au parcours non protégés.

### **1.3.2. Causes de dégradation de parcours steppiques**

La Conférence des Nations Unies pour la lutte contre la désertification (UNCCD) a défini la désertification comme suit : «Le terme "désertification" désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines». Auparavant, le Sommet de la Terre (Rio de Janeiro, 1992) avait reconnu la perte de Biodiversité étaient identifiés comme les plus grands défis pour le développement durable.

Les expressions «zones arides, semi-arides et subhumides sèches» désignent les zones, à l'exclusion des zones arctiques et subarctiques, dans lesquelles le rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration possible se situe dans une fourchette allant de 0,05 à 0,65.

#### **1.3.3.1. Causes écologiques et naturelles**

##### **1.3.3.1.1. La sécheresse**

Selon les textes de la Convention des Nations Unies pour la lutte contre la désertification (Paris, 1994), le terme «sécheresse» désigne le phénomène naturel qui se produit lorsque les précipitations sont sensiblement inférieures aux niveaux normalement enregistrés et qui entraîne de graves déséquilibres hydrologiques préjudiciables aux systèmes de production et

des ressources en terres. La sécheresse se traduit par un déficit saisonnier ou annuel de production fourragère et, parfois, d'eau d'abreuvement. Elle peut être locale ou généralisée, saisonnière ou pluriannuelle. Dans les sociétés pastorales traditionnelles, la sécheresse était palliée par le déplacement des hommes et des troupeaux : nomadisme et transhumance (Le Houérou, 2005).

#### **1.3.3.1.2. L'érosion éolienne**

Six cent mille hectares de terres en zones steppiques algériennes ont été totalement désertifiés sans possibilité de remontée biologique alors que près de 6 millions d'hectares étaient menacées par les effets de l'érosion éolienne (Ghazi et Lahouati, 1997). Messen *et al.* (2006) affirment que dans la région d'Ain Oussera et Benhar (Nord de Djelfa), les vents de sables printaniers, de moindre intensité, durent trois mois et les plus puissants ont une origine sud ou sud-ouest.

#### **1.3.3.1.3. La salinisation des sols steppiques**

Suite aux fortes chaleurs survenant en saison sèche, les eaux accumulées en surface durant les saisons humides laissant place, après évaporation, aux dépôts de sels (Halitim, 1988).

### **1.3.3.2. Causes anthropozoïques**

#### **1.3.3.2.1. Changements des pratiques de gestion des parcours**

Le nomadisme constituait, durant des siècles, un mode judicieux de la gestion des terres des parcours steppiques notamment, car pratiquant des rotations cycliques et des mises en repos temporaires qui permettaient, malgré les périodes de sécheresse, le maintien en place des principales espèces pérennes et arbustes, l'alimentation des ruminants étant assurée par le broutage des espèces à court cycle de vie. De surcroît, les superficies emblavées étaient rudimentaires et les outils de travaux de sol archaïques. La rupture de cet ordre tribal, conjugué aux aléas climatiques a eu des conséquences négatives sur l'état des parcours et les ressources alimentaires animales.

#### **1.3.3.2.2. Evolution des populations**

L'accroissement de la population des régions steppiques et la sédentarisation compliquent la situation par la création de points d'eau d'abreuvement autour desquels s'amplifie le phénomène de dégradation. Ainsi, les nomades et semi nomades ne constituaient que 24% dans trois zones échantillonnées dans la région de Djelfa, le reste (76%) étant des sédentaires, transhumants et semi-transhumants (Kanoun *et al.*, 2007).

#### **1.3.3.2.3. Le surpâturage**

Ce phénomène consiste à prélever sur une végétation donnée une quantité de fourrage supérieure à la production annuelle et se traduit par la réduction du couvert végétal, les espèces vivaces en premier et la raréfaction des espèces appréciées (Le Houérou, 1969). Les surfaces foliaires réduites des espèces appréciées indiquent un surpâturage accentué. Les systèmes racinaires exploitent des couches meubles de sols de plus en plus minces et les plantes finissent par disparaître (Akrimi et Neffati, 1993).

#### **1.3.3.2.4. Les effets du surpâturage**

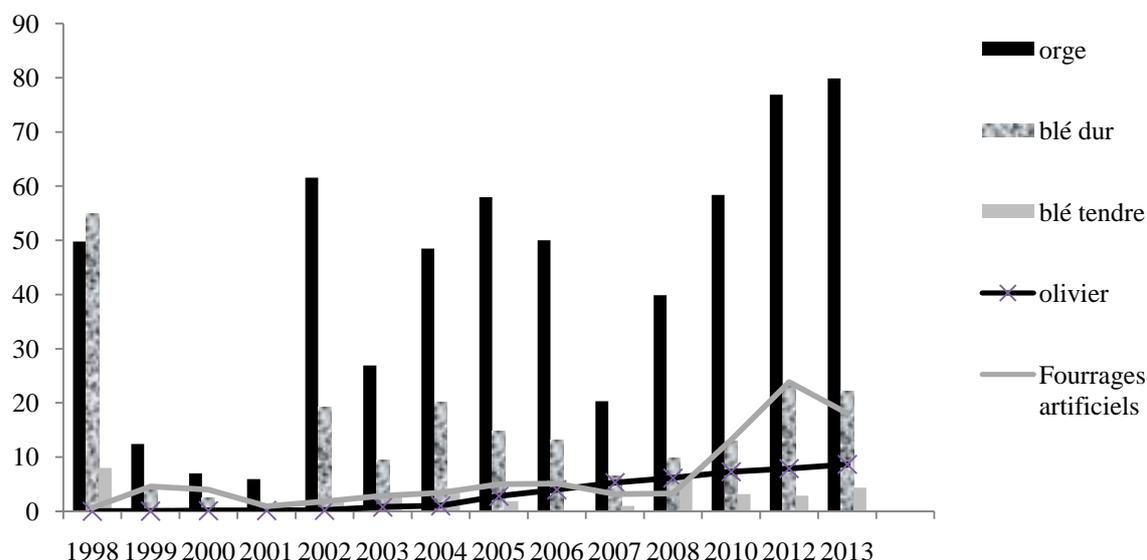
Les autres actions néfastes du surpâturage sont mécaniques et sont dues au déplacement des troupeaux. Le tassement du sol par le piétinement engendre la diminution la perméabilité du sol donc de ses réserves hydriques et l'augmentation corrélative des ruissellements. Les phénomènes sont particulièrement spectaculaires au niveau des points d'eau dans les centres de sédentarisation. De grandes auréoles caractérisent ces lieux qui vont parfois sur 6 km (Le Houérou, 1969).

La charge pastorale est élevée dans tous les espaces productifs de biomasse végétale et trouve sa source dans une mauvaise utilisation des espaces ne tenant pas compte des potentialités et se traduisant par une dégradation des espèces (Benadbeli et Mohammedi, 2001). La succession d'années pluvieuses favorise l'accroissement des effectifs de ruminants qui sont maintenus même après l'occurrence d'années sèche. Les plantes vivaces sont pâturées jusqu'à la racine et finissent par disparaître (Le Houérou, 1969).

La conjonction du brout et du piétinement peut conduire à de modification des propriétés du sol (profondeur, états de surface, fonctionnement hydrique, etc.) et des physionomies végétales (modification des rapports de dominance entre espèces) (Le Floc'h, 2001). Le maintien trop longtemps d'effectifs de troupeau trop importants peut conduire à des répercussions parfois irréversibles sur le couvert végétal. Saidi et Gintzburger (2013) ont conclu que les troupeaux peuvent ingérer jusqu'à 48-57% de la production saisonnière des plantes dans la région de Mecheria, ce qui est à peine compatible avec une utilisation durable des pâturages.

### 1.3.3.2.5. Evolution des superficies cultivées dans les régions steppiques.

La céréaliculture a toujours existé en milieu steppique. Ces cultures, confinées au début dans les dayas et les terrasses d'oueds, ont débordé et gagnent les parcours au sol mince. D'une année à l'autre, la céréaliculture occupe des superficies de plus en plus importantes au détriment des terres de parcours, avec des rendements inférieurs à 3 quintaux/ha.



**Figure 1.** Evolution des superficies ( $10^3$  ha) de quelques spéculations dans la région de Djelfa (Statistiques Agricoles, 1998-2013).

La figure 1 montre la prépondérance des cultures des céréales dans la région de Djelfa avec une prédominance des orges avec des rendements rudimentaires (6,2 ; 8,6 et 4 qx/ha respectivement pour l'orge, le blé dur et le blé tendre). Mais celle qui attire l'attention est relative à la culture de l'olivier qui représente à elle seule la moitié des cultures pérennes. Ceci devant être imputé aux politiques d'encouragement à la production en milieu steppique. Il existe une augmentation lente mais sûre des superficies en fourrages artificiels. Ces programmes n'ont, pourtant, été suivis d'aucun encouragement pour la production et le stockage des fourrages, visant à compléter l'alimentation des troupeaux (Bencherif, 2011).

Une étude diachronique sur l'état des parcours dans la région de Nâama indique que plus des 2/3 de la superficie étudiée présentent des zones à faible et à très faible productivité avec des Coefficient d'Efficacité Pluviale inférieurs à l'unité, allant de 0,5 - 3 kg MS/ha/an/mm) avec une prépondérance de la classe d'occupation de 30% et moins en 2007 alors qu'elle était de 30-40 % en 1987 (Haddouche *et al.*, 2011).

## 1.4. Matériels et Méthodes

### 1.4.1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude, appelées hautes plaines, hauts plateaux ou encore steppes sud-algéroises (Pouget, 1980) s'étendent depuis la fin des derniers chaînons de l'Atlas Tellien jusqu'au début du versant Sud de l'Atlas Saharien, entre les isohyètes 300 et 160 et sont représentées principalement par les wilayas de Djelfa et Laghouat. Elles sont classées dans le Secteur des Hauts plateaux Algérois et Oranais (H1), le Secteur de l'Atlas Saharien (AS) et le sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois (AS2) selon la flore de Quézel et Santa (1962). Du point de vue orographique, ces immenses étendues dans la partie Nord sont marquées par les plissures des principaux reliefs orientés Sud-ouest-Nord-est avec 600 à 1000 mètres d'altitude ; alors que les dépressions sont illustrées par les bassins du Zahrez longé au Sud par le cordons dunaire qui illustre la plus typique de ces dépressions le long de la bordure septentrionale de l'Atlas saharien (Pouget, 1980).

#### 1.4.1.1. Etude bioclimatique

Du Nord au Sud, le climat méditerranéen se dégrade peu à peu dans le sens d'une aridité croissante passant des régions subhumides et semi-arides du Tell aux vastes espaces désertiques sahariens. Diminution et irrégularité accrue de la pluviosité et l'augmentation des températures et de la longueur des périodes de la sécheresse estivale et rendent encore plus difficiles les conditions de vie et de survie des plantes avec un bilan hydrique devenant de plus en plus déficitaire (Pouget, 1980). Dans le cadre de notre étude, nous avons pris en considération comme paramètres climatiques la pluviosité et la température qui sont d'une part, les données disponibles et d'autre part les variables environnementales les plus influentes sur la végétation.

Afin de caractériser le milieu, nous avons choisi trois stations de références appartenant à la région steppique centrales : Djelfa, Ksar Chellalah, Laghouat ainsi que la station d'Ain Oussera (Tableau1).

**Tableau1.** Présentation des stations étudiées

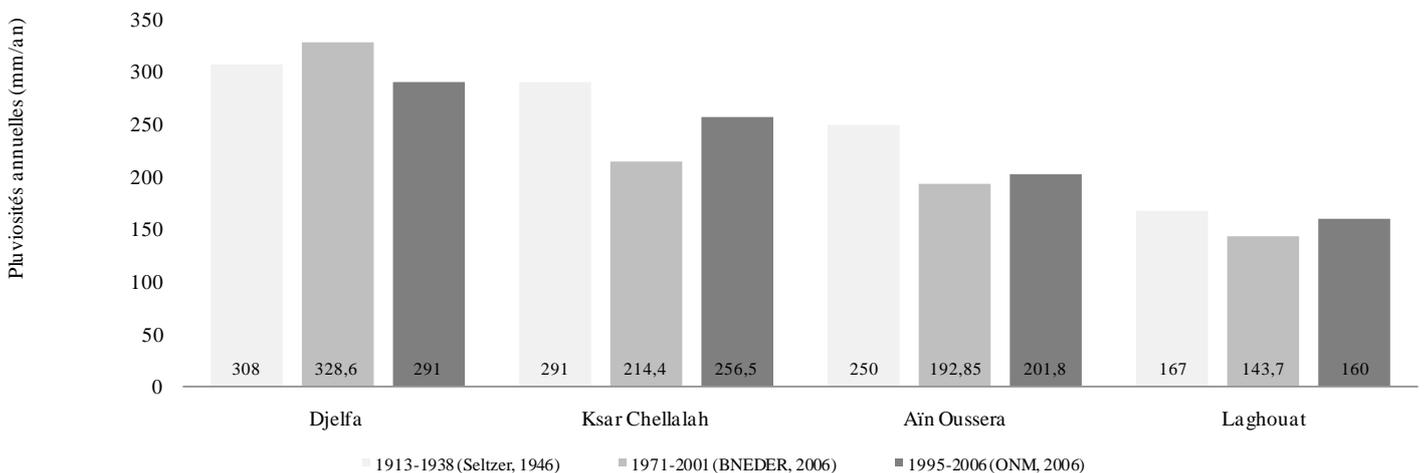
Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Djelfa	34° 41'	03° 23' E	1180
K'sar Chellala	35° 10'	02° 19' E	800
Aïn Oussera	35° 27'	02° 55' E	688
Laghouat	33° 48'	02° 47' E	750

Les données figurant dans l'étude de Seltzer (1946) pour la période 1913-1938 sont les plus complètes et se répartissent sur une durée de 25 ans. Additionnellement, nous avons entrepris une étude bioclimatique de la période 1995-2006 (12 ans), comparées à celle de 1971-2001, soit 30 ans (BNEDER, 2006) pour les stations de Djelfa, Ksar Chellala et Laghouat et Ain Oussera (période 1982-2008) pour lesquelles les données complètes (Températures et précipitations) sont disponibles.

### 1.4.1.2. Evolution des paramètres climatiques

#### a- Les précipitations moyennes annuelles

Globalement, la station la plus humide est celle de Djelfa, la plus sèche celle de Laghouat toutefois, celle de Ksar Chellalah et Ain Oussera sont caractérisées par des précipitations plus proche de celles de Djelfa. Hormis la station de Laghouat, on dénote une diminution des



**Figure 2.** Pluviosité annuelle (mm/an) des stations de Djelfa, Ksar Chellalah, Ain Oussera et Laghouat durant trois périodes.

précipitations durant la première à la troisième période (Figure 2). De cette diminution notable des précipitations, il a été constaté un nombre plus important d'années sèches que d'humides contribuant à l'évolution régressive des ressources végétales.

D'après Celles (1975), la moyenne mensuelle est moins significative que la moyenne annuelle. Il l'explique par le fait que dans le climat méditerranéen, un mois donné peut facilement être complètement sec en année donnée et recevoir l'année suivante près de la moitié des précipitations annuelles. Pour les périodes considérées il semble que le maximum de pluie soit concentré aux mois de mai, septembre et accessoirement janvier. La période pluvieuse s'étale d'octobre à mars où le maximum pluviométrique est observé (Annexe 1.1).

Le mois le plus sec semble être celui de juillet invariablement pour toutes stations et toutes les périodes sauf la station de Ksar Chellala pour la période 1995-2006 et pour laquelle le mois d'août présente les quantités de pluies les plus basses. Les minimums s'observent durant la période estivale, c'est la caractéristique essentielle du régime pluviométrique du climat méditerranéen.

### **b- Les températures**

L'examen des données relatives aux températures minimales du mois le plus froid «m», révèle que le mois de janvier est invariablement le mois le plus froid. Les valeurs de «m» les plus élevées caractérisent le mois de juillet qui est le plus sec. Entre les trois périodes considérées et pour chacune des stations, nous remarquons l'augmentation des valeurs de « m » du mois le plus froid. Il en est de même pour les valeurs maximales (Le mois de juillet) (Annexe 1.2.1).

Les limites supérieures et inférieures des moyennes des températures mensuelles du mois le plus chaud « M » caractérisent de façon constante les mois de juillet et celui de janvier pour toutes les stations et les trois périodes. Comme pour minima les plus froids, la station de Djelfa présente les valeurs les plus basses, celles de Laghouat les plus élevées. Il y a également une augmentation de ce paramètre pour la dernière période (1995-2006) pour toutes les stations (Annexe 1.2.2).

### **c- Régimes saisonniers**

Les régimes saisonniers donnent une indication sur la répartition des pluies suivant les quatre saisons de l'année, et ceci est en rapport direct avec la croissance de la végétation (Djellouli, 1981).

**Tableau 2.** Les régimes saisonniers des stations de référence.

Stations	1913-1938 (Seltzer, 1946)	1971-2001 (BNEDER, 2006)	1995-2006 (ONM, 2006)
Djelfa	H,A,P,E	P,H,A,E	H, A, P, E
K'sar Chellala	P,H,A,E	P,A,H,E	A, H, P, E
Laghouat	A,P,H,E	A,P,H,E	A, P, H, E
Aïn Oussera	/	P,A,H,E	A.P.H.E

Nous remarquons que la station da Laghouat a conservé le même régime saisonnier durant toutes les périodes. Les saisons pluvieuses sont l'automne et le printemps. La station de Djelfa présente des régimes saisonniers identiques pour les périodes 1913-1938 et 1995-2006 pendant lesquelles le maximum de pluie a lieu en hiver et en automne. La période 1971-2001 présente un régime de pluie printanier et hivernal. La station de Ksar Chellala présente pour

les deux premières périodes des régimes printaniers et hivernaux alors que la période 1995-2006 est caractérisée par des maxima de pluies en automne et en hiver (Tableau 2). La période sèche est plus longue durant les trois périodes pour les trois stations (Annexe 1.3)

#### d- Les quotients pluviothermiques d'Emberger (1955)

$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$  avec M et m en degré Kelvin

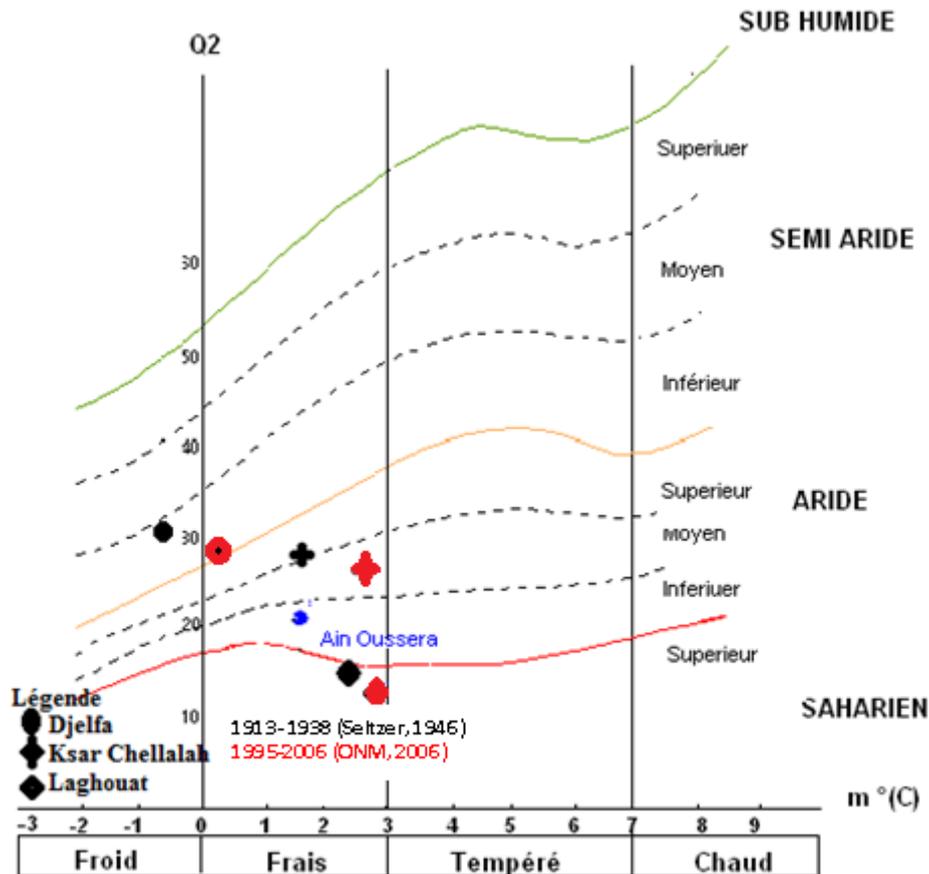


Figure 3. Position des stations dans le climogramme d'Emberger pour les deux périodes 1913-1938 et 1995-2005.

Suivant les résultats obtenus, la variante à hiver froid n'existe plus et toutes les stations sont positionnées dans la variante hiver frais. La station de Djelfa, bien que n'ayant pas changé d'étage (semi aride inférieur), était classée, durant la période 1913-1938, dans la variante à hiver froid. Elle est passée, durant la période 1996-2005 dans la variante à hiver frais. Les minima « m » étant passés de -0,8 à 0,15°C entre les deux périodes et reste la station la plus fraîche du fait du facteur orographique.

La station de Ksar Chellalah est passée de l'aride supérieur à l'aride moyen alors que la station de Laghouat reste dans l'étage saharien. (Figure 3).

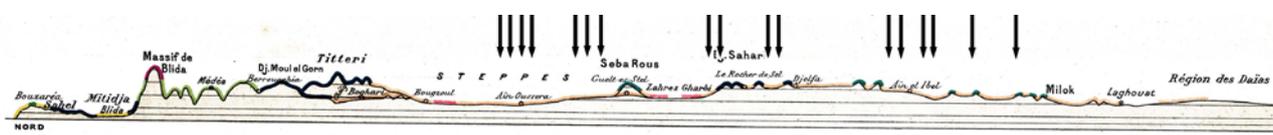
### 1.4.1.3. La végétation

Les données de l'URBT (1987) montrent que seulement une proportion de 6,8% de la région de Djelfa était occupée par des formations forestières ( $67,377 \times 10^3$  ha représentaient les forêts,  $67,951 \times 10^3$  ha les matorrals). Les steppes arborées et les steppes à alfa dominant constituaient les formations principales avec  $71,885 \times 10^3$  ha et  $748,341 \times 10^3$  respectivement et représentaient 38,5% de la superficie végétale globale ( $1,941 \times 10^6$  ha).

Les superficies d'alfa ont diminué de moitié puisqu'en 2013 elles ne sont que de  $350,8 \times 10^3$  ha et ne représentent que près de 14% de la SAT (Statistiques Agricoles, 2013), celle de la céréaliculture qui représentait  $47,5 \times 10^3$  ha durant la première période ont plus que doublée avec  $108 \times 10^3$  ha en 2013 (Statistiques Agricoles, 2013). Quelque soit la période et malgré l'accroissement des superficies emblavées en céréales, les niveaux de productions demeurent aléatoires dépendant fortement de la pluviosité. En 1979,  $120,47 \times 10^3$  quintaux de céréales ont été produits dans la wilaya de Djelfa alors que les productions globales (blé dur, blé tendre, orge et avoine) étaient de  $248 \times 10^3$  quintaux pour des rendements de l'ordre de 6,6 qx/ha et des taux de récolte avoisinant 35%.

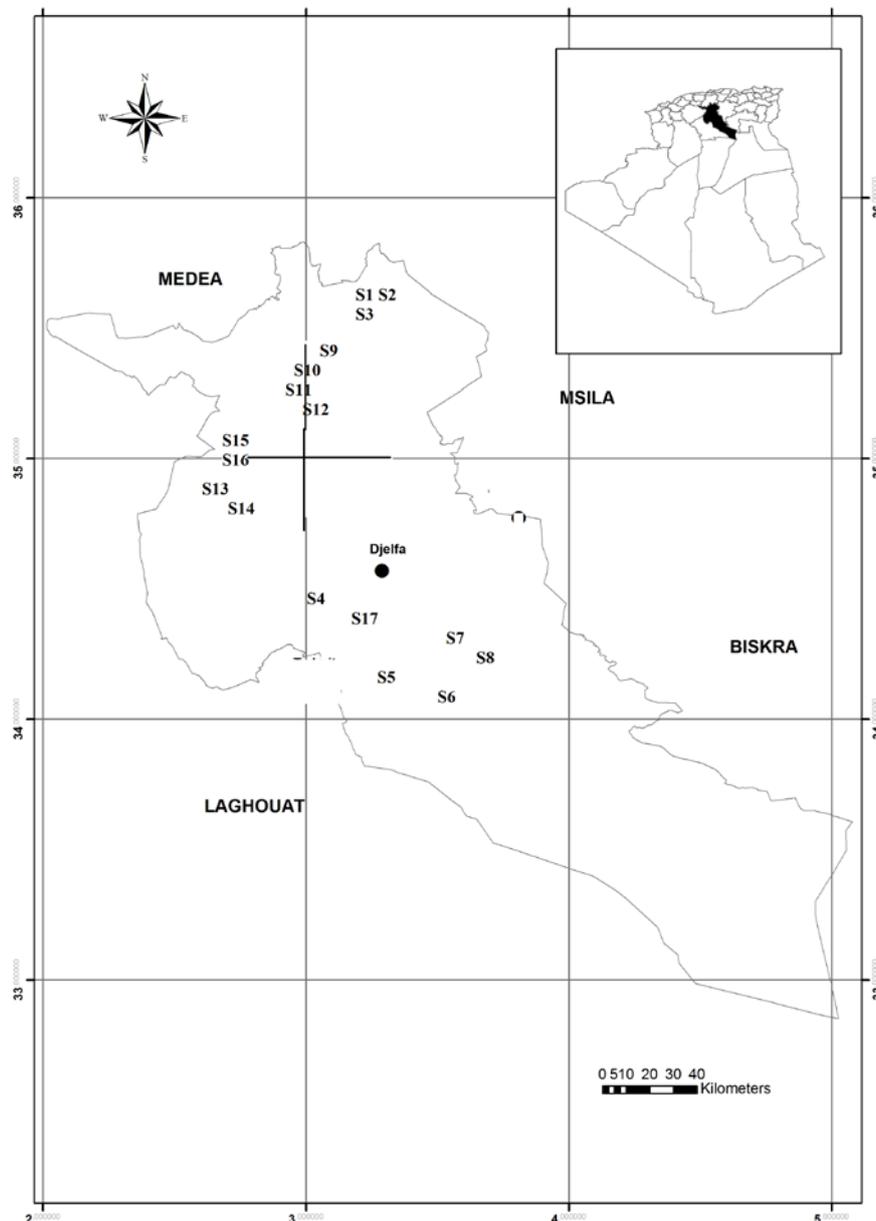
### 1.4.2. Echantillonnage et paramètres étudiés

Afin d'évaluer la qualité des parcours durant deux années à pluviométries contrastées, nous avons entrepris une étude phytoécologique durant la période printanière des années 2000 et 2009, la production de la phytomasse étant considérée à son apogée. Pour cette dernière période, la pluviométrie a atteint près de 500 mm par endroits et seulement près de 150 mm durant la première (ONM, 2000, 2009). Dix sept stations de végétation ont été choisies selon un transect Nord-Sud (Figures 4a, 4b).



**Figure 4a.** Emplacement approximatif des stations d'échantillonnage. (Source, GGA, 1935)

Sur la base des différentes cartes, particulièrement celles établies par l'URBT (1987), nous avons procédé au choix de 17 stations à investiguer le long d'un transect Nord-Sud et suivant une aridité croissante englobant différentes situations bioclimatiques et phytologiques.



**Figure 4b.** Localisation des stations d'échantillonnage étudiées.

L'échantillonnage adopté est subjectif (Gounot, 1969) en raison de l'étendue et l'hétérogénéité du territoire à étudier.

Pour l'étude de la diversité alpha (Whittaker, 1972) et la valeur pastorale, nous avons utilisé la méthode du relevé linéaire quantitatif de points quadrats (Daget et Poissonnet, 1971) complétée par la méthode de Jauffret (2001). Dans chaque station, cinq rubans (lignes) de 200 cm de long ont été installés de manière à respecter autant que possible l'homogénéité de la formation végétale et une aiguille fine a été placée perpendiculairement sur la ligne pour la lecture des points de contact chaque 10 cm. La distance entre les relevés est assez suffisante

pour permettre des vérifications ultérieures pour la cartographie de ces unités de végétation. Les coordonnées géographiques et les quelques conditions environnantes ont été collectées pour chaque relevé. Ce qui a permis de revisiter et reproduire l'étude durant la période printanière de l'année 2009.

Cette méthode nous a permis de quantifier les différents paramètres de la végétation constituant la surface du sol. Pour chaque relevé et en plus des espèces présentes sur la ligne, nous avons ajouté une surface d'extension qui correspond à une aire minimale qualitative de 100 m<sup>2</sup> où sont recensées toutes les espèces présentes.

Pour les cinq relevés de chaque station, nous avons étudié les paramètres suivants:

#### **1.4.2.1. La richesse floristique globale : FR(R)**

La richesse floristique d'une unité végétale est le nombre total d'espèces présentes (McIntosh, 1967, Whittaker, 1972). En zone aride, elle dépend essentiellement des espèces annuelles (Aidoud, 1989). Elle est réalisée sur aire minimale qui la surface nécessaire à échantillonner pour caractériser une association végétale, dans l'approche de la phytosociologie de Braun-Blanquet (In : Marcon, 2016).

Une surface échantillonnée ne sera représentative du groupement végétal étudié qu'à condition d'être floristiquement homogène ; c'est-à-dire "n'offrant pas d'écarts de composition floristique appréciables entre les différentes parties". Djebaili (1970) a retenu une aire minimale de 128 m<sup>2</sup> pour la steppe à alfa dans la région de Tadmit (Djelfa). Melzi (1986) a utilisé une surface de 142 m<sup>2</sup> dans la région de Messad. Le CRBT (1978) a utilisé une surface de 32m.

Pour l'aire minimale quantitative, la surface minimale est estimée suffisante quand l'accroissement des superficies de mesure n'induit plus une augmentation nide phytomasse notable ni en nombre d'espèces nouvelles.

#### **1.4.2.2. Le recouvrement global de la végétation : RGV (%)**

$$RGV (\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

Avec :

RGV : recouvrement global de la végétation,

N : nombre de points de lecture totale,

n: Nombre de points de lecture de végétation

**1.4.2.3. La contribution des espèces annuelles au recouvrement global de la végétation : CA (%).**

**1.4.2.4. La contribution des espèces pérennes au recouvrement global de la végétation : CP (%).**

**1.4.2.5. La valeur pastorale pondérée : VP' (Daget et Poissonnet, 1972 ; 2010)**

La valeur pastorale d'une unité de végétation est un indice global de qualité qui tient compte, d'une part des indices spécifiques formant son cortège floristique et d'autre part de l'abondance de ces derniers exprimée par leur contribution spécifique au tapis végétal. La formule proposée pour calculer cette valeur, est celle de Aidoud (1983) pour les formations steppiques :

$$Vp = 0,1 \times \sum_n (Csi \times Isi)$$

Où :

- 0,1 : Ce coefficient est utilisé spécialement en steppe où le RG n'atteint pas 100%.
- Csi : La contribution spécifique de l'espèce i traduit l'importance des espèces dans le tapis végétal est appréciée par la notion de contribution spécifique (Daget et Poissonnet, 1972). Celle-ci est caractérisée par le rapport entre la fréquence spécifique.
- - (Fsi) et la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces recensées sur des points de lectures le long d'une ligne.
- Isi : L'indice spécifique de l'espèce i (voir plus loin)

$$Csi = \frac{Fsi}{\sum Fsi} \times 100$$

Fsi est **la Fréquence spécifique** : C'est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre de fois où l'espèce (i) a été rencontrée le long de la ligne au nombre total de point échantillonnés,

$$Fsi (\%) = \frac{ni \cdot 100}{N}$$

Où :

- N : nombre de points de lecture,
- ni : nombre de points où une espèce (i) a été notée,

Toutefois, et comme préconisé par Daget et Poissonnet (2010), il est pondéré par le recouvrement de la végétation pour parer à une surestimation dans le cas des formations ouvertes où souvent le sol nu représente une part non négligeable des éléments de recouvrement global des steppes dégradées par la formule :

$$Vp' = Vp \times RGV$$

#### 1.4.2.6. L'indice de perturbation (Hébrard *et al.*, 1995) : IP (%)

C'est le rapport entre la somme des types chaméphytes et thérophytes sur la richesse spécifique totale rapporté à l'unité. Il permet d'entrevoir le degré d'ouverture et l'état de dégradation des formations prises en compte.

Il est exprimé par la formule :

$$IP = \text{Chaméphytes} + \text{Thérophytes} / \text{nombre total des espèces} \times 100$$

#### 1.4.2.7. L'indice de diversité de Shannon : H' (In : Magurran, 2004)

Il est calculé par la formule:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times (\log_2 p_i)$$

Avec :

S: Le nombre total d'espèces présentes dans l'unité d'échantillonnage,

$p_i$  : ( $n_i/N$ ) est la fréquence relative de l'espèce  $i$  dans l'unité d'échantillonnage,

$n_i$  : est l'effectif de la population de l'espèce  $i$ ,

N : est la somme des effectifs des espèces (S) présentes dans l'unité d'échantillonnage,

#### 1.4.2.8. L'indice d'Equitabilité de Piélou (1966) : E

2. Il est calculé par la formule:

$$E = H' / \log_2 S$$

Elle représente le rapport entre la diversité spécifique Shannon (H') et celle obtenue par le logarithme de la richesse spécifique maximum. Elle est proche de 1 lorsque les espèces sont équi-présentes et tend vers 0 si l'échantillon est mono-spécifique.

#### 1.4.2.9. Les types biologiques

Selon Raunkiaer (1904, 1908, 1934), la position des bourgeons dormants donne une idée sur l'adaptation des plantes durant la mauvaise période et les types biologiques sont déclinés en phanérophytes, chaméphytes, hémicryptophytes, géophytes et thérophytes.

Vu leur importance pour cette étude, nous avons pris en compte les types biologiques suivants:

- Le nombre de chaméphytes : CH
- Le nombre de thérophytes : TH.

#### **1.4.2.10. Les éléments biogéographiques**

En ce qui concerne les éléments biogéographiques Sahariens, nous avons cumulé pour chaque type phytochorique les autres éléments qui le composent. Dans le cas d'une association d'éléments sahariens et méditerranéens, nous les avons comptabilisés comme éléments sahariens. La même démarche a été adoptée pour le type biogéographique Méditerranéen mais cette fois sans le recomptage des autres éléments déjà comptabilisés dans le type Saharien. Les éléments ne contenant ni type biologique méditerranéen ou saharien ont été cumulé à part. Nous avons ainsi pris en compte les éléments biogéographiques suivants:

- Le taux d'éléments biogéographiques Méditerranéens : MED (%) (Quézel et Santa, 1962).
- Le taux d'éléments biogéographiques Sahariens : SAH (%) (Quézel et Santa, 1962).

#### **1.4.2.11. Les indices de qualité spécifique:**

Selon Grouzis (1981) et Daget et Poissonnet (1972) ces indices situent les espèces les unes par rapport aux autres ; des plus mauvaises aux meilleurs », leur intérêt sur le plan pastoral vient de leurs:

- \* Vitesse de croissance,
- \* Valeur nutritive,
- \* Saveur et assimilabilité,
- \* Appétibilité
- \* Digestibilité.

Le Houérou et Ionesco (1973) ont attribué à chacune des principales espèces végétales du Sud tunisien un indice de qualité spécifique (Is) variant de 0 à 5 sur la base d'enquêtes auprès des pasteurs et agro-pasteurs. Cet indice caractérise les plantes hautement palatables à toxiques. Pour les steppes algériennes, l'indice utilisé dans la présente étude, va de 0 à 10 (CRBT, 1978 ; l'URBT, 1987 ; Aidoud *et al.*, 1982. Nous avons retenu les indices de qualité spécifiques comme suit :

- Le nombre des espèces ayant des indices spécifiques de palatabilité inférieurs à 5 :  $IS < 5$
- Le nombre des espèces ayant des indices spécifiques de palatabilité supérieurs ou égaux à 5 :  $IS \geq 5$ .

Pour l'étude qualitative et sur une aire minimale de 100 m<sup>2</sup> englobant la ligne quantitative, l'inventaire floristique de chaque relevé a été effectué suivant la méthode semi quantitative de Braun-Blanquet (1951) en attribuant des coefficients d'abondance-dominance pour chaque taxon recensé avec :

- + : espèce rare et à faible recouvrement de la surface,
- 1 : espèce recouvrant moins de 5% de la surface,
- 2 : espèce recouvrant de 5% à 25% de la surface,
- 3 : espèce recouvrant de 25% à 50% de la surface,
- 4 : espèce recouvrant de 50% à 75% de la surface,
- 5 : espèce recouvrant de 75% à 100% de la surface.

Les tableaux floristiques bruts ont permis d'établir la liste des espèces présentes. Différents sources (Quézel & Santa, 1962-1963 ; Ozenda, 2004 ; Le-Houérou, 1995...) ont été utilisées pour la synthèse et la correspondance la nomenclature classique avec classification phylogénétique (APGIII, 2009) (Annexe 1.18)

#### **1.4.3. Traitement des données**

Les données relatives à la phytoécologie ont été soumises à des traitements statistiques non paramétriques. Considérant que la distribution n'était pas connue directement, les utilitaires de Kruskal-Wallis du logiciel Statistica (Version 6.1, 2003) ont été appliqués pour l'analyse de la variance (ANOVA) pour la comparaison entre plusieurs modalités des années 2000 et 2009.

Pour l'autre volet de cette étude, toutes les données recueillies (points-espèces ; points-relevés) ont été ordonnées selon le code des espèces de Montpellier (CEFE) comportant quatre chiffres, le cinquième étant la dominance-abondance attribuée à chaque taxon présent dans le relevé suivant l'échelle de Braun-Blanquet. Des numéros, de quatre chiffres, selon la chronologie de réalisation ont été attribués aux relevés et regroupés pour chaque station.

Considérant les deux dates d'échantillonnage, le nombre de stations (17) et le nombre de relevés par station (05) il y'a donc 85 relevés par date. Au total, 170 relevés et 130 recensées ont été retenus, les espèces rares ont été éliminées.

Une Analyse Factorielle des Correspondance (AFC) a été appliquée par le logiciel ANAPHYTO (Briane, 1992) au niveau du laboratoire d'Ecologie Végétale de la Faculté des Sciences Biologiques de l'Université des Sciences et Technologie de Bab-Ezzouar. Les contributions absolues et relatives ainsi que les coordonnées des relevés et des espèces ont permis une analyse globale des données.

## 1.5. Résultats et discussions

### 1.5.1. Evolution des unités de végétation en 2000 et 2009

Les données représentées dans le Tableau 3 font ressortir qu'en 2000 sur les 17 stations. 11 étaient dominées par *Stipa tenacissima* (S1A1, S2A1, S3A1, S4A, S5A1, S7A1, S8A1, S13A1, S14A1, S15A1, S171), alors qu'il n'en reste que 4 (S2A2, S3A2, S4A2, S14A2) en 2009 et sur les 5 (S9A1, S10A1, S11A1, S12A1, S16A1) dominées par *Artemisia herba alba*, uniquement 2 (S11A2, S12A2, S15A2) sont restées telles quelles, avec une station (17) qui a vu apparaître *Artemisia herba alba* dominante au lieu *S. tenacissima* (en 2000).

Ceci dénote des changements profonds et radicaux ayant affecté ces parcours. A ce titre, certaines espèces secondes dominantes en 2000 sont devenues premières dominantes telles que *T. microphylla*, *H. scoparia* ou *A. campestris*.

D'autres ont complètement disparue telles que *Salsola vermiculata*. Cette pérenne possède un Indice Spécifique de 6 /10 et est considérée comme fourragère à promouvoir dans la réhabilitation des parcours (Batello *et al.*, 2008). Elle n'en est pas moins en danger car incapable de produire des graines dormantes dans le sol et sa régénération se fait directement après dissémination. De plus, même si ses graines sont adaptées à une large gamme de température et des taux d'humidité bas pour assurer leur germination, la phase plantule semble très sensible au déficit hydrique (Neffati *et al.*, 1993). Sa disparition pourrait être expliquée par le fait de l'aridification accrue ce qui n'a pas permis à ses semences à courte longévité de s'adapter.

Certaines stations méridionales (6 et 7) ont vu leur espèces dominantes *S. tenacissima* et *L. spartum* disparaître et remplacées par des espèces présahariennes (*H. scoparia*) ou indicatrice de sable (*T. microphylla*, *H. fontanesii*) avec l'émergence d'*A. armatus* en seconde espèce dominante. *N. mucronata*, *P. harmala*, *A. campestris* sont les espèces indiquant une forte pression par le surpâturage ou de mise en culture ; tandis qu'*A. serratuloides*, une saharo-sindienne (épineuse de faible intérêt pastoral) peu remarquée auparavant dans les stations méridionales, est devenue seconde espèce dominante. Elles peuvent, probablement, être considérées comme des indicatrices d'un glissement des variantes thermique plus au Nord avec des minima des mois les plus froids positifs.

**Tableau 3.** Evolution des unités de végétation étudiées en 2000 et 2009.

N°	Unités de végétation en 2000	Abréviation	Relevés	Unités de végétation en 2009	Abréviation	Relevés
01	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	S1A1	01-05	<i>Thymelaea microphylla</i> et <i>Stipa parviflora</i>	S1A2	86-90
02	<i>Stipa tenacissima</i> , <i>Stipa parviflora</i> et <i>Noaea mucronata</i>	S2A1	06-10	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Noaea mucronata</i>	S2A2	91-95
03	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Artemisia campestris</i>	S3A1	11-15	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Atractylis serratuloides</i>	S3A2	96-100
04	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Salsola vermiculata</i>	S4A1	16-20	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Herniaria fonatesii</i>	S4A2	101-105
05	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Lygeum spartum</i>	S5A1	21-25	<i>Hammada scoparia</i> et <i>Atractylis serratuloides</i>	S5A2	106-110
06	<i>Lygeum spartum</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	S6A1	26-30	<i>Thymelaea microphylla</i> et <i>Astragalus armatus</i>	S6A2	111-115
07	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Hammada scoparia</i>	S7A1	31-35	<i>Hammada scoparia</i> et <i>Astragalus armatus</i>	S7A2	116-120
08	<i>Stipa tenacissima</i> , <i>Hammada scoparia</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	S8A1	36-40	<i>Lygeum spartum</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	S8A2	121-125
09	<i>Artemisia herba alba</i> et <i>Peganum harmala</i>	S9A1	41-45	<i>Peganum harmala</i> et <i>Atractylis serratuloides</i>	S9A2	126-130
10	<i>Artemisia herba alba</i> et <i>Artemisia campestris</i>	S10A1	46-50	<i>Artemisia campestris</i>	S10A2	131-135
11	<i>Artemisia herba alba</i> et <i>Noaea mucronata</i>	S11A1	51-55	<i>Artemisia herba alba</i> et <i>Noaea mucronata</i>	S11A2	136-140
12	<i>Artemisia herba alba</i>	S12A1	56-60	<i>Artemisia herba alba</i>	S12A2	141-145
13	<i>Stipa tenacissima</i> , <i>Lygeum spartum</i> et <i>Thymelaea microphylla</i> B	S13A1	61-65	<i>Atractylis serratuloides</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	S13A2	146-150
14	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	S14A1	66-70	<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Artemisia campestris</i>	S14A2	151-155
15	<i>Stipa tenacissima</i> , <i>Lygeum spartum</i> et <i>Peganum harmala</i>	S15A1	71-75	<i>Artemisia herba alba</i> et <i>Noaea mucronata</i>	S15A2	156-160
16	<i>Artemisia herba alba</i> et <i>Noaea mucronata</i>	S16A1	76-80	<i>Lygeum spartum</i> et <i>Noaea mucronata</i>	S16A2	161-165
17	<i>Stipa tenacissima</i> , <i>Salsola vermiculata</i> et <i>Stipa parviflora</i>	S17A1	81-85	<i>Artemisia herba alba</i>	S17A2	166-170

## 1.5.2. Phytoécologie et caractéristiques floristiques en 2000 et 2009

### Analyses de la variance

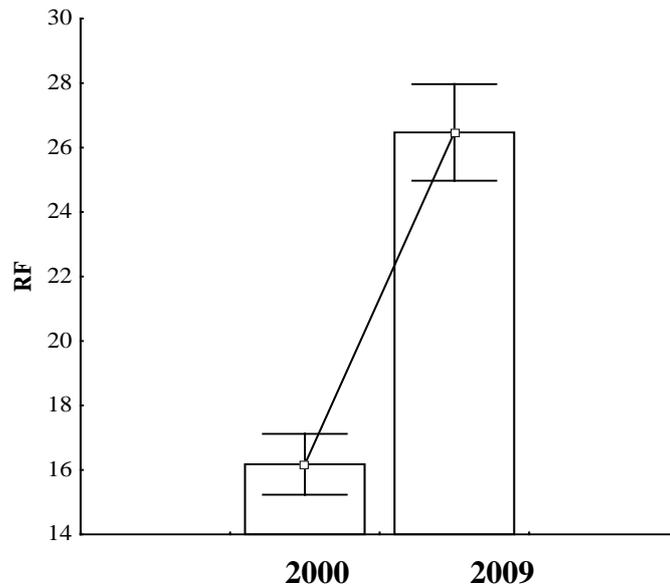
Des différences très hautement significatives ont été mises en évidence pour tous les paramètres pris en compte, mis à part le nombre des chaméphytes, pour lequel, nous avons décelé des différences hautement significatives (Tableau 4).

**Tableau 4.** Analyse de la variance des paramètres de la phytoécologie et de la diversité floristique en 2000 et 2009.

Paramètres	2000	2009	Effet année		F
			X <sup>2</sup>	P	
<b>Richesse floristique et structure de la végétation</b>					
Richesse spécifique totale	16,17±4,38	26,47±6,95	54,22	***(0,00)	78,79
Thérophytes	7,28±2,3	15,79±5,10	106,15	***(0,00)	103,20
Chaméphytes	3,67±1,38	2,87±0,92	6,17	** (0,013)	8,37
Autres types biologiques	5,34±1,9	7,87±3,17	35,87	*** (0,00)	34,24
<b>Index de diversité</b>					
Indice de Shannon (H')	2,19±0,66	3,49±0,45	81,91	*** (0,00)	100,11
Equitabilité (E)	0,73±0,16	0,88±0,069	32,21	*** (0,00)	43,67
Indice de perturbation (IP)	67,10±6,70	72,35±7,41	28,89	*** (0,00)	22,85
<b>Valeur pastorale</b>					
Recouvrement total de la végétation (RG)%	38,93±11,37	76,15±15,14	136,83	*** (0,00)	107,78
Contribution des annuelles (CA)%	23,87±16,53	62,41±15,88	79,25	*** (0,00)	80,32
Contribution des pérennes (CP)%	76,13±16,65	37,61±15,95	105,62	*** (0,00)	94,40
Valeur pastorale (VP')	10,05±6,98	18,01±7,14	56,49	*** (0,00)	58,92
<b>Eléments biogéographiques</b>					
Méditerranéens (MED.)	6,32±2,39	11,73±3,79	75,05	*** (0,00)	76,97
Sahariens (SAH.)	4,39±	6,18±2,20	18,66	*** (0,00)	22,75
Autres types biogéographiques	5,47±2,40	8,54±3,52	25,75	*** (0,00)	36,17
<b>Indices spécifiques</b>					
IS < 5	11,55±3,77	19,73±6,05	73,80	*** (0,00)	74,22
IS ≥ 5	4,29±2,11	6,92±2,37	38,3	*** (0,00)	49,17

#### 1.5.2.1. La richesse floristique

La richesse floristique spécifique globale enregistrée en 2009 était 26,47 alors que celle de 2000 a atteint seulement 16,17 (Figure 5). Les analyses de variance partielles ont révélé que ce sont les S15A1 (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Peganum harmala*) et S3A2 (*Stipa tenacissima* et *Atractylis serratuloides*) qui affichent les moyennes les plus fortes (24,6 et 40,4) alors que les plus faibles (12,2 et 11,4) caractérisent les stations S6A2 (*Thymelaea microphylla* et *Astragalus armatus*) et S13A1 (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*) (Annexe 1.4).

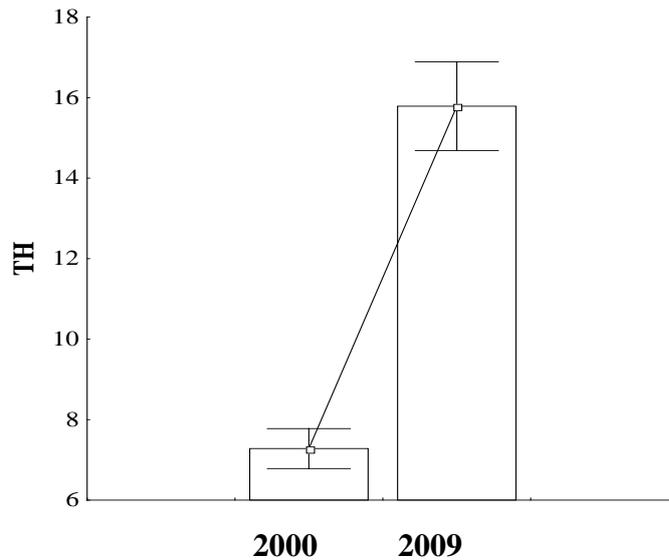


**Figure 5.** Moyennes des richesses floristiques en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes.

Dans une étude similaire des parcours steppiques de la région de Laghouat (Amghar *et al.*, 2012), la richesse floristique a atteint en moyenne respectivement 23,28 et 15,94 dans les mises en défens et plantations pastorales et 11 et 8,63 dans les pâturages libres adjacents reflétant ainsi les modes de gestion. Auparavant, Melzi (1990) a retrouvé entre 11 et 42 espèces dans les unités à alfa et 11 à 33 dans les unités à remt dans les régions présahariennes sud algéroises. Sur plusieurs séquences de la région de Menzel Hbib (Tunisie), Jauffret (2001) a indiqué qu'entre différentes saisons, la richesse spécifique totale fluctuait entre 3,1 et 17,1 (avril 1999) et va de 0,4 à 5,6 en octobre de la même année. Melzi (1993) rapporte l'existence d'une corrélation positive et nette entre les quantités de pluies et le couvert végétal dans les formations à alfa et à remt de la partie sud de la wilaya de Djelfa. Sur la végétation de la région de Taadmit, une analyse diachronique a montré qu'entre 1970 et 1989, la richesse floristique a diminué de 25% à cause, essentiellement, du manque de précipitations. Cette tendance est inversée du fait de la mise en place des mises en défens et des plantations pastorales (Benseghir *et al.*, 2008).

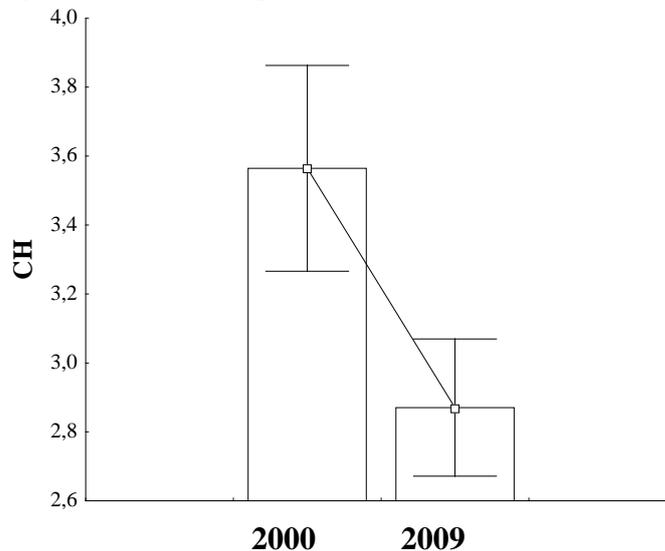
### 1.5.2.2. Les types biologiques

Les thérophytes, grâce à l'occurrence de quantités exceptionnelles de pluies en 2009, varient du simple (7,28) en 2000 au double (15,79) en moyenne en 2009 (Figure 6).



**Figure 6.** Nombre de thérophytes moyens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

D'autre part, nous avons comptabilisé les moyennes les plus importantes (10,6 et 26,4) en thérophytes dans les stations S15A1 (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Peganum harmala*) et S3A2 (*Stipa tenacissima* et *Atractylis serratuloides*) ; S13A1 (*Stipa tenacissima* et *Artemisia campestris*) et S6A2 (*Thymelaea microphylla* et *Astragalus armatus*) sont les moins pourvues avec seulement 3 et 8 (Annexe 1.5). Les chaméphytes, suite aux actions de dégradations, suivent une allure contraire avec 3,67 en 2000 alors qu'il n'en reste que moins de trois (2,80) en moyenne en 2009 (Figure 7).



**Figure 7.** Nombre de Chaméphytes moyens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

Ce sont les stations S8A1 (*Stipa tenacissima*, *Hammada scoparia* et *Thymelaea microphylla*) et S14A2 (*Stipa tenacissima* et *Artemisia campestris*) qui se distinguent par les moyennes les plus importantes (7,6 et 4,2), les plus faibles (2 et 1) ont été notées dans stations S7A1 (*Stipa tenacissima* et *Hammada scoparia*) et S16A2 (*Lygeum spartum* et *Noaea mucronata*) (Annexe 1.6).

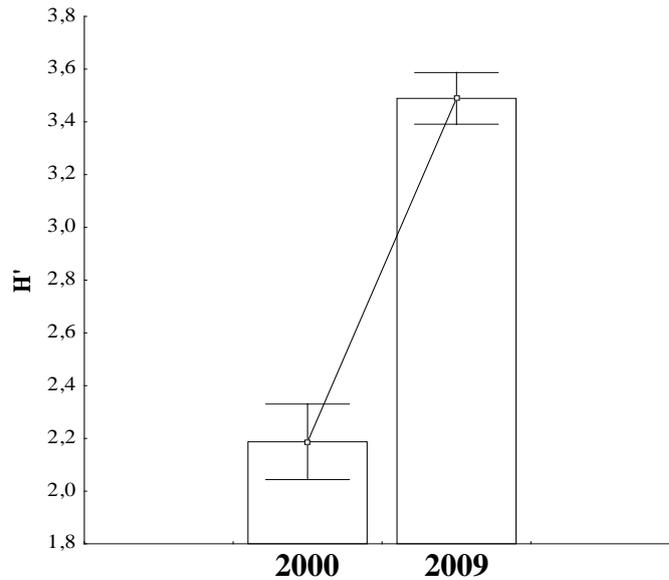
La représentation numérique des types biologiques aurait plus de signification si elle est corrélée à certains facteurs écologiques ou anthropiques. Elle aurait peu d'importance en milieu tempéré par rapport à son rôle dans les régions xéothermiques Zohary (1959). Dans une étude similaire de l'effet des mises en défens sur les caractéristiques floristiques des parcours présahariens des régions de Laghouat et Djelfa a mis en relief la prédominance des thérophytes dans les mises en défens et des chaméphytes dans les espaces non protégés (Amghar et Kadi-Hanifi, 2004). D'autres investigations sur les steppes orientales algériennes (Boughani, 2014) montrent la prédominance des thérophytes suivant le gradient Thérophytes > Hémicryptophytes > Chaméphytes > Phanérophytes > Géophytes avec des proportions allant de 37 à 57%.

Quel que soit le mode de gestion (mise en défens ou pâturage libre), Slimani *et al.* (2010) ont démontré que malgré la prédominance des pérennes dans les mises en défens de la région de Rogassa (ouest algérien) dans les années 1970, leur part et celles des éphémères a décliné de 10% ultérieurement avec une tendance régressive pour les deux types et dans les deux cas à partir des années 2000. Sur les steppes du versant Sud de l'Atlas saharien (région de Laghouat), la mise en défens était plus bénéfique pour l'apparition des thérophytes (12,39 et 4%) par rapport à la plantation pastorale (6,76 et 2,88%) (Amghar *et al.*, 2012).

Danin et Orshan (1990) ont trouvé que les chaméphytes étaient fréquents à des niveaux de pluies les plus bas contrairement aux thérophytes et la température ne semble pas avoir de relation directe avec la distribution des types biologiques. Jauffret (2001) atteste que les chaméphytes variaient entre 0,4 et 5,4 au printemps 1999 et entre 0,2 et 5 durant l'automne au niveau des 4 séquences prises en compte et situées à Menzel Hbib (Tunisie). Les thérophytes comptées durant le printemps vont de 2 à 10,1.

### **1.5.2.3. Les Indices de diversité**

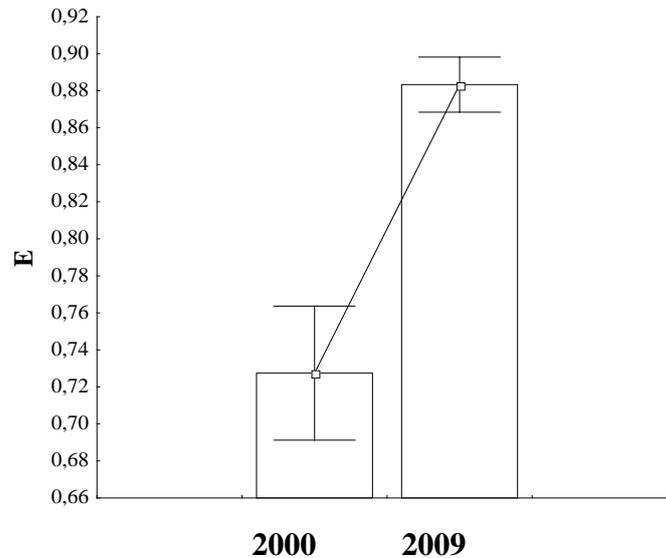
L'indice de Shannon (H') oscille entre 2,19 et 3,49 en 2000 et 2009, respectivement (Figure 8). Les valeurs moyennes des stations S10A1 (*Artemisia herba alba* et *Artemisia campestris*), S9A2 (*Peganum harmala* et *Atractylis serratuloides*) sont élevées (3,22 et 4,28), les stations S12A1 (*Artemisia herba alba*) et S8A2 (*Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*) sont dotées des flores les moins diversifiées avec 0,99 et 2,73 (Annexe 1.7).



**Figure 8.** Moyennes de l'Indice de Shannon (H') en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

Ce paramètre accuse des valeurs particulièrement basses qui oscillent entre 1,54 et 2,54 pour les formations des zones humides et salées de la région d'Oued Righ (Sahara septentrional, Algérie) (Koull, 2015). Pour les parcours du Sud tunisien, Jauffret (2001) situe cet indice, en fonction des saisons, entre 1,8 et 3,4 ; et ne dépasse pas 1,78 avec un minimum de 0,4 près de Tataouine (Gamoun *et al.*, 2010). Il serait plus important en cas d'année pluvieuse (Gamoun et Zammouri (2014). Ghiloufi *et al.* (2015) le situent entre 0,70 et 2,25 pour les steppes à alfa des provinces de Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid, Sfax, Gabès et Tataouine.

Amghar et Kadi-Hanifi (2004) ont trouvé des valeurs plus basses (1,38 au moins et 2,55 au plus) pour l'indice de Shannon dans les sites mis en défens ou pas au niveau des steppes sud algéroises. Amghar *et al.* (2012) le situent entre 1,56 et 0,99 dans les mises en défens et entre 1,3 et 0,69 dans les plantations pastorales de la région de Sahou Lahmar (Laghouat). Dans le même ordre l'Equitabilité varie entre 0,73 et 0,88 entre les deux dates (Figure 9).



**Figure 9.** Moyennes de l'Equitabilité (E) en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

Les analyses de l'Equitabilité des deux années révèlent une certaine stabilité avec 0,97 et 0,969 dans les stations S1A1 (*Stipa tenacissima* et *Thymelaea microphylla*) et S2A2 (*Stipa tenacissima* et *Noaea mucronata*) pour les moyennes les plus fortes; les plus basses (0,395 et 0,76) ont été observées au niveau des mêmes stations S11A1 et S11A2 (*Artemisia herba alba* et *Noaea mucronata*) (Annexes 1.8).

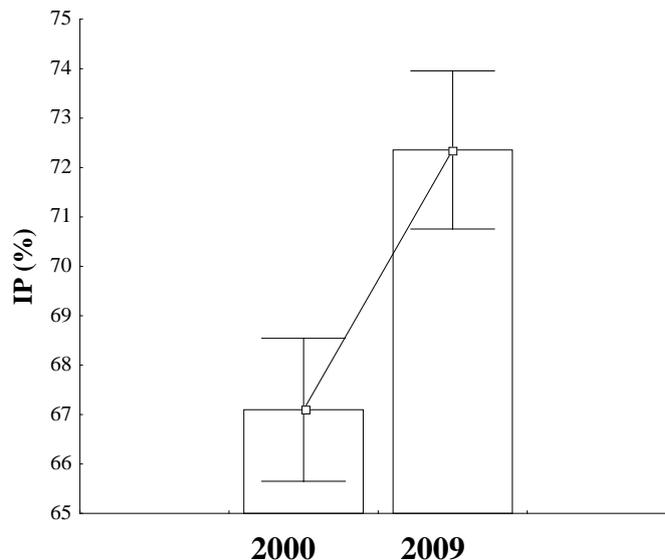
Ceci est étayé par les résultats sur les parcours du Sud tunisien où l'Equitabilité est élevée et va de 0,7 à 0,83 ; les espèces, autres que chaméphytes dominants, étant équi-réparties sur le sol nu entre les individus de chaméphytes (Jauffret, 2001). Elle oscille entre 0,38 et en cas de mises en défens et entre 0,38 et 0,46 en dehors (Amghar et Kadi-Hanifi, 2004) et va de 0,49 en culminant à 0,83 dans les communautés des zones humides d'Oued Righ (Sahara central) (Koull, 2015). Dans deux sites de la région de Tolga (Biskra), Rekis (2012) a attesté que les valeurs sont de 0,75 et 0,82.

Neffar *et al.* (2011) ont constaté que l'Equitabilité est plus importante au niveau des jeunes plantations de figuier de Barbarie des steppes orientales algériennes. D'autres études en Afrique du Nord, font ressortir que l'Equitabilité est plus importante dans les mises en défens ou les plantations pastorales que dans les zones pâturées (OuHammou *et al.*, 1996 ; Henni et Mehdadi, 2012 ; Amghar *et al.*, 2012 ; Gamoun *et al.*, 2012). Elle serait la plus importante dans les zones caractérisées par une faible richesse spécifique (Gamoun *et al.* 2010).

Globalement, nos résultats indiquent une équi-représentation et participation des espèces au tapis végétal en 2009. Ceci est dû probablement à l'occurrence d'importantes quantités de

pluies l'année d'échantillonnage ; ce qui a permis la germination des stocks de graines et un bon redémarrage des géophytes et hémicryptophytes.

Malgré le facteur pluviométrique de 2009, il apparaît que la perturbation soit, en moyenne plus importante qu'en 2000 avec des valeurs globales de 72,35 et 67,10 respectivement (Figure 10). L'équilibre entre pérennes, numériquement très diminuées face à une recrudescence des annuelles ayant germé par l'apport hydrique en 2009.



**Figure 10.** Indices de perturbation moyens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

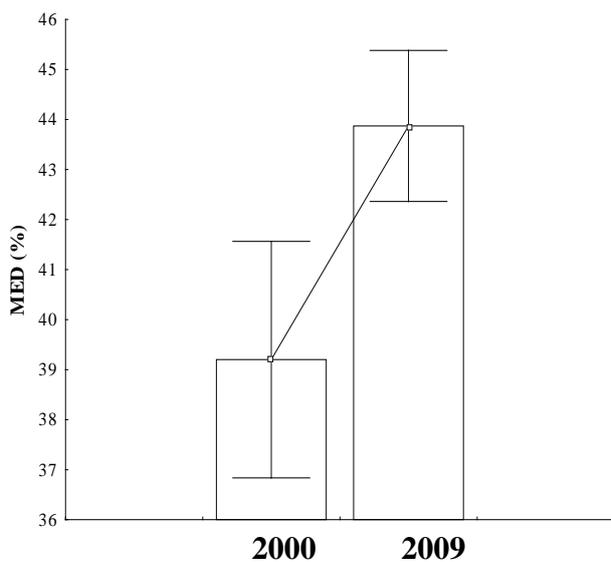
Les analyses des indices de perturbations, pour chaque année, montrent que les stations S8A1 (*Stipa tenacissima*, *Hammada scoparia* et *Thymelaea microphylla*) et S17A2 (*Artemisia herba alba*) avec 79,27 et 81,32% respectivement, s'opposent aux stations S6A1 (*Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*) et S4A2 (*Stipa tenacissima* et *Herniaria fonatesii*) qui possèdent les couverts de végétation les moins perturbés avec respectivement 58,91 et 57,46% en moyenne (Annexes 1.9). Il est à noter que les maxima et minima cités concernent les stations de latitudes sud.

Les données mettent l'accent sur l'impact des quantités des pluies sur la germination des semences, particulièrement les annuelles, et la transformation du paysage lors d'un épisode pluvieux attestant d'un gain en richesse floristique alors que la tendance globale est la perte de la diversité des pérennes. Dans les steppes à alfa, Kadi-Hanifi *et al.*(2005) indiquent des indices de perturbation variant entre 66 et 77%. La perturbation semble donc proportionnelle plus à la présence des thérophytes par l'envahissement des ces espèces, surtout en bonne année climatique. Belhacini (2011) cite des indices tous supérieurs à 70% au niveau des

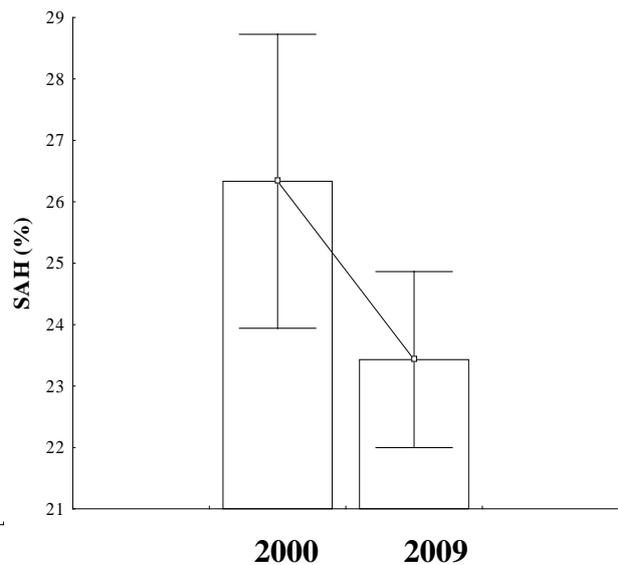
matorrals pré-steppiques de la région de Tlemcen. Dans les formations forestières de cette région, la perturbation n'est que de 58% dans l'étude de Benabdellah *et al.* (2010).

#### 1.5.2.4. Les Eléments biogéographiques

Les éléments biogéographiques illustrés dans les figures 11 et 12 démontrent clairement l'augmentation des deux types méditerranéen et saharien durant les deux dates allant de 39,20 à 43,87% pour le premier type méditerranéen de 26,33 à 23,43% pour le second, le reste des éléments suit la même tendance. Il est intéressant de signaler que les pluies additionnelles en 2009 apportent plus d'éléments sahariens.



**Figure 11.** Taux moyens des types biogéographiques Méditerranéens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.



**Figure 12.** Taux moyens des types biogéographiques Sahariens en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

Durant les deux dates d'investigation (2000 et 2009), le taux du type biogéographique méditerranéen a atteint au maximum 59,97 et 56,55 %, taux consignés dans les stations S2A1 (*Stipa tenacissima*, *Stipa parviflora* et *Noaea mucronata*) et S16A2 (*Lygeum spartum* et *Noaea mucronata*). Les minima sont 20,97 (S16A1 ; *Artemisia herba alba* et *Noaea mucronata*) et 34,07 (S5A2 ; *Hammada scoparia* et *Atractylis serratuloides*) (Annexe 1.10). Nous avons compté, au plus, des taux de 46,78 et 32,72% (S16A1, *Artemisia herba alba* et *Noaea mucronata* ; S4A2, *Stipa tenacissima* et *Herniaria fonatesii*) en espèces de phytochorie saharienne alors que les moyennes les plus basses (7,18 et 11,47%) sont celles relatives aux stations S10A1 (*Artemisia herba alba* et *Artemisia campestris*) et S16A2 (*Lygeum spartum* et *Noaea mucronata*) (Annexe 1.11).

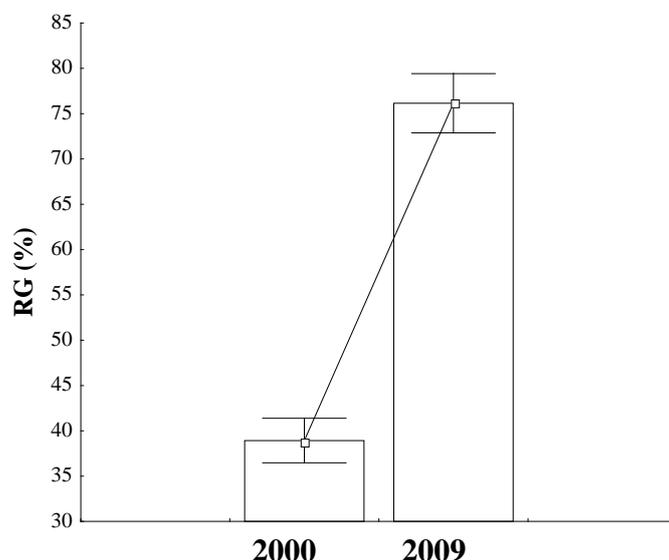
L'analyse floristique du Sud-est de Tlemcen a permis de constater la prédominance du type Méditerranéen pur qui variait de 18 à 29% (Regagba, 2012). Il en est de même pour les formations à *Lygeum spartum* ouest Algériennes et le long d'un transect Nord-sud, on dénote

l'apparition des éléments sahariens avec l'augmentation du gradient d'aridité (Lachachi, 2010). Des résultats analogues ont été signalés par Belhacini (2011) avec 34,75% pour le type Méditerranéen pur au niveau des matorrals du versant Sud de la région de Tlemcen. Au niveau des matorrals (semi-aride, 352mm/an) de la région de Saida, Lazergui (2014) indique que le type Méditerranéen culminait jusqu'à 64% alors que l'élément saharien ne dépassait pas les 2,36%. Excepté dans les formations présahariennes, Boughani (2014) atteste que les espèces d'origine méditerranéenne dominant largement dans toutes les autres formations. Leur succèdent les endémiques et les éléments de liaison et les types d'origine européenne assez bien représentés. D'un autre coté, cette étude a montré l'augmentation (6%) du type saharo-arabique dans les matorrals. Cette proportion atteint 11 dans les steppes et les steppes dégradées et va jusqu'à 23% dans les formations steppiques de transition par rapport aux matorrals. Nos résultats concordent avec ceux de l'étude diachronique (OSS, 2012) du suivi de la désertification (1978-2005-2011) qui montrent l'émergence des types Saharo-sindiens et une nette diminution du type Méditerranéen malgré sa prépondérance dans les trois périodes. Ceci suggère une aridification de la zone d'étude.

#### 1.5.2.5. La valeur pastorale et les indices spécifiques

##### a- Le recouvrement global de la végétation

Le recouvrement varie du simple au double en 2000 et 2009 ; passant en moyenne de 38,93 à 76,15 % (Figure 13).



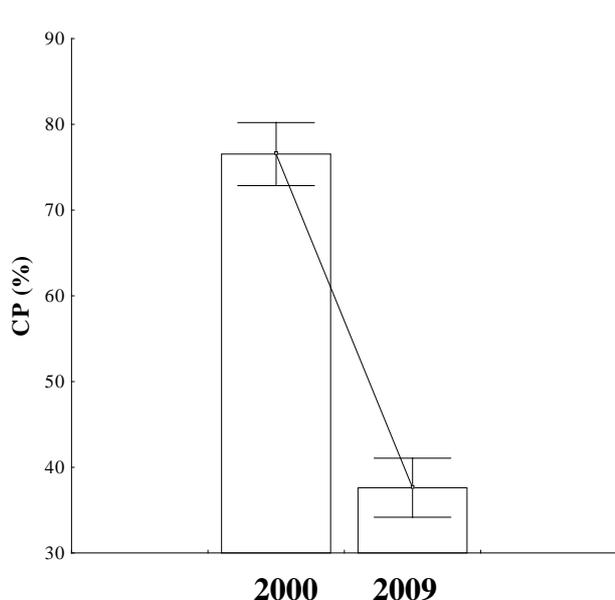
**Figure 13.** Moyennes des recouvrements globaux de la végétation en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

Les données associées aux deux années révèlent que les moyennes maximales égales à 61,8 et 95,6% ont été notées dans les stations S11A1 et S12A2 respectivement (*Artemisia herba alba* et *Noaea mucronata*), tandis que les valeurs les moins importantes (22,2 et 32,6%) concernent respectivement les stations S9A1 et S6A2 géographiquement opposées (Nord-Sud) et à dominance d'*Artemisia herba alba* et *Peganum harmala* et *Thymelaea microphylla* et *Astragalus armatus* (Annexe 1.12).

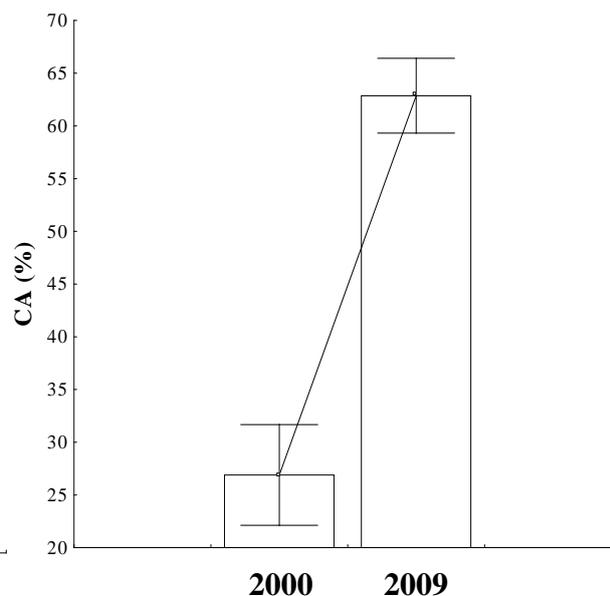
### b- La contribution des espèces pérennes et annuelles

La contribution des espèces pérennes (CP) et annuelles (CA) ont atteint respectivement 37,61% et 62,41 en 2009 alors qu'elles étaient de l'ordre de 76,13 et 23,87 % en 2000 attestant du double effet des précipitations pour la première catégorie et celui de la dégradation pour la seconde (Figures 14 et 15).

Durant les deux dates les taux maximum en espèces pérennes (93,40 et 75,98%) ont été notés dans les stations S6A1 et S8A2 à dominance de *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*. Les plus faibles moyennes (30,68 et 12,15%) sont celles des stations S1A1 S10A2 respectivement, à *Stipa tenacissima* et *Thymelaea microphylla* et *Artemisia campestris* (Annexe 1.13). L'inverse est observé pour les annuelles avec des proportions atteignant 68,71% (S1A1 ; *Stipa tenacissima* et *Thymelaea microphylla*) et 88,05 % (S10A2 ; *Artemisia campestris*) ; les stations S6A1 et S8A2 de même dominance (*Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*) et possédant les valeurs minimales (6,6 et 24,79%) (Annexe 1.14).



**Figure 14.** Moyennes des contributions des espèces pérennes en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

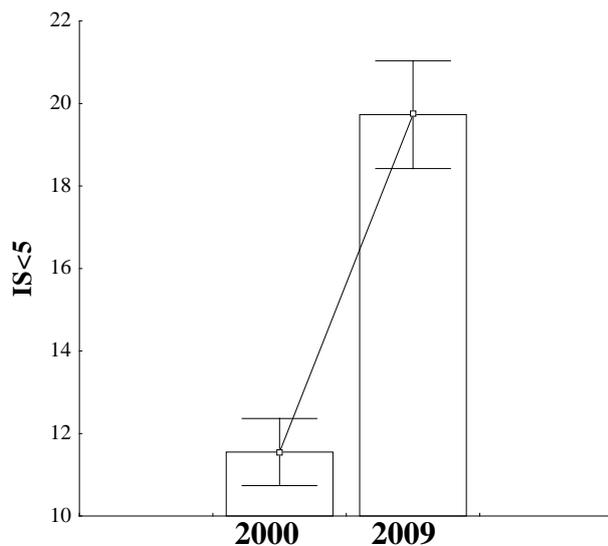


**Figure 15.** Moyennes des contributions des espèces annuelles en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

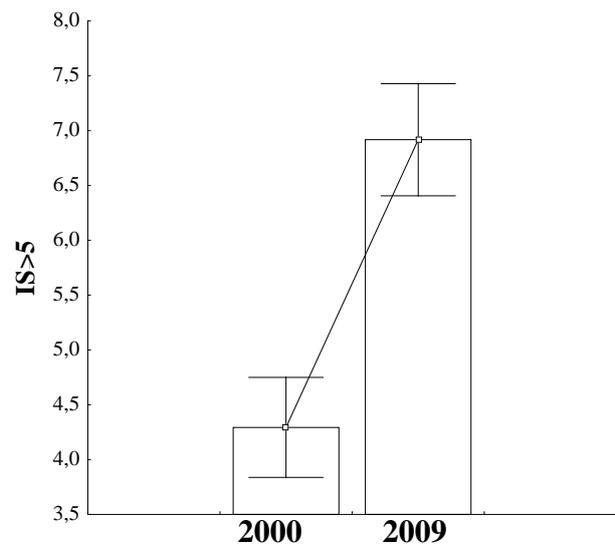
Sur quatre stations pastorales du sud de la wilaya de Djelfa, les résultats obtenus par Kadik *et al.* (2006) indiquent que les taux des recouvrements de la végétation et surtout la présence importante des espèces annuelles, est tributaire de l'éloignement des régions cultivées et fait ressortir le facteur anthropique alors que les taux des pérennes sont dus essentiellement au facteur géomorphologique ; les nombres les plus élevés de cette catégorie se localisant sur les zones élevées donc relativement inaccessibles aux troupeaux.

### c- Les indices de qualité spécifiques

En 2000 nous avons obtenu en moyenne 11,55 espèces à indices spécifiques inférieurs à 5 et 4,29 pour celles dont les indices sont supérieurs à 5. Les moyennes passent respectivement à 19,73 et 6,92 en 2009 (Figures 16 et 17). Les espèces ayant les indices en deçà de 5 les plus importants (19,6 et 34,4) sont reliées aux stations S15A1 et S3A2 à dominance de *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Peganum harmala* et *Stipa tenacissima* et *Atractylis serratuloides*. Dans cette même catégorie, les valeurs minimales sont 6,6 (S13A1 ; *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*) et 8,2 (S6A2, *Thymelaea microphylla* et *Astragalus armatus*) (Annexe 1.15). Les espèces les plus palatables ( $IS \geq 5$ ) avec des moyennes supérieures (8,6 et 11,8) appartiennent à la station S9A1 et S9A2 (*Artemisia herba alba* et *Peganum harmala* ; *Peganum harmala* et *Atractylis serratuloides*). Les espèces ayant les indices supérieurs à 5 les plus bas (1,4 et 3) appartenant à cette catégorie ont été rencontrées dans les stations S13A1 (*Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*) et S8A2 (*Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*) (Annexe 1.16).



**Figure 16.** Nombre moyens des espèces à IS inférieurs à 5 en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées..



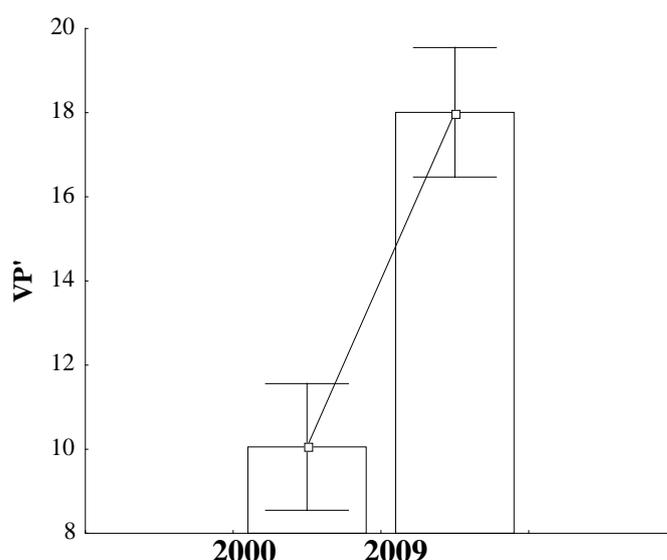
**Figure 17.** Nombre moyens des espèces à Indices Spécifiques supérieurs à 5 en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

#### d- La valeur pastorale

La moyenne globale de la valeur pastorale ( $Vp'$ ) a atteint 10,05 en 2000 et a doublé en 2009 avec 18,01 (Figure 18). L'analyse de ce paramètre durant les deux dates et au sein des unités étudiées donne les résultats suivants : les moyennes supérieures (32,9 et 33,29) ont été notées dans la même station à armoise blanche (S11A1, S11A2) de latitude Nord. Les valeurs les plus basses 4,12 et 6,53 ont été observées dans les stations S7A1 et S6A2 à dominance de *Stipa tenacissima* et *Hammada scoparia* et *Thymelaea microphylla* et *Astragalus armatus* se trouvant dans le versant Sud de l'Atlas saharien (Annexe 1.17).

Chebouti *et al.* (2006) ont trouvé respectivement 16,32 ; 13,4 ; 12,93 et 6,38 pour des steppes à *Stipa tenacissima* et *Arthrophytum scoparium*, *Stipa tenacissima* pur, *Stipa tenacissima* et *Arthrophytum scoparium* et *Arthrophytum scoparium* et *Stipa tenacissima* de la région de Messaad.

Les faibles performances de ces unités sont dues essentiellement au faible recouvrement de la végétation des latitudes sud mais également aux caractéristiques propres du remt qui présente une faible valeur énergétique équivalant à 0,24UF/kg (URBT, 1987).



**Figure 18.** Valeurs pastorales moyennes en 2000 et 2009 des unités de végétation des steppes centrales algériennes étudiées.

Dans l'étude précédente (URBT, 1987), les valeurs pastorales les plus élevées concernant des steppes à armoise blanche sont similaires aux nôtres quoique un peu plus basses et ne dépassent pas les 25%. Dans notre cas, les valeurs trouvées sont dues au fait conjugué de l'indice spécifique relativement élevé de l'armoise blanche et la participation importante des éphémères en raison de la pluviométrie élevée. Pour les formations à alfa, les valeurs étaient comprises entre 12,4 et 20,3%. Ceci confère à ces formations, même avec des recouvrements

parfois très élevés, une mauvaise qualité. L'alfa elle-même ne présente d'intérêt nutritif qu'en années pluvieuses et seules les jeunes feuilles riches en azote protéique peuvent avoir un fort apport énergétique (0,60 UF/KgMS). Ce fait a déjà été étudié par Kadi-Hanifi (1998) et Kadi-Hanifi *et al.* (2005) et les steppes à alfa pur ont des valeurs pastorales les plus basses ; dans les autres types de steppes à dominance d'alfa, ce même paramètre oscille entre 34 et 45. La valeur pastorale ne dépasse pas les 18 dans les parcours du Sud tunisien (Gamoun *et al.*, 2010). Suivant le mode de gestion des parcours, Amghar *et al.* (2012) ont rapporté une valeur pastorale des steppes présahariennes (région de Laghouat) oscillant, entre 21,97 (mise en défens) et 40,43 (plantation d'*Atriplex canescens*) ; et entre 5,97 et 6,89 dans les parcours adjacents à pâturage libre.

La production primaire est une méthode directe proche de la valeur pastorale utilisée dans l'évaluation des parcours présahariens de la Tunisie par Floret et Pontanier (1982). Ces auteurs ont conclu que les pluies mal réparties n'influençaient pas les niveaux de la production primaire qui culminaient à 1000-1500 et 1062-1550 KgMS/ha pour 190-200 et 300 mm/an respectivement ; par contre l'année sèche n'apporte que 222 KgMS/ha.

### 1.5.3. Analyse factorielle des correspondances

Des trois premiers axes, on extrait 8,356, 5,957 et 5,381 avec une agrégation de 19,694% de l'inertie totale. Les valeurs propres des cinq axes équivalent à 0,425 0,303 0,274 0,249 et 0,249. Les trois premiers axes apportent 28,33% ; 20,2% ; 18,27% et un cumul de 66,80% de l'information totale. L'interprétation des résultats des contributions des espèces a fait ressortir les ensembles suivants :

2. Les relevés des stations à dominance de *Stipa tenacissima* et à *Lygeum spartum* de l'année 2000.
3. Les relevés des stations à dominance d'*Artemisia herba alba* et à ces faciès de dégradation de l'année 2009.
4. Les relevés des stations à dominance de *Stipa tenacissima*, *Hammada scoparia*, *Atractylis serratuloides*, et *Lygeum spartum* de l'année 2009 ayant pris le relais à ceux des stations à *Stipa tenacissima* de l'année 2000.
5. Les relevés des stations à dominance d'*Artemisia herba alba* de l'année 2000.

### 1.5.3.1. Carte des relevés

#### Plan 1-2

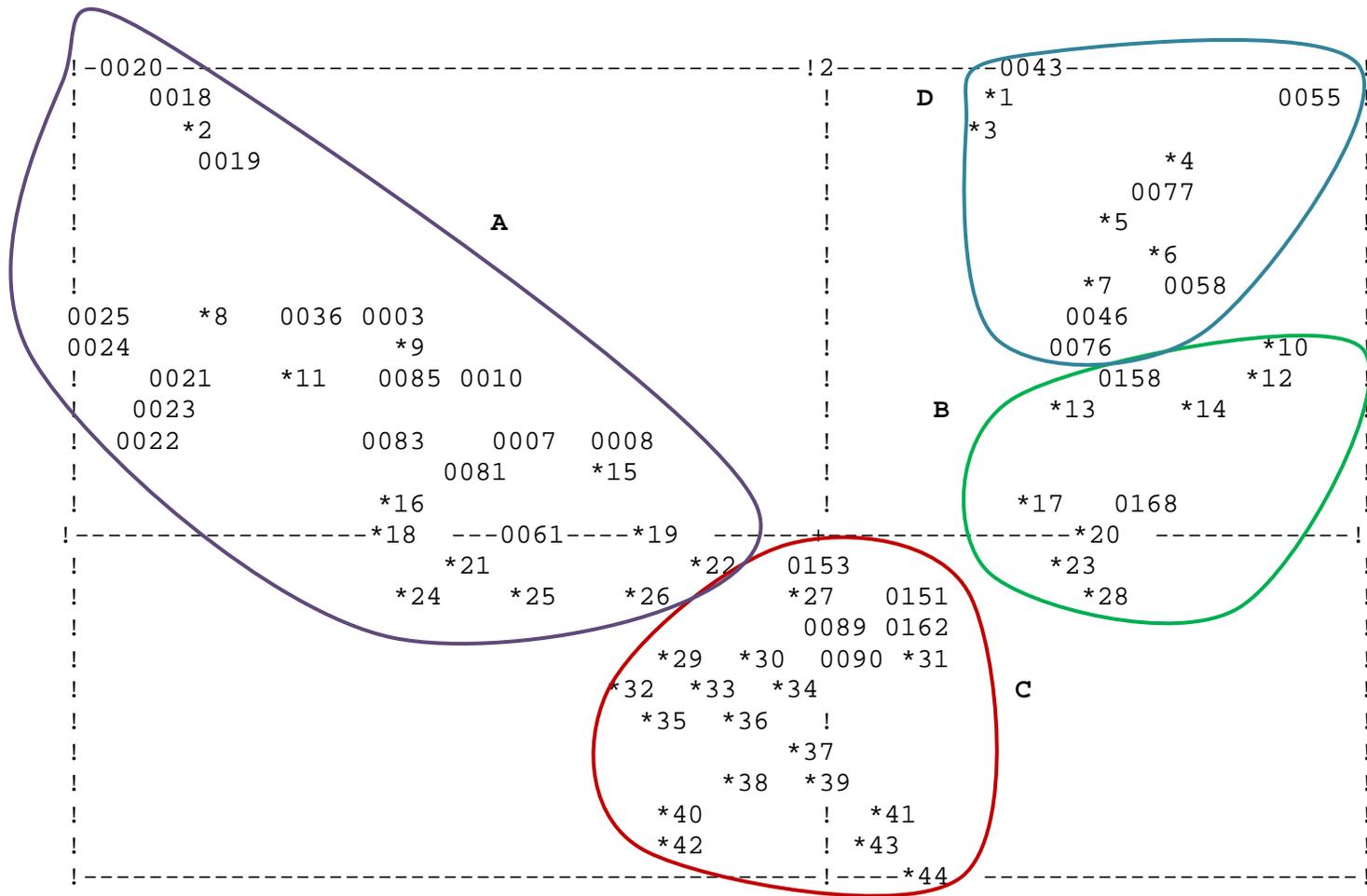
Interprétation de l'axe 1

Le coté négatif de l'axe fait apparaître les stations S4A1, S5A1, S8A1, S17A1, S13A1, S1A1, S2A1, S3A1, S15A1 et S6A1 relatives aux ensembles : *Stipa tenacissima* et *Salsola vermiculata*, *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum*, *Stipa tenacissima*, *Hammada scoparia* et *Thymelaea microphylla*, *Stipa tenacissima*, *Salsola vermiculata* et *Stipa parviflora* ainsi que *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla B*, *Stipa tenacissima* et *Thymelaea microphylla*, *Stipa tenacissima* et *Artemisia campestris*, *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Peganum harmala* et *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*. Les relevés de ces stations sont liés à l'année sèche (2000) et pour la majorité sont localisées à une latitude Sud.

Le pôle positif de l'axe 1 a fait apparaître les relevés des stations à dominance à *Artemisia herba alba* et ces faciès de dégradation (*Peganum harmala*) appartenant aux stations : S9A2, S10A2, S11A2, S12A2, S15A2, S17A2, liés à l'année pluvieuse 2009 avec un gradient latitudinal Nord, globalement (Figure 19). Cet axe sépare les ensembles en fonction de leur type mettant en relief un gradient d'aridité accrue vers le sud.

Interprétation de l'axe 2

Sur son coté négatif, on voit apparaître de l'axe 2 deux types de relevés des stations S1A2, S3A2, S2A2, S13A2, S4A2, S7A2, S5A2, S5A2, S6A2, S14A2, S16A2 et S8A2 à dominance de par les stations : *Thymelaea microphylla* et *Stipa parviflora*; *Stipa tenacissima* et *Atractylis serratuloides*; *Stipa tenacissima* et *Noaea mucronata*, *Atractylis serratuloides* et *Thymelaea microphylla B*; *Stipa tenacissima* et *Herniaria fonatesii*; *Hammada scoparia* et *Astragalus armatus*; *Hammada scoparia* et *Atractylis serratuloides*; *Thymelaea microphylla* et *Astragalus armatus*; *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla*; *Stipa tenacissima* et *Artemisia campestris*; *Lygeum spartum* et *Noaea mucronata B* et *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla* de l'année 2009. S'ajoutent à cela les relevés de la station S7A1 (*Stipa tenacissima* et *Hammada scoparia*) (Relevés relatifs à l'année sèche) et majoritairement de latitude sud (Figure 19).



**Figure 19.** Projection des relevés dans le plan factoriel 1-2 de l'AFC portant analyse floristique en 2000 et 2009.

**Détails des relevés/stations Plan 1-2**

\*1: 0041 -0045- ; \*2: 0017 -0016- ; \*3: 0042 -0044- ; \*4: 0078 - ; \*51- ; \*5: 0048 -0049-0057-0079- ; \*6: 0052 -0053-0054- ; \*7: 0080 -0056-0050-0047-0060-0059- ; \*8: 0038 -0039- ; \*9: 0004 -0001-0005-0002- ; \*10: 0139 -0137- ; \*11: 0040 -0082-0084-0037- ; \*12: 0140 -0136-0138- ; \*13: 0160 -0156-0157-0159- ; \*14: 0142 -0141-0144-0143-0145- ; \*15: 0006 -0009-0013- ; \*16: 0063 -0065- ; \*17: 0167 -0169-0170-0132-0166-0131- ; \*18: 0062--0064- ; \*19: 0014--0011-0012- ; \*20: 0133--0134-0135- ; \*21: 0028 -0029-0067-0030- ; \*22: 0075 -0073-0072-0074-0071- ; \*23: 0128 -0127-0130- ; \*24: 0070 -0069-0068 ; \*25: 0027 -0066- ; \*26: 0026 -0015- ; \*27: 0152 -0088-0155-0154 ; \*28: 0129 -0126- ; \*29: 0111 -0033-0034-0035- ; \*30: 0032 -0031-0086- ; \*31: 0161 -0163-0165-0164- ; \*32: 0112 -0123- ; \*33: 0114 -0124- ; \*34: 0121 -0087- ; \*35: 0113 -0115- ; \*36: 0122 -0125 ; \*37: 0104 -0103-0105-0148-0146- ; \*38: 0119 -0118-0117-0116-0102 ; \*39: 0101 -0147-0149-0094-0150-0093- ; \*40: 0110 -0108-0106-0120 ; \*41: 0092 -0091- ; \*42: 0107 -0109- ; \*43: 0095 -0099- ; \*44: 0100--0097-0096-0098.

Le coté positif de cet axe est porté par les relevé des stations à dominance d'*Artemisia herba alba* des stations S9A1, S10A1, S11A1, S12A1 et S16A1 (*Artemisia herba alba* et *Peganum harmala* ; *Artemisia herba alba* et *Artemisia campestris* ; *Artemisia herba alba* et *Noaea mucronata* ; *Artemisia herba alba* ; *Artemisia herba alba* et *Noaea mucronata B*) de l'année 2000 (Figure 19).

### Plan 1-3

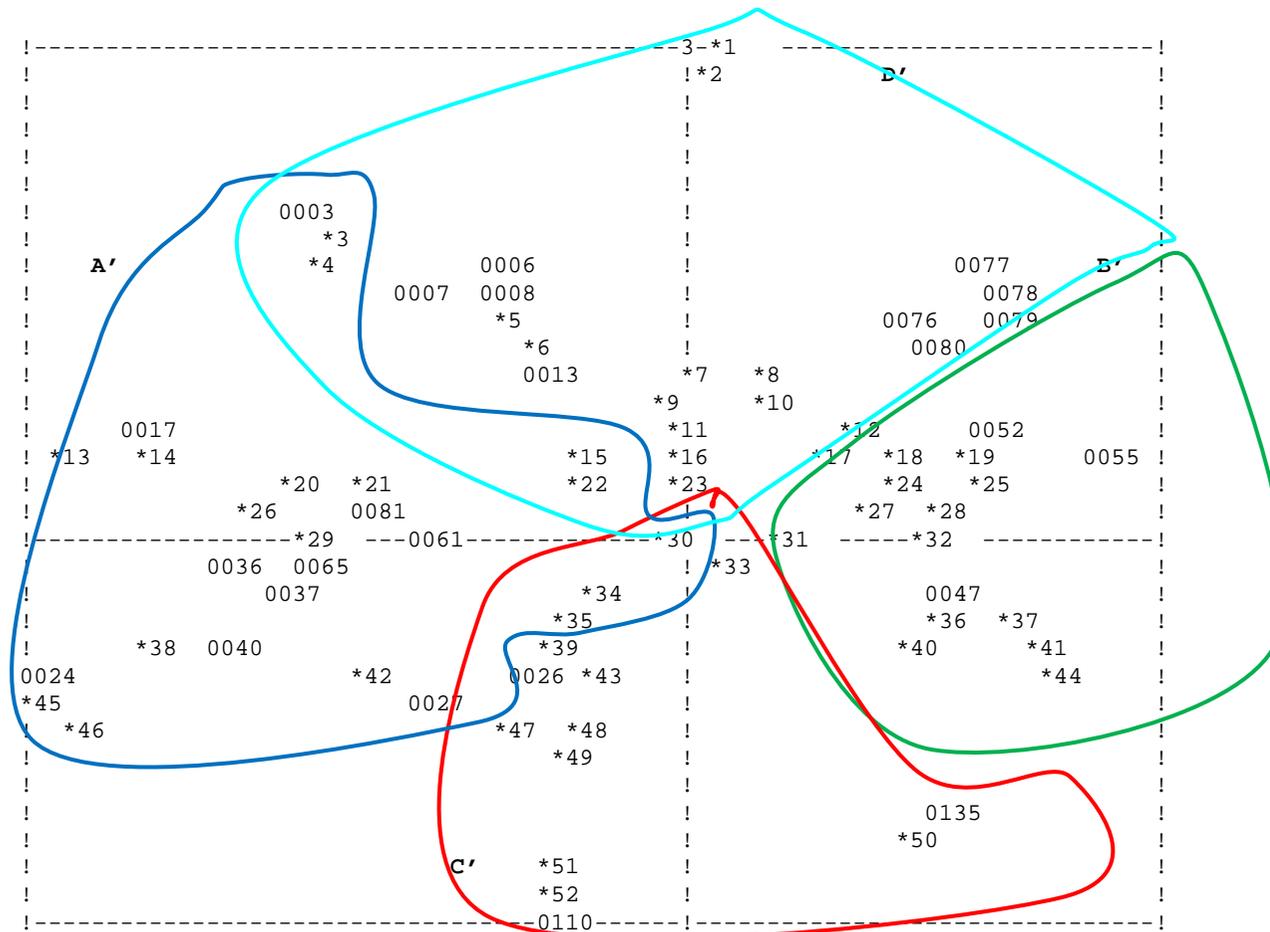
Interprétation de l'axe 1

Le négatif de l'axe1 porte les stations suivantes : S1A1, S4A1, S5A1S6A1, S8A1, S13A1, S14A1 , S15A1 et, S17A1 et représentent les formations *Stipa tenacissima* et *Thymelaea microphylla* ; *Stipa tenacissima* et *Salsola vermiculata* ; *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum* ; *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphylla* ; *Stipa tenacissima*, *Hammada scoparia* et *Thymelaea microphylla* ; *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Thymelaea microphyllaB* ; *Stipa tenacissima* et *Thymelaea microphylla* ; *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Peganum harmala* ; *Stipa tenacissima*, *Salsola vermiculata* et *Stipa parviflora*(Figure 20).

Les stations S9A1, S10A1, S11A1, S12A1, S16A1, S9A2, S11A2, S12A2, S15A2, S16A2 et S17A2 apparaissent sur le coté positif et représentent, globalement, les formations à dominance à *Artemisia herba alba* durant les deux dates alors que les premières sont exclusives à *Stipa tenacissima* et *Lygeum spartum* de la première date (2000) et sont, pour certaines, localisées au sud de la zone d'étude. L'axe 1 démarque les stations suivantes de leur type de dominance.

Interprétation de l'axe 3

Le coté négatif de l'axe 3 est porté par les stations investiguées en 2009: S5A2, S6A2, S7A2, 8A2, S14A2 ainsi que S10A2 (à *Artemisia campestris*) et une station S7A1 (*Stipa tenacissima* et *Hammada scoparia*, 2000). Signalons que cette dernière et les 4 premières stations citées sont de latitude Sud. Sur le pole positif, nous observons 4 stations de l'année pluvieuse (S2A2, S3A2, S4A2, S13A2) et deux (S2A1, S3A1) de l'année 2000 situées au Nord de la zone d'étude (Figure 20). Notons que la plupart sont de latitude Nord. Nous pouvons conclure que l'axe 3 sépare les stations et marque l'effet temporel et latitudinal, les stations du Nord de la première période étant en meilleur état.



**Figure 20.** Projection des relevés dans le plan factoriel 1-3 de l'AFC portant analyse floristique en 2000 et 2009.

**Détails des relevés/stations Plan 1-3**

\*1: 0095--0092-0091 ; \*2: 0094 -0093 ; \*3: 0001 -0002-0005 ; \*4: 0004 -0010 ; \*5: 0009 -0015- ; \*6: 0014 -0011-0012 ; \*7: 0149 -0150-0146 ; \*8: 0096 -0099 ; \*9: 0104 -0102-0101-0147-0148 ; \*10: 0100 -0097-0098 ; \*11: 0087 -0103-0105 ; \*12: 0043 -0160 ; \*13: 0020 -0018 ; \*14: 0019 -0016 ; \*15: 0075 -0074-0071 ; \*16: 0086 -0090 ; \*17: 0042 -0041-0045-0044 ; \*18: 0156 -0157-0159-0158 ; \*19: 0060 -0053-0054-0051 ; \*20: 0083 -0070-0068 ; \*21: 0067 -0066 ; \*22: 0072 -0073 ; \*23: 0089 -0088 ; \*24: 0170 -0056 ; \*25: 0059 -0058 ; \*26: 0082 -0084-0085-0062 ; \*27: 0167 -0169-0128-0127-0166 ; \*28: 0130 -0168-0057 ; \*29: 0063--0064-0069 ; \*30: 0153-0152 ; \*31: 0165—0164 ; \*32: 0129—0126 ; \*33: 0155 -0154-0151-0162 0163-0161 ; \*34: 0035 -0116-0031 ; \*35: 0033 -0032 ; \*36: 0050 -0049 ; \*37: 0142 -0140 ; \*38: 0038 -0039 ; \*39: 0111 -0034 ; \*40: 0046 -0048 ; \*41: 0141 -0144-0143-0139-0136-0137 ; \*42: 0028 -0029-0030 ; \*43: 0120 -0119-0118-0117-0121 \*44: 0145 -0138 ; \*45: 0025 -0023 ; \*46: 0022 -0021 ; \*47: 0112 -0113-0123 ; \*48: 0114 -0124-0125 ; \*49: 0115 -0122 ; \*50: 0132 -0131-0134-0133 ; \*51: 0108 -0106 ; \*52: 0107 -0109.

### 1.5.3.2. Carte des espèces

Contribution des espèces à l'explication de l'axe 1 :

Le tableau 5 englobe les espèces ayant de fortes contributions s'opposent comme sur le premier axe factoriel.

**Tableau 5.** Analyse factorielle des correspondances. Liste des espèces à forte contribution de l'axe 1 sur le plan 1-2.

Coté négatif de l'axe 1 Espèce	(CA)	(CR)	Coté positif de l'axe 1 Espèce (CA)	(CA)	(CR)
<i>Salsola vermiculata</i>	147	402	<i>Trigonella monspeliaca</i> (1)	16	220
<i>Stipa tenacissima</i>	128	545	<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	14	240
<i>Lygeum spartum</i>	45	178	<i>Silene setacea</i>	14	216
<i>Thymelaea microphylla</i>	44	206	<i>Astragalus cruciatus</i>	13	241
<i>Fagonia glutinosa</i>	27	261	<i>Astragalus sesameus</i>	13	159
<i>Schismus barbatus</i>	14	124	<i>Plantago ovata</i>	12	183
<i>Cutandia dichotoma</i> (12)	12	109	<i>Evax argentea</i>	11	215
<i>Anabasis oropediorum</i> (11)	11	153	<i>Alyssum scutigerum</i>	10	14

La plupart des espèces apparaissant sur le coté positif sont annuelles et font partie des stations à armoise blanche de l'année 2009 (pluvieuse) et pour la majorité, telles *Trigonella monspeliaca*, *Hippocrepis multisiliquosa*, *Astragalus cruciatus*, *Astragalus sesameus*, *Plantago ovata*, possèdent un indice spécifique de palatabilité élevé. Les espèces du coté négatif sont majoritairement des pérennes appartenant aux stations situées au sud de la zone d'étude et ayant la capacité de supporter plus efficacement les faibles précipitations en année sèche (Tableau 10). *Fagonia glutinosa*, *Anabasis oropediorum*, *Salsola vermiculata* et des psammophiles telles *Cutandia dichotoma* et *Schismus barbatus* sont des gypsophiles plus ou moins halophiles ou d'origine saharienne. Les pérennes, exceptées *Salsola vermiculata* et *Anabasis oropediorum* se trouvant du coté négatif sont peu appréciées. Cet axe permet de distinguer les annuelles des pérennes mais également les principales espèces de parcours.

Parmi ces espèces, *Fagonia glutinosa* (saharo-arabique) se retrouvait dans l'aride frais (Djebaili, 1978) sous des précipitations inférieures à 150 mm caractérisant les pâturages steppiques arides et sablonneux (Jauffret, 2001). Avec *Evax argentea*, c'est un élément des steppes à *Stipagrostis pungens* et *Thymelaea microphylla*. Ces groupements se développent sur les glacis et dans les dépressions recouvertes de sable du présaharien (Boughani, 2014). Avec *Salsola vermiculata*, elle appartient au groupe des espèces dominantes des formations de dégradation (Boughani, 2014).

Contribution des espèces à l'axe 2 :

**Tableau 6.** Analyse factorielle des correspondances. Liste des espèces à forte contribution de l'axe 2 sur le plan 1-2.

Coté négatif de l'axe 2 Espèce (CA)	CA	CR	Coté positif de l'axe 2 Espèce (CA)	CA	CR
<i>Medicago laciniata</i>	20	272	<i>Artemisia herba alba</i>	125	300
<i>Picris coronopifolia</i>	16	165	<i>Poa bulbosa</i>	54	279
<i>Astragalus peregrinus</i>	16	125	<i>Scorzonera undulata</i>	30	231
<i>Atractylis humilis</i>	14	136	<i>Launaea acanthoclada</i>	21	115
<i>Herniaria fontanesii</i>	13	184	<i>Peganum harmala</i>	17	127
<i>Stipa barbata</i>	13	130	<i>Paronychia arabica</i>	17	139
<i>Asteriscus pygmaeus</i>	13	127	<i>Onobrychis argentea</i>	15	150
<i>Alyssum linifolium</i>	11	151	<i>Argyrolobium uniflorum</i>	14	122
<i>Spergularia diandra</i>	11	102			
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	11	151			
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	11	134			
<i>Onopordon arenarium</i>	10	122			

Le pôle négatif de l'axe 2 indique une prédominance des annuelles donc une tendance à la thérophytisation synonyme d'un processus de dégradation prononcé à travers le temps (Tableau 6). Ces espèces apparaissent après la pluie et constituent l'acheb (Kaabeche, 1990). Le coté positif est marqué par la prédominance des pérennes de l'aride supérieur (Pouget, 1980) liées à l'armoise blanche et six sur les espèces citées ont un indice spécifique égal ou supérieur à 4. Les parcours à armoise blanche sont considérée parmi les meilleurs parcours (Nedjraoui, 2003) même après avoir subi un processus de dégradation et le remplacement de l'armoise par des espèces de faible valeur ou épineuses. Le nombre des annuelles de bonne qualité semble compensatoire en année pluvieuse. Six sur les espèces citées ont un indice spécifique égal ou supérieur à 4.

D'autre part, et bien que recelant encore d'espèces pérennes palatables (*Poa bulbosa*, *Plantago albicans*), la présence d'espèces d'affinité saharienne, psamophyte, cultigènes ou liées au surpâturage prolongé (Le Houérou, 1995 ; Quézel et Santa, 1963) telles *Asteriscus pygmaeus*, *Medicago laciniata*, *Paronychia arabica*, *Launaea acanthoclada*, *Asphodelus tenuifolius*, *Picris coronopifolia*, *Astragalus peregrinus* *Herniaria fontanesii*, *Onopordon arenarium*, met en évidence les profonds changements régressifs survenus.

*Onobrychis argentea* est une espèce qui, avec *Thymelaea tartonraira* et *Hippocrepis scabra*, constitue les espèces dominantes des variantes à hiver frais des milieux forestiers sur croute calcaire. Elle est également co-dominante d'*Atractylis humilis* dans les groupements sur les

argiles sableuses rouges du Tertiaire continental des steppes de l'aride supérieur (Pouget, 1980).

*Poa bulbosa* est rattachée aux faciès de dégradation (*Artemisia campestris*, *Artemisia herba alba* et *Lygeum spartum*) et des groupements à alfa (Kaabeche, 1990). Elle est liée à la zone aride supérieure où les pluviométries vont de 300 et 400 mm par an (Le Houérou, 1995). Pouget (1980) l'a signalée sur des sols à texture moyenne en surface mais de profondeur variables de l'aride supérieur et moyen.

*Launaea acanthoclada* est une chaméphyte chasmophile limonophile d'origine Méditerranéenne qui fait partie des espèces dominantes des steppes à alfa (Le Houérou *et al.*, 1975) et croit sur les rochers (Celles, 1975) ou sur calcaire et grès dur (Pouget, 1980). *Medicago laciniata* est une thérophyte méditerranéenne saharo-arabique qui croit à des pluviométries allant de 100 à 250 mm (Celles, 1975) ; entre 200 à 300 mm de l'aride frais (Djebaili, 1978). Elle fait partie du groupe des psammophiles de l'aride (Le Houérou *et al.*, 1975) ; des cultures sur marnes de l'aride supérieur et indique la dégradation des groupements sur grès (Pouget, 1980).

*Herniaria fontanesii* et *Asteriscus pygmaeus* sont incluses dans le groupe essentiellement liés aux stations situées sur les glacis d'érosion à croûtes et encroûtement gypseux alors que *Paronychia arabica* est liée aux milieux de plaine à accumulation sableuse en nappe ou de relief dunaire plus ou moins fixés (Jauffret, 2001). *Spergularia diandra* (Saharo-arabique-Irano-touranienne) est une espèce halophile (Le Houérou *et al.*, 1975) des steppes arides sur limons (Celles, 1975) rencontrée dans des étages aride et saharien (Djebaili, 1978). *Asphodelus tenuifolius* qui est une des espèces invasives, sans intérêt pastoral (Le Houérou, 1995) est incluse des cortèges des formations à *Hammada schmittiana* et *Aristida pungens*. *Onopordum arenarium* est indicatrice des cultures (Pouget, 1980).

Le couvert végétal dans les parcours très dégradés est constitué uniquement d'annuelles qui prennent le relais, en année pluvieuse, aux pérennes disparues et donnent, par leur nombre et indices de palatabilité une bonne valeur pastorale et indiquent une réserve en semences non négligeable dans les sols de ces parcours recherchées par le bétail (Le Houérou, 1995).

Les espèces du tableau 7 ont les contributions fortes séparent les deux pôles de l'axe 3 comme suit :

**Tableau 7.** Analyse factorielle des correspondances. Liste des espèces à forte contribution de l'axe 3 sur le plan 1-3.

Coté négatif de l'axe 3 Espèce (CA)	CA	CR	Coté positif de l'axe 3 Espèce (CA)	CA	CR
<i>Astragalus armatus</i>	74	236	<i>Thymelaea hirsuta</i>	40	326
<i>Arthrophytum scoparium</i>	51	150	<i>Launaea resedifolia</i>	37	254
<i>Chrysanthemum fuscatum</i>	28	302	<i>Centaurea calcitrapa</i>	34	247
<i>Reseda alba</i>	24	204	<i>Stipa lagascae</i>	30	204
<i>Daucus sahariensis</i>	23	185	<i>Matricaria pubescens</i>	25	201
<i>Trigonella polycerata</i>	22	232	<i>Eruca vesicaria</i>	22	89
<i>Cynodon dactylon</i>	19	141	<i>Paronychia argentea</i>	22	160
<i>Centaurea riaeana</i>	18	166	<i>Erodium glaucophyllum</i>	17	190
<i>Centaurea infestans</i>	17	99	<i>Achillea leptophylla</i>	16	146
<i>Bassia muricata</i>	16	144	<i>Carduus getulus</i>	16	149
<i>Astragalus hamosus</i>	16	141	<i>Atractylis serratuloides</i>	15	156
<i>Orobancha levis</i>	14	157	<i>Atractylis carduus</i>	14	138
<i>Marrubium deserti</i>	14	90	<i>Noaea mucronata</i>	13	154
<i>Daucus biseriatus</i>	10	140	<i>Chrysanthemum trifurcatum</i>	11	99
<i>Aristida pungens</i>	10	64	<i>Euphorbia falcata</i>	10	80

L'axe 3 a fait ressortir deux lots d'espèces :

Le coté négatif permet de distinguer les pérennes des stations de latitudes Sud ou d'accumulations sableuses (Tableau 12). Les herbacées de ce groupe, dont un certain nombre est d'origine saharienne, ont toutes des indices spécifiques inférieurs à trois ce qui confère à ces parcours une faible valeur pastorale.

Le coté positif est constitué d'un ensemble à majorité de thérophytes, qui, mise à part, *S. lagascae*, sont sans grande valeur pastorale (Tableau 12). Ces résultats sont étayés par ceux de Jauffret (2001) sur les cortèges à *Astragalus armatus* qui incluent des espèces telles que *Thymelaea hirsuta* peu appréciées et favorisées par la présence marquée de sable, le surpâturage et reflétant ainsi un stade très avancé de la dégradation. En Tunisie, cette espèce peut coloniser des steppes sablo-limoneuses à *Rhanterium* et former de vrais faciès (Jauffret, 2001). *Chrysanthemum fuscatum* compte parmi les espèces des steppes sur marnes (Pouget, 1980). *Daucus sahariensis* d'origine saharienne, fait partie des phytocénoses à *Stipa tenacissima* dépendant surtout de la présence d'affleurements rocheux (Le Houérou, 1995). *Noaea mucronata* est une pérenne indiquant la dégradation des steppes à armoise blanche de l'aride moyen (Pouget, 1980).

L'élément saharo-arabique occidental, représenté entre autre par *D. sahariensis*, *Atractylis carduus* était présent à des taux de 23% dans l'étude de Boughani (2014). Il en ressort également que *Stipa lagascae*, *Bassia muricata*, *Marrubium deserti*, *Trigonella polycerata*, *Erodium glaucophyllum*, *Launaea resedifolia*, *Thymelaea hirsuta* se développent dans les étages aride et saharien au niveau des formations de dégradation à *Stipagrostis pungens* et

*Thymelaea microphylla* ; *Stipa tenacissima*, *Astragalus armatus* et *Hammada scoparia* ; *Hammada scoparia* et *Stipa tenacissima*. *Launaea resedifolia* est une Méditerranéenne saharo-arabique de valeur pastorale reconnue (Le Houérou, 1995) ; elle pousse sur les sables grossiers (Djebaili, 1978) ou des sables en surface et apparaît en post-culture sur sols à texture grossière en surface mais de profondeur variable (Le Houérou *et al.*, 1975 ; Pouget, 1979). C'est également une gypsovague des steppes édaphique sur sols gypseux (Pouget, 1980).

*Centaurea calcitrapa* (espèce épineuse), *Reseda alba*, *Centaurea riaeana* sont des éléments des unités regroupant les communautés thérophytiques pionnières des cultures, les jachères et les friches (Kaabèche, 1990). *Matricaria pubescens* se rencontre à des précipitations inférieures à 290 mm (Celles, 1975) ; d'affinité saharienne, elle croit sous 20 à 200 mm (Le Houérou *et al.*, 1975) alors qu'*Eruca vesicaria* se retrouve sur des sols limoneux (Celles, 1975) dans l'aride moyen (Le Houérou *et al.*, 1975) et fait partie des cortèges liés aux steppes dégradées et cultures (Pouget, 1980) croissant sous 100 à 400 mm de pluie par an (Le Houérou, 1995).

Il est à noter que les pérennes étant en régression, les éphémères tendent, au plan fonctionnel, à dominer et à rythmer la production primaire selon les aléas climatiques inter-saisonniers ou interannuels (Aidoud *et al.*, 2006). A Menzel Habib dans la région de Gabès (Sud-est tunisien), les résultats de Jauffret (2001) mettent en exergue que plusieurs espèces sont présentes dans plus de 80% des relevés conduisant à la banalisation de la flore et la disparition d'espèces plus spécialisées évoquant la disparition d'habitats et de niches écologiques spécialisées et la perte possible de certaines fonctions dans l'écosystème (Jauffret, 2001).

## 1.6. Synthèse

La première partie de cette étude est quantitative et a permis de conclure que :

2. Les traitements statistiques appliqués aux données ont fait ressortir des différences significatives entre les deux dates pour tous les paramètres étudiés.
3. Il existe un changement de la composition floristique, et en particulier l'apparition de nouvelles formations de végétation en 2009 et la modification dans la dominance de certaines espèces des anciens diagnostiquées en 2000. Le premier facteur mis en relief est l'action de l'homme. La mécanisation et les défrichements de surfaces de plus en plus grandes pour la mise en place des céréales sont, à l'opposé des facteurs naturels, les plus rapides à produire ces effets négatifs tels que l'éradication des pérennes sur des étendues de plus en plus importantes conduisant à leur désertification ; la diminution de la qualité des parcours et l'appauvrissement de la flore.

4. Les paramètres richesse floristique, le nombre moyen des thérophytes, l'indice de diversité alpha H' et son Equitabilité, le taux du type biogéographique méditerranéen, le recouvrement global de la végétation, la contribution des espèces annuelles, la valeur pastorale et les indices spécifique de qualité ont tous connu une augmentation parfois appréciable en 2009. L'augmentation marquée de la proportion des annuelles dans le recouvrement de la végétation en 2009 met l'accent sur le stock du sol en semences. L'analyse de ce paramètre fait ressortir que, globalement, les stations localisées au sud de la zone d'étude ont les plus faibles valeurs par rapport aux stations à armoise blanche situé au Nord. Ceci est d'autant plus visible en 2009 et marque un gradient Nord-Sud d'aridité croissante. L'indice de perturbation est un autre paramètre, qui malgré les précipitations importantes de 2009, a connu une élévation. Ceci est du vraisemblablement à la part très diminuée des pérennes, les chaméphytes en particulier.
5. La diminution de la proportion des pérennes et le nombre des chaméphytes et leur remplacement par de nombreuses annuelles lors d'un épisode pluvieux marque ainsi les actions de dégradation anthropozoïque à long terme. Le nombre des espèces d'origine saharienne semble avoir diminué en 2009 par rapport à l'année 2000. A l'origine, les proportions plus importantes en 2009 des autres types biologiques, autres que saharien, a eu un effet de masque. Alors qu'en 2000 ce type dont la composante est plus résistante à la sécheresse était dominant.

La seconde partie de cette étude a permis de relever les points suivants:

6. Le taux d'inertie totale de l'AFC met en relief la prépondérance du premier facteur dans l'apport de l'information globale. Les deux axes suivants ont des contributions analogues et correctives.
7. Le premier facteur sépare les formations végétales suivant la dominance selon un gradient latitudinal et démarque un gradient d'aridité croissante Nord-sud. Le coté négatif porte les relevés des stations majoritairement à *S. tenacissima* observées en 2000 alors que sur le coté positif apparaissent les stations à *A. herba alba* localisées majoritairement au Nord de la zone d'étude et issues de l'investigation de 2009. Ceci traduit un gradient sous-jacent celui de la valeur des parcours, ceux de la première date étant moins importants.
8. Le pôle négatif du second facteur est porté du coté positif par des relevés des stations à *A. herba alba* de la première date qui, mise à part leur latitude septentrionale, font

transparaître l'élément temporel ou ces formations étaient vraisemblablement en meilleur état.

9. Le facteur 3 corrige les deux premiers et marque l'effet temporel, les stations du Nord à dominance autre qu'*A. herba alba* de la première période étant en meilleur état.

## **CHAPITRE II**

**Caractérisation Morpho-phénologique De Quelques  
Ressources Spontanées à Intérêt Pastoral et/ ou  
Fourrager Originaires Des Steppes Centrales  
Algériennes.**

## 2.1. Introduction

La partie Sud de la Méditerranée, l'Afrique du Nord en particulier, continue de subir les effets de la démographie et de l'accroissement des productions animales ce qui a induit la destruction des milieux et des sols par l'érosion et la faible régénération du couvert végétal (Médail et Quézel, 1999)

Sur les 600 000 Km<sup>2</sup> des zones arides et steppiques d'Afrique du Nord, 34% sont situés en Algérie (Le Houérou, 1995) où 33 millions d'hectares sont utilisés comme pacages et parcours et constituent le domaine essentiel du pastoralisme. Toutefois, les niveaux de productions fourragères et pastorales sont en deçà des demandes en alimentation des cheptels de ruminants de plus en plus grands. Cette alimentation repose, dans les milieux cultivés, sur les espèces introduites souvent mal adaptées, les chaumes des céréales ou sur la flore spontanée des pacages et parcours.

A travers la diversité de ses milieux, l'Algérie comporte une richesse certaine en espèces spontanées à intérêt fourrager et/ou pastoral. Nombreuses sont celles appartenant aux Fabacées représentées par les genres botaniques *Medicago*, *Scorpiurus*, *Lotus*, *Trifolium*, *Hedysarum*, *Onobrychis* ou aux Poacées des genres *Bromus*, *Lolium*, *Phalaris*, et *Dactylis* pouvant faire l'objet d'exploitation pour l'alimentation des herbivores.

Les Fabacées représentent le plus important groupe taxonomique utilisé en agriculture dans le monde. Elles fournissent la plus grande source en protéines et huiles pour l'alimentation des hommes, leurs élevages et l'amélioration des sols par leur unique habilité à fixer l'azote atmosphérique en utilisant des bactéries spécifiques (Cook, 1999, Soltis *et al.*, 1995). Ces plantes se distinguent par leur capacité à se ressemer naturellement assurant ainsi leur pérennité (Porqueddu et Gonzales, 2006).

Dans le système Australien Ley-Farming, de nombreuses espèces de différentes origines ont été utilisées pour l'amélioration de la productivité fourragère aux fins de l'augmentation des productions ovines. Dix huit cultivars ont été sélectionnés à partir de six espèces de la région périméditerranéenne, dont *Medicago littoralis* (cv. Harbinger). *Medicago truncatula* est à la base de la sélection de 8 cultivars adaptés aux conditions semi arides du Sud de l'Australie (Crawford *et al.*, 1989).

Ainsi, malgré les efforts des chercheurs, ces ressources génétiques fourragères et pastorales naturelles sont globalement peu étudiées et restent encore sous-exploitées. Seules quelques espèces fourragères spontanées ou cultivars traditionnels, ont été évalués et ont fait l'objet de

collections en Tunisie (Chakroun et Zouaghi, 2000), seul pays de l'Afrique du Nord qui possède un inventaire floristique exhaustif.

Contrairement aux Fabacées, relativement bien évaluées du point de vue agronomique (Abdelguerfi, 2001), rares sont les Poacées spontanées qui ont fait l'objet d'étude. La diversité phénotypique et génétique des populations diploïdes et tétraploïdes de *Bromus* a été appréhendée aux niveaux morphologique, chromosomique et alloenzymatique, phylogénétique et moléculaire (Ainouche, 1993 ; Ainouche et Bayer, 1997 ; Ainouche *et al.*, 1995, 1996, 1999). Le même type d'approche a concerné le genre *Dactylis* (*D. glomerata*) (Amirouche, 2005 ; Amirouche et Misset, 2007, 2009) ainsi que le genre *Aegilops* (Bandou, 2005 ; Bandou *et al.*, 2009). D'autres Poacées pluriannuelles locales à intérêt pastoral et /ou fourrager à savoir, *Lolium multiflorum*, *Phalaris arundinacea* et *Festuca arundinacea* des régions Nord de l'Algérie ont été évaluées sur le plan phéno-morphologique (Boudelâa *et al.*, 2007, 2012). Les autres ressources de Poacées méconnues et qui mériteraient d'être intégrées dans des programmes d'amélioration englobent les espèces appartenant aux genres *Agropyron*, *Agrostis*, *Alopecurus*, *Ammochloa*, *Arrhenatherum*, *Aristida*, *Avena*, *Cynodon*, *Festuca*, *Gastridium*, *Cutandia*, *Glyceria*, *Lolium*, *Panicum*, *Phalaris*, *Phleum*, *Poa*, *Schismus* et *Stipa*.

## **2.2. Objectifs de l'étude**

Cette étude s'inscrit dans les activités relatives à l'évaluation et la caractérisation des espèces spontanées à intérêt pastoral et/ou fourrager et a pour principal objectif l'étude morpho-phénologique des populations des différentes espèces spontanées et l'influence de certains facteurs du milieu sur leur variabilité.

## **2.3. Données bibliographiques, classification des ressources pastorales étudiées**

En Algérie, la famille des *Fabacées* est représentée par 52 genres majoritairement des Papilionacées auxquelles appartiennent les espèces spontanées de *Trigonella* L. (Trifoliée), *Astragalus* L. et *Hippocrepis* L. (Viciées) (Quézel et Santa, 1962). Elles ont été classées parmi les ressources pastorales à forte appétibilité par les ruminants (Le Houérou et Ionesco, 1973).

Le Genre *Medicago* L. fait partie de la tribu des Trifolieae (*Fabaceae*) qui comprend également les genres *Trigonella*, *Melilotus*, *Trifolium*, *Ononis* et *Parochetus* (Small, 2011).

Hormis le dernier, tous les autres genres sont, en Algérie, représentés par 22 espèces classées en 6 sections (Quézel et Santa, 1962) principalement suivant la forme de la gousse (Heyn, 1963).

Dans la classification citée par Small (2011), *M. laciniata* et *M. minima* sont des annuelles qui font partie de la section *Medicago* et la sous-section *Spirocarpos* (Syn. *Leptospirae*, Heyn, 1963). *M. laciniata* (L.) All. (Syn. *Medicago laciniata* (L.) Miller ; Greuter *et al.*, 1989) possède des gousses ovoïdes ou sphéroïdales. C'est une Méditerranéenne-saharo-sindienne assez commune au niveau des hauts plateaux oranais, algérois et constantinois, l'Atlas Saharien, le Sahara septentrional et les montagnes du Sahara occidental (Quézel et Santa, 1962). Selon Ozenda (2004), c'est une saharo-sindienne commune dans tout le Sahara caractérisée par des folioles profondément dentées et des gousses nettement épineuses. Elle se rencontre sur des textures de sol variables en surface (très grossière à moyenne) avec, le plus souvent, un recouvrement éolien (voile sableux). Ses pivots racinaires peuvent s'enraciner jusqu'à un mètre de profondeur dans la croûte calcaire (Pouget, 1980).

*Medicago minima* Grubf. (Syn. *Medicago minima* (L.) L. ; Greuter *et al.*, 1989) est une euro-méditerranéenne assez commune dans le Tell, l'Atlas saharien, les hauts plateaux oranais et algérois (Quézel et Santa, 1962), dans les steppes à *Stipa tenacissima* et dans les cultures sur marnes de l'aride supérieur, et serait parmi les espèces indiquant une dégradation des groupements sur grés (Pouget, 1980).

*Medicago littoralis* Rohde (Syn. *Medicago littoralis* Loisel ; Greuter *et al.*, 1989) fait partie de la sous-section *Pachyspirae* (Urb.), Heyn (1963) (*Spirocarpos*) de la section *Medicago* (Small, 2011) avec des fruits durs à maturité. Cette méditerranéenne est rare dans le Tell mais assez commune dans les hauts plateaux oranais, algérois et constantinois, l'Atlas Saharien et le Sahara septentrional (Quézel et Santa, 1962) atteignant à peine la lisière Nord du Sahara (Ozenda, 2004).

*Medicago secundiflora* Dur. appartient, avec *M. lupulina*, à la sous-section *Lupularia* (Ser. In DC) Small (Small, 2011). Elle se différencie des autres espèces de ce genre par la forme de sa gousse non spiralée ayant des nervures divergentes recourbées vers la suture dorsale et ne contenant qu'une seule graine, ainsi que par son type d'inflorescence (en grappe). Il s'agit d'une espèce ouest-méditerranéenne très commune au niveau des hauts plateaux oranais, algérois et constantinois, dans le secteur Tell constantinois et le sous-secteur de l'Atlas Tellien des secteurs algérois et oranais (Quézel et Santa, 1962). Comme *M. minima* elle est parmi les espèces, principalement annuelles, indiquant la dégradation des groupements sur grés (Pouget, 1980).

Le genre *Trigonella* L. représente un taxon très voisin du genre *Medicago* (les feuilles trifoliolées font rappeler les luzernes annuelles). Depuis les travaux de Sirjaev (1933), sa classification subit sans cesse des révisions. La délimitation taxonomique des espèces du genre *Trigonella* est toujours basée sur la morphologie et les relations interspécifiques ne sont pas encore suffisamment résolues (Danji *et al.*, 2015). Tous ses représentants sont annuels en Algérie. Une seule espèce (*T. Balachowskyi* Leredde) est endémique ; deux autres (*T. anguina* et *T. stellata*) ont des origines sahariennes et le reste provient du pourtour Méditerranéen (Quézel et Santa, 1962). *Trigonella polycerata* L. (Syn. *Medicago polyceratia* (L.) Trautv., Greuter *et al.* 1989) fait partie des 23 espèces transférées au genre *Medicago* sous le statut de *M. monspelliaca* (Small *et al.*, 1987). Son statut taxonomique ayant changé, elle est connue sous la dénomination *T. polyceratia* (Greuter *et al.*, 1989). Dans la présente étude, nous utiliserons la nomenclature de Quézel et Santa (1962). C'est une espèce de type ibéro-maurétanien, commune dans tout le pays sauf dans le Tell littoral algéro-constantinois ; elle est rare dans le Sahara et très rare au Sahara central (Quézel et Santa, 1962). Selon Ozenda (2004), elle est assez commune dans le Sahara septentrional et le Hoggar. Ses fleurs sont sessiles ou sub-sessiles à l'aisselle des feuilles. Les gousses sont dressées, linéaires arquées longues de 3 à 4 cm au nombre de 3 à 7 par inflorescence.

Le genre *Hippocrepis* L. (tribu des *Loteae*, APGIII, 2009) comprend six espèces dont une (*H. scabra* DC.) de l'aride supérieur (Pouget, 1980), ibéro-maurétanienne, est vivace (Quézel et Santa, 1962). Parmi les autres annuelles, *H. multisiliquosa* L. est une espèce très polymorphe que l'on retrouve dans les broussailles et les pâturages et possède trois sous-espèces : *H. multisiliquosa* ssp. *confusa* Pau, commune dans le Tell, l'Atlas Saharien et le Sahara septentrional; *H. multisiliquosa* ssp. *ciliata* (Willd) Maire commune dans toute l'Algérie et *H. multisiliquosa* ssp. *constricta* (Kunze) Maire (Quézel et Santa, 1962) commune dans le Sahara (occidental, central et septentrional) (Ozenda, 2004). Le Houérou (1995) la cite parmi le groupe des espèces liées aux sables grossiers plus ou moins fixés.

Le genre *Astragalus* L. (tribu *Galegeae*, APGIII, 2009) est représenté en Algérie par une quarantaine d'espèces et 45 sous-espèces. *Astragalus hamosus* L. se rencontre dans toute l'Algérie, dans les pâturages, les forêts claires mais très rare au Sahara. C'est une plante annuelle faiblement hispide caractérisée par des folioles glabres sur les faces supérieures. Ses gousses sont glabres à maturité et très fortement arquées (Quézel et Santa, 1962). Pouget (1980) la mentionne au niveau des steppes à chaméphytes et graminées diverses. Elle est présente dans les milieux cultivés sur des textures fines en surfaces mais de profondeurs variables (texture grossière à moyennement grossière des horizons de surface) ou sur les

surfaces encroûtées du Quaternaire Ancien et les surfaces plus ou moins encroûtées du Quaternaire Moyen à Récent. On la retrouve également dans les terrasses anciennes et récentes (steppes édaphiques et cultures) dans les dayas sur les sols non salés à texture fine à moyenne (steppes à chaméphytes et graminées diverses) où la salure dans les horizons de surface est supérieure à 8 Mhom/cm.

Parmi les huit espèces du genre *Lolium* L. (Poaceae) (Terrell, 1968), au sein duquel subsiste encore des ambiguïtés de phylogénie et de classification (Polok, 2007), cinq sont présentes dans la flore algérienne (Quézel et Santa, 1962). *Lolium rigidum* Gaud. est une annuelle commune dans toute l'Algérie. L'épi ne dépasse pas les 30 cm et la largeur des feuilles ne fait pas plus de 5 mm. Les épillets font de 1,5 à 2 cm de long (Quézel et Santa, 1962). Elle fait partie des communautés thérophytiques à déterminisme anthropique (Kaabèche, 1990).

Le genre *Cutandia* Wilk. (Poaceae) comprend trois espèces dont *C. dichotoma* (Forssk.) Trab. avec deux variétés (*C. dichotoma* var. *dichotoma* (Forssk.) M. et W. et *C. dichotoma* var. *memphitica* (Roth.) M. et W. C'est une annuelle de 10 à 50 cm, à inflorescence très étalée vivant dans les sables. Son inflorescence est fragile, à rameaux très étalés écartés à angle droit. Elle comporte 3 à 4 fleurs par épillet qui sortent de la gaine dilatée de la dernière feuille (Ozenda, 2004). Ses panicules sont variables mais à rameaux (au moins les inférieurs) comportant un épillet sessile ou pédonculé à leur aisselle. Les épillets sont indépendants, multiflores, à fleurs articulées sur la rachéole (Quézel et Santa, 1962). C'est une espèce liée au sol à texture grossière des formations éoliennes à très faible salure en surface et se rencontre dans les sables des hauts plateaux de l'Atlas saharien et du Sahara septentrional (Pouget, 1980).

## **2.4. Matériel et méthodes**

### **2.4.1. Le matériel végétal**

Les espèces utilisées dans la présente étude ont été collectées lors de prospections réalisées au niveau des steppes centrales algériennes suivant un transect d'aridité croissante qui va littéralement à partir des dernières encablures de l'Atlas Tellien jusqu'aux versants Sud de l'Atlas Saharien. L'échantillonnage repose en premier lieu sur les classifications des indices (allant des plus palatables avec un indice 5 aux toxiques avec l'indice 0) attribués aux espèces de la Tunisie steppique (Le Houérou et Ionesco, 1973) et sur ceux des steppes algériennes

(URBT, 1987 ; Aidoud *et al.*, 1982) et qui vont de 0 à 10. L'objectif était d'englober différentes situations édapho-climatiques et géomorphologiques afin de rassembler le maximum de variabilité reflétant d'éventuelles adaptations et pouvant ainsi être utilisées dans les futurs plans de sélection, d'amélioration et de restauration des parcours steppiques. Le nombre différent de populations par espèce dépend également de leur disponibilité sur les sites visités. Les espèces autres que celles abordées et appartenant à d'autres genres et familles botaniques représentées par moins de 04 populations ont été écartées.

Le matériel végétal est constitué de graines de différentes populations appartenant aux espèces spontanées suivantes : *Medicago laciniata*, *M. littoralis*, *M. minima*, *M. secundiflora*, *Trigonella polycerata*, *Hippocrepis multisiliquosa*, *Astragalus hamosus* (Fabaceae) ; *Lolium rigidum* et *Cutandia dichotoma* (Poaceae). Le tableau 8 et la figure 21 résument le matériel végétal utilisé et les sites d'origine de cette étude. Sur chaque site prospecté, les plants entiers ou les gousses des espèces de Fabaceae et les inflorescences (épis ou panicules) des Poaceae ont été collectés. Placés dans des sachets en papiers Kraft, les échantillons ont été conservés dans une chambre froide (+4°C, 20% HR).

**Tableau 8.** Etude morpho-phénologiques. Espèces étudiées et caractéristiques des sites d'origine.

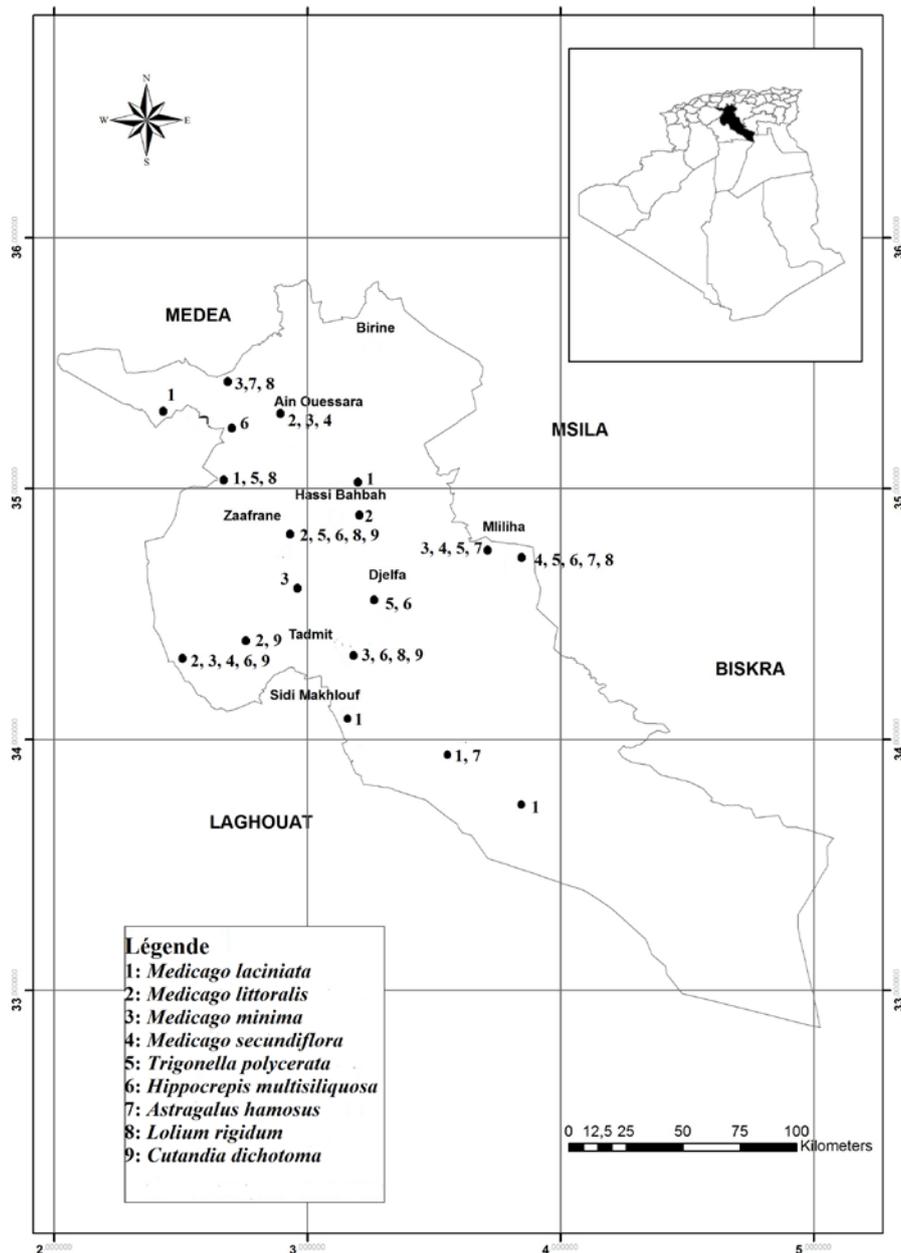
Espèce	Nombre de populations	Abréviation	Famille botanique	Altitude (m)	Pluviométrie
<i>Medicago laciniata</i>	06	MLA	Fabaceae	625-847	82-270
<i>Medicago littoralis</i>	05	MLI	Fabaceae	773-1218	193-270
<i>Medicago minima</i>	06	MM	Fabaceae	753-1020	193-314
<i>Medicago secundiflora</i>	04	MSEC	Fabaceae	773-1218	193-311
<i>Trigonella polycerata</i>	05	T	Fabaceae	728-1355	214-311
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	06	H	Fabaceae	801-1355	185-311
<i>Astragalus hamosus</i>	04	AH	Fabaceae	625- 1171	115-311
<i>Lolium rigidum</i>	05	LO	Poaceae	728-1075	185-311
<i>Cutandia dichotoma</i>	04	CUT	Poaceae	753-1218	185-311

#### 2.4.2. Conditions d'essai

Sous abris, à la station expérimentale de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie à Mehdi Boualem, dix graines de chacune des populations considérées ont été semées dans des pots (capacité 09 kg, 25 cm de diamètre) en date du 1<sup>er</sup> novembre 2013. Le substrat est un mélange sable, tourbe et sol de la région (1 :1 :1, v/v/v). Après germination, 05 plantules par pot ont été gardées pour la suite de l'expérimentation. Les plants ont été régulièrement arrosés. Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet. Les

observations périodiques des caractères considérés ont été réalisées à partir de la date de semis.

Pour le choix des paramètres à étudier, nous avons consulté, les descripteurs de « Bioersity International » (IBPGR, 1985, 1991) et l’UPOV (1990, 2006) complétés par des études diverses.



**Figure 21.** Sites d’origine des espèces étudiées.

### 2.4.3. Les caractères étudiés

#### 2.4.3.1. Les Fabaceae

Les caractères étudiés concernent la phénologie, la morphologie et la biométrie.

- Les caractères phénologiques:

1. 1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie trifoliée (en jours depuis la date de semis).
2. 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (en jours depuis la date de semis).
3. 1GM : Date à laquelle la première gousse mûre sèche tombe sur le sol (en jours depuis la date de semis).
4. DF: Date de début de floraison et d'apparition de la première fleur entièrement formée (en jours depuis la date de semis).
5. FF : Date de la fin de la floraison à laquelle aucune nouvelle fleur n'apparaît depuis le semis (en jours).
6. EF: Etalement de la floraison depuis l'apparition de la première fleur formée jusqu'à la fin de la floraison (en jours).
7. PM : Période de maturation (en jours) : différence entre l'apparition de la première gousse verte et celle de la gousse mûre.
8. DMP : Date de la mort de la plantes (en jours) : dessèchement, aucune nouvelle apparition de rameaux verts.
  - Les caractères biométriques et de production.
    1. LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds (en mm) au stade 4-5 entre-nœuds.
    2. NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds en période de floraison.
    3. NBP: Le nombre de rameaux primaires au stade 4-5 entre-nœuds.
    4. NGT : Le nombre total de gousses par plant.
    5. PMG : Le Poids de 1000 graines mûres et saines (en grammes).
    6. P100G : Le poids de 100 gousses mûres et saines (en grammes).
    7. Ngr/P : Le nombre de graines par plant.
    8. Pgr/P :Le poids des graines par plant (en grammes).
    9. PGR/PG : Le rapport poids des graines par le poids des gousses.

#### 2.4.3.2. Les Poaceae

- Les caractères phénologiques:
  1. DE :La date du début d'épiaison (épi pour *Lolium rigidum* et panicule pour *Cutandia dichotoma*) depuis la date de semis. Date où l'épi ou panicule apparaît hors des gaines(en jours).
  2. PE :La période de la pleine épiaison : en jours depuis la date de semis. Date où l'inflorescence continue de se développer et se sépare du feuillage.
  3. DF : La date du début de la floraison: depuis la date de semis. Date de l'apparition des premières étamines (en jours).

4. FF : La date de la fin de la floraison depuis la date de semis, date où aucune nouvelle étamine n'apparaît(en jours)
5. EF : Etalement de la floraison. Période entre l'apparition des premières étamines et celle où aucune étamine n'est constatée (en jours).
6. MEP : La période de la maturation des épillets depuis la date de semis. Cela correspond au stade de graines dures (observées sous loupe) (en jours).
7. DMP : La date de la mort des plants depuis la date de semis, date de dessèchement complet des plants (en jours).

- Les caractères biométriques et de production

- 1.NTP :Le nombre de talles par plant au stade végétatif.
- 2.LP: La longueur des plants au stade fin floraison (en cm).
- 3.LODF :La longueur de la feuille étendard (en cm).
- 4.LADF :La largeur de la feuille étendard (en mm).
- 5.LINF :La longueur de l'inflorescence de la plus grande tige (en cm).
- 6.NEP : Le nombre d'épillets/inflorescence.

#### **2.4.4. Traitements statistiques**

Pour chacune des espèces, les résultats obtenus ont été soumis à des traitements statistiques à un critère de classification par le biais du programme Statistica (STATISTICA, logiciel d'analyse de données, version 6.1, StatSoft France, 2003). Les analyses descriptives et de variance ont été établies et la comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%. Afin d'apprécier la variabilité des caractères entre les populations prises en compte, une analyse en composantes principales a été appliquée.

Le coefficient de Pearson a été utilisé pour mettre en évidence les relations existant entre les différents paramètres étudiés. La même procédure a été appliquée pour chaque groupe botanique (Fabacées et Poacées). Les mêmes procédures ont été appliquées pour une comparaison inter espèce.

## 2.5. Résultats

### 2.5.1. Etude la variabilité intraspécifique des Fabacées

#### 2.5.1.1. Etude de la variabilité intraspécifique de *Medicago laciniata*

##### 2.5.1.1.1. Analyse de la variance

Les résultats des statistiques descriptives et l'analyse de la variance sont consignés dans les annexes 2.1 et 2.2. Il ressort de ces résultats que les paramètres relatifs à la phénologie ont des étendues réduites. Par contre, le coefficient de variation a atteint 34,7% seulement pour le rapport poids des gousses par le poids des graines (PGR/PG).

Les résultats de l'analyse de la variance montrent des différences très hautement significatives entre les populations pour les variables liées aux gousses : la première gousse mûre (1GM), la date de mort des plants (DMP) et le poids des graines et des gousses (P100G, PMG) ainsi que les rapports du nombre et du poids des graines par plant et par celui des gousses (Ngr/P, Pgr/P, PGR/PG). Pour les variables liées à la fin floraison et son étalement (FF, EF), à la maturation des gousses (PM) et à la longueur des tiges (LEN), les différences sont hautement significatives. Les différences sont significatives pour le nombre des branches primaires (NBP). Le reste des caractères (1FV, 1GV, DF, NEN et NTG) semble similaire. L'ordre décroissant de la discrimination des valeurs de F est : DMP>P100G>PGR/PG>PMG>1GM>Pgr/P>FF>EF>Ngr/P>PM>LEN>NBP>1GV>1FV>NEN>DF>NGT. Les variables les plus influentes pour différencier les populations de *Medicago laciniata* sont celles relatives à la formation des gousses et leurs poids. Ce n'est qu'à partir de la floraison et de la formation des premières gousses que les différences commencent à apparaître (Tableau 9).

##### 2.5.1.1.2. Analyse en composantes principales

Les deux premiers axes du pan 1-2 rapportent 61,73% de l'information totale et permettent une bonne représentation des variables et distribution des individus (Figure 22).

L'axe 1 permet d'expliquer près de 38% de la variation et est représenté positivement par les variables morphologiques : nombre des entre-nœuds, branches primaires (NBP et NEN) et poids des gousses (P100G) et négativement par les variables phénologiques : 1GM, 1GV PM et FF, et biométriques : Pgr/PG, Ngr/P et LEN.

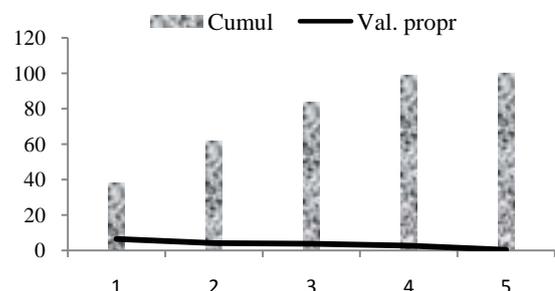
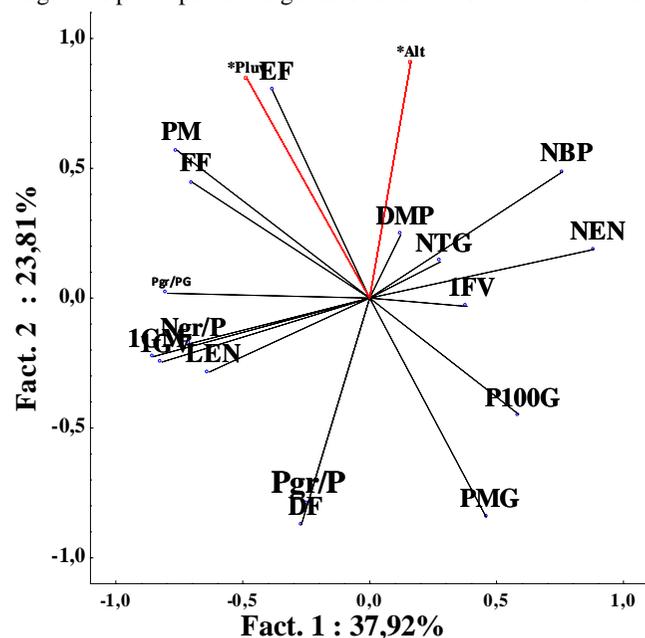


Figure 22. Analyse en composantes principales. Valeurs propres de *M. laciniata*.

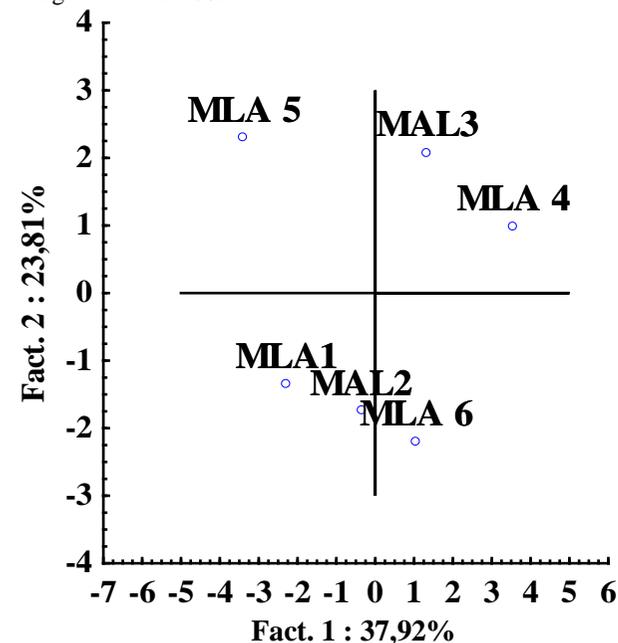
**Tableau 9.** Moyennes des caractères des populations étudiées de *Medicago laciniata*.

Populations	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
<b>MLA1</b>	23,20a	93,20a	119,00a	84,00a	129,80a	45,80ab	32,00ab	145,00a	3,60a	7,01a	7,73a	69,68a	5,095a	1,45ab	669,00a	0,968a	0,27cd
<b>MAL2</b>	24,20a	87,80a	120,20a	84,40a	124,60b	40,20b	31,40ab	131,00d	4,00ab	5,91ab	7,93a	56,47a	3,53d	1,53a	491,24ab	0,749bc	0,38b
<b>MAL3</b>	24,80a	87,40a	116,00b	81,40a	128,80a	47,40a	31,00ab	144,80a	4,73a	4,81b	8,13a	70,70a	3,95c	1,224b	572,70ab	0,692bc	0,25d
<b>MLA 4</b>	24,00a	86,40a	115,40b	81,60a	125,00b	43,40ab	29,60b	140,40b	4,53ab	4,73b	8,67a	67,53a	5,09a	1,41ab	378,19b	0,533c	0,15e
<b>MLA 5</b>	24,20a	90,80a	119,80a	82,80a	130,40a	47,60a	36,60a	137,73c	4,07ab	5,31b	7,47a	63,62a	1,97e	0,92c	636,20a	0,590c	0,47a
<b>MLA 6</b>	25,40a	89,40a	116,60b	86,00a	126,40ab	40,40b	27,00b	140,67b	4,33ab	4,33b	7,73a	70,46a	4,45b	1,50ab	648,20a	0,972a	0,31c

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plante (jours) ; NBP : nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds (mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plant ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes dans chaque colonne indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 23.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de *M. laciniata*.



**Figure 24.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations de *M. laciniata* basée sur les caractères morpho-phénologiques.

Les populations MLA1, MLA2 et MLA5 forment tardivement les gousses vertes et mûres dont la maturation est plus longue (88 à 93 ; 120 et 31,4 à 37 jours, respectivement). Il en est de même pour les mensurations des entre-nœuds (LEN), Ngr/P et Pgr/PG qui vont respectivement de 5,3 à 7mm, de 491 à 668 et de 0,27 à 0,47 comparées aux populations MLA3, MLA4 et MLA6 qui, globalement, ont des valeurs inférieures (Figure 23).

Le facteur 2 rapporte 23,81% de l'information et est porté positivement par l'étalement de la floraison (EF), représenté par les populations MLA5, MLA3 et MLA1 et les deux variables du milieu (altitude et pluviométrie). Il est porté négativement par le début de la floraison (DF), le poids des graines (PMG) et le poids des graines par plant (Pgr/P), les plus fortes valeurs étant détenues par les populations MLA6, MLA4 et MLA2 globalement (Figure 24). Les corrélations consignées dans l'annexe 2.3 montrent une influence négative de la pluviométrie sur l'étalement de la floraison (EF) et la durée de la maturation des gousses (PM), alors que le poids des graines (PMG) semble plus élevé. L'altitude semble avoir un effet positif sur l'enclenchement de la floraison en la retardant et allongeant ainsi la période végétative.

### **2.5.1.2. Etude de la variabilité intraspécifique de *Medicago littoralis***

#### **2.5.1.2.1. Analyse de la variance**

Les résultats de l'analyse descriptive reportés dans l'annexe 2.4 illustrent de faibles étendues des caractères étudiés pour cet effectif de *Medicago littoralis*. Seuls les rapports Ngr/P, Pgr/P, le nombre de gousses (NTG) et l'étalement de la floraison (EF) ont des étendues légèrement au dessus de 20%. Les coefficients sont particulièrement bas en ce qui concerne les autres variables phénologiques. Il n'existe pas de différences entre les populations pour 1GV, PM, LEN et le nombre de gousses (NTG).

Un effet très hautement significatif est noté pour les variables FF, DMP, PMG, P100G, EF, 1FV, Pgr/P, PGR/PG, hautement significatif pour les variables 1GM, DF Ngr/P et significatif dans le cas des variables NTG, NEN et NBP. Les valeurs de F de l'analyse de la variance fait ressortir que les variables les plus discriminants sont dans l'ordre suivant: FF>DMP>PMG>P100G>EF>1FV>PGR/PG>Pgr/P>PGR/P>Ngr/P>1GM>NTG>DF>NEN>NBP>PM>1GV>LEN (Annexe 2.5).

Les données moyennes montrent que la population MLI5 se distingue par rapport aux autres populations par les valeurs les plus faibles pour la majorité des variables phénologiques (1GV, 1GM, DF, FF, DMP). Pour les caractères morpho-métriques (NBP, NEN), ce sont les

populations MLI2 et MLI1 qui affichent les moyennes les plus élevées contrairement aux autres populations (Tableau 10).

### 2.5.1.2.2. Analyse en composantes principales

Le maximum d'information rapporté par le plan 1-2 est de 84,87 % et l'axe 1 en apporte à lui seul plus de la moitié (52,50%) de l'information globale (Figure 25).

Le cercle des corrélations permet de constater que l'axe 1 est représenté positivement par la date d'apparition de la première feuille vraie et la longueur des entrenœuds (1FV et LEN) dont les meilleurs moyennes appartiennent à la population MLI5, alors que la première gousse mûre (1GM), la fin floraison (FF) et son étalement (EF), la sénescence (DMP), le nombre de branches primaire (BNP), de gousses et de graines, leur poids par plant (NTG, Ngr/P, Pgr/P) et le rapport PGR/PG sont représentées par les populations MLI1 et MLI2 qui apparaissent sur le côté négatif. Le long de l'axe 2 sont représentés positivement le poids des gousses et des graines et le début de floraison (P100G, PMG et DF), et négativement le nombre d'entrenœuds et la durée de maturation des gousses (NEN, PM). A l'opposé de ces deux caractères, les populations MLI3 et MLI4 détiennent les floraisons les plus tardives et occupent une position intermédiaire entre MLI1 et les populations MLI5 et MLI2 en ce qui concerne le poids des gousses et des graines (Figures 26 et 27). Les paramètres de végétation (1FV) et de post floraison (EF, 1GV) et (EF-FF ; FF-DMP) sont liés positivement entre eux, d'une part, et avec le poids de gousses et de graines (NTG, Ngr/P et Pgr/P) d'autre part. Plus la floraison est tardive et étalée, plus les plants sont aptes à produire des graines et fruits nombreux (Annexe 2.6).

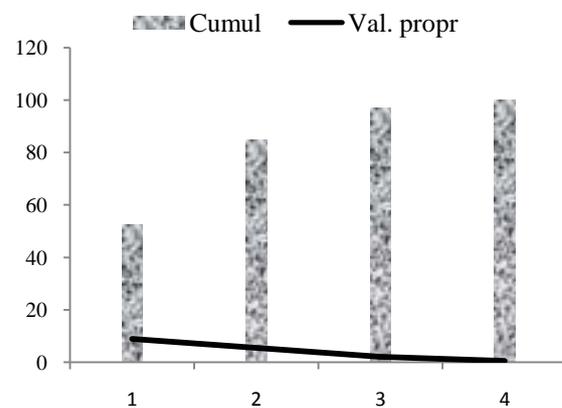
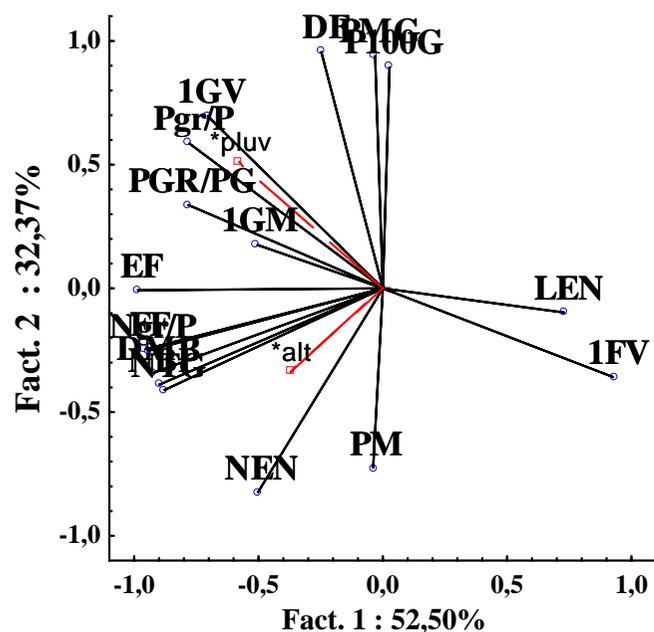


Figure 25. Analyse en composantes principales. Valeurs propres de *M. littoralis*

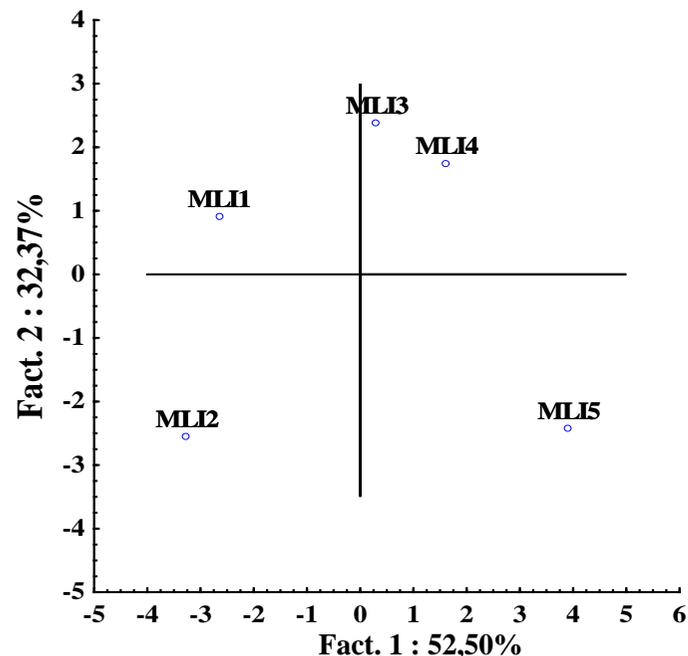
**Tableau 10.** Moyennes des caractères des populations étudiées de *Medicago littoralis*.

Populations Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
MLI1	22,6b	99a	121,4a	91ab	139,4b	47,6a	29,8a	143,27b	4,93a	4,48a	9,13ab	79,352	4,31	2,18	404,70ab	0,883a	0,259a
MLI2	23b	96,8a	119b	89,6ab	141a	49,6a	29a	145a	5,07a	4,04a	10,07a	92,508	2,73	1,44	483,82a	0,695a	0,276a
MLI3	23,2b	98,8a	119b	91,8a	131c	39,8b	27a	134,93c	4,33b	4,02a	8b	72,464	3,99	2,096	360,15b	0,755a	0,262a
MLI4	23,8b	97,2a	118,8b	91,4a	131c	39,6b	27,4a	134,267c	4,33b	4,99a	8,53ab	62,564	4,08	2,096	320,64b	0,674a	0,264a
MLI5	24,8a	90,4a	119b	88,6b	128,8d	40,5b	30,2a	134c	4,33b	5,05a	9,07ab	65,754	3,19	1,58	291,29b	0,460b	0,219b

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 1000 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes sur les colonnes indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 26.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de *M. littoralis*.



**Figure 27.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations de *M. littoralis* basée sur des caractères morpho-phénologiques

### 2.5.1.3. Etude de la variabilité intraspécifique de *Medicago minima*

#### 2.5.1.3.1. Analyse de la variance

D'après les résultats des analyses descriptives, les paramètres apparition de la première feuille vraie (1FV), durée de maturation des gousses (PM), nombre total des gousses (NTG), nombre de graines par plant (Ngr/P) et poids des graines par plant (Pgr/P) ont des coefficients de variation au dessus de 30%. Par contre, pour les autres caractères et spécialement ceux relatifs à la phénologie, les coefficients sont inférieurs à 10% (Annexe 2.7).

Les paramètres morpho-phénologiques sont moins variables puisque l'effet n'est pas significatif pour LEN, NEN, NTG, Ngr/P et Pgr/P. Les populations étudiées se comportent également de manière analogue en ce qui concerne la première gousse verte (1GV) et la sénescence (DPM), l'ordre décroissant des valeurs de F est: FF>1FV>P100G>1GM>PM>PGR/PG>EF>PMG>DF>NBP>1GV>Ngr/P>NEN>LEN>NTG>Pgr/P>DMP (Annexe 2.8).

Le démarrage en végétation est relativement rapide des populations de *M. minima* par rapport aux deux espèces précédemment étudiées et c'est entre 9 et 21 jours que la première feuille vraie apparait. La population MM1 possède globalement une phénologie plus étalée que les autres populations étudiées sauf pour la maturation des gousses (PM), alors que pour la morpho-biométrie le contraire est constaté (Tableau 11).

#### 2.5.1.3.2. Analyse en composantes principales

Le plan 1-2 permet l'extraction de 74,83% de l'information globale et l'axe à lui seul absorbe près de la moitié (49,63%). Les variables phénologiques 1FV, 1GV, DF, FF, EF et le poids des gousses et des graines (PMG, P100g) contribuent à former le premier axe et sont représentées sur le côté positif par la population MM1 (Figure 28).

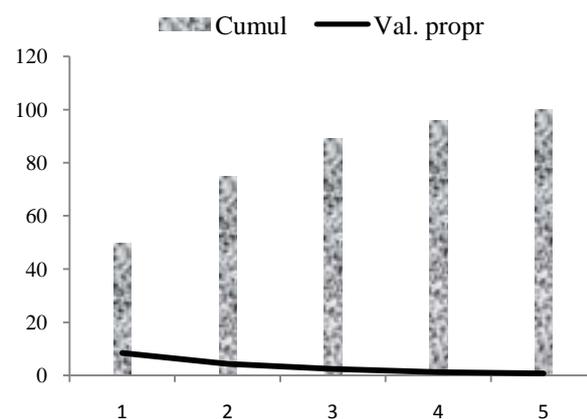
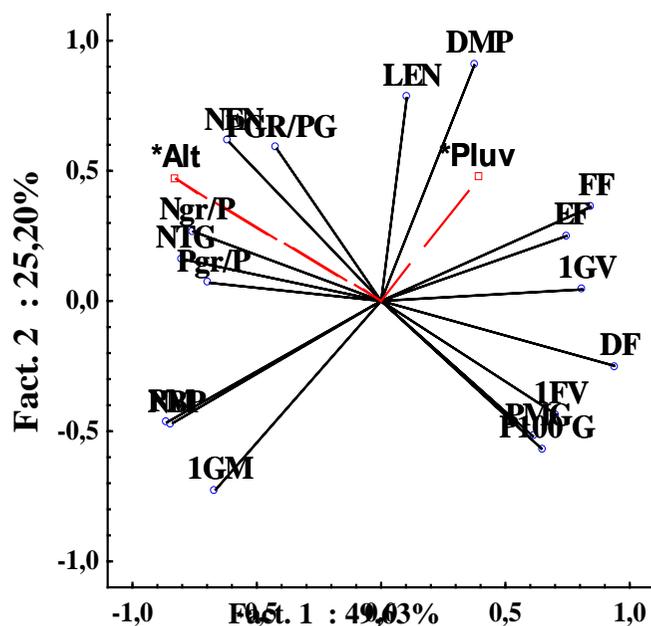


Figure 28. Analyse en composantes principales. Valeurs propres de *M. minima*

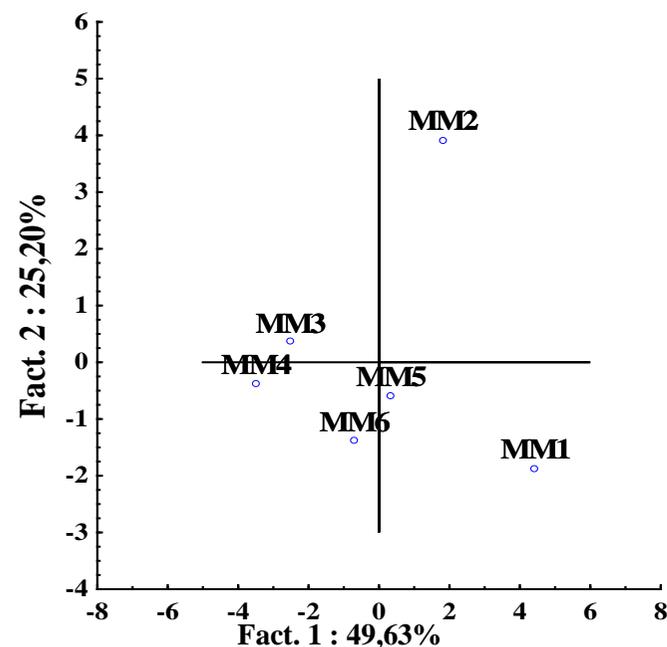
**Tableau 11.** Moyennes des caractères des populations étudiées de *Medicago minima*.

Populations Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
MM1	21,40a	93,20a	104b	90,40a	127,60a	37,20a	14,20c	137,4a	4,60ab	3,80a	4,53a	98,04a	1,98a	1,14a	519,61a	0,59a	0,31d
MM2	10,00b	90,00a	96c	86,20b	127,20a	41,20a	09,80d	140,2a	4,27b	4,43a	5,33a	114,71a	1,17c	0,91c	680,61a	0,62a	0,46a
MM3	09,80b	87,80a	110a	82,40b	112,00b	29,00b	27,60a	137,8a	5,73a	4,17a	5,53a	126,33a	1,26bc	0,94bc	711,66a	0,67a	0,43ab
MM4	10,80b	86,20a	110a	83,20b	112,00b	28,00b	27,00a	136,7a	5,51a	3,77a	5,13a	154,71a	1,35b	0,86c	938,56a	0,81a	0,39bc
MM5	09,20b	90,80a	106,8ab	85,40b	112,00b	38,80a	21,00b	137,47a	5,13ab	3,50a	4,67a	116,68a	1,31b	0,87c	618,40a	0,54a	0,35cd
MM6	10,00b	84,80a	110a	86,00b	112,40b	38,00a	23,60ab	136,4a	5,47a	3,17a	5,07a	104,07a	1,25bc	1,06ab	565,44a	0,60a	0,46a

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP : nombre de branches primaires ; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds (mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs) ; P100G : Le poids de 100 gousses (grs) ; Ngr/P : le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P : le Poids moyen des graines par plant (grs) ; Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes sur les colonnes indiquent des différences significatives à 5%..



**Figure 29.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de *M. minima*.



**Figure 30.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations de *M. minima* basée sur les caractères morpho-phénologiques.

Les variables relatives à la morphologie NBP, NTG, Ngr/P, Pgr/P, NEN et PM dont les plus fortes moyennes ont été notées dans les populations MM3 et MM4, et l'altitude apparaissent le long du côté négatif.

L'information est absorbée à 25,50% par l'axe 2 qui est positivement formé par la sénescence (DMP), la longueur des entre-nœuds (LEN) et le rapport PGR/PG avec les moyennes les plus élevées consignées dans la population MM2 qui s'oppose à la population MM6 pour les variables DMP, LEN, FF (Figures 29 et 30).

Nous avons noté une floraison (DF, FF) et une apparition de la gousse mûre (1GM) tardives pour les populations MM1 et MM2 ; une végétation (1FV) et un étalement et mort des plants (EF, DMP) plus longs pour MM1. Inversement, ses branches primaires, ses entre-nœuds et ses gousses sont moins nombreux et les poids de ses gousses et de graines sont moins importants.

Les branches les plus nombreuses (NBP), les périodes de maturations les plus longues, les gousses mûres tardives, les gousses les plus nombreuses caractérisent les populations MM3 et MM4, les populations MM5 et MM6 ont des valeurs intermédiaires pour la majorité des paramètres (Figure 30).

Les corrélations les plus significatives et négatives lient la formation de la première gousse mûre (1GM) à la mort des plants (DMP) et inversement, plus les branches sont nombreuses, plus la formation de la gousse mûre est tardive, plus longue est leur maturation et plus précoce est la fin de la floraison. Par ailleurs, la première feuille vraie est positivement déterminante pour le poids des gousses et le début de la floraison.

Les populations originaires des régions à haute altitude fleurissent tardivement et ont des entre-nœuds plus courts, alors que celles des régions les plus arrosées possèdent des entre-nœuds moins longs.

D'autre part, le P100G semble indiquer une part moins importante du poids des graines par rapport à celui des gousses alors que le nombre de graines et leur poids par plant vont dans le même sens (Annexe 2.9).

## 2.5.1.4. Etude de la variabilité intraspécifique de *Medicago secundiflora*

### 2.5.1.4.1. Analyse de la variance

Les coefficients de variation sont élevés (59 et 39%) pour le poids des gousses et des graines, respectivement. Ils sont moyens pour les variables mesurables mais sont particulièrement bas pour la phénologie (Annexe 2.10). Les paramètres les plus discriminants sont, dans l'ordre d'importance décroissant :

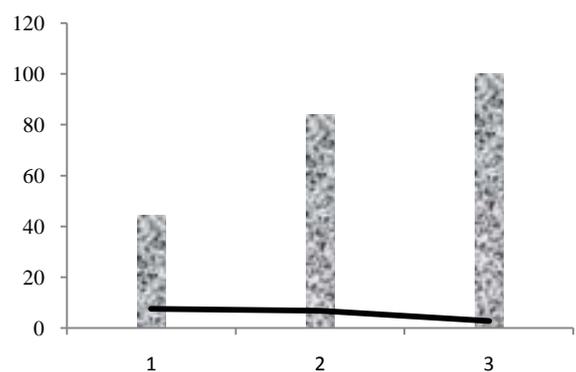
P100G>NTG>Ngr/P>PGR/PG>Pgr/P>PMG>1GV>DF>1GM>PM>FF>LEN>EF>1FV>NBP>DMP>NEN. Concernant les autres variables, il n'existe pas de différences entre les populations étudiées (Annexe 2.11). Les résultats obtenus indiquent que la formation des gousses et la floraison ont lieu tardivement dans la population MSEC2 et MSEC1 qui possèdent toutes les deux les gousses les plus lourdes et des entre-nœuds les plus longs.

La population MSEC3 est la plus tardive à produire des gousses mûres (1GM, PM) et inversement, elle est la première à commencer et terminer la floraison et à produire les premières gousses (contrairement à la population MSEC4). Elle contient également les gousses et les graines les plus légères (Tableau 12).

### 2.5.1.4.2. Analyse en composantes principales

Près de la moitié de l'information totale (44,39%) est absorbée par le premier l'axe qui, avec le second axe cumule 84,12% (Figure 31).

Mise à part la durée de floraison (EF) et l'apparition de la première feuille vraie (1FV), liées négativement à la formation des axes 1 et 3, toutes les variables phénologiques sont liées à l'axe 2. Le long du côté positif de cet axe, sont représentés, l'apparition de la première gousse verte et certains paramètres de la floraison (DF, FF) ; la première gousse mûre (1GM) et sa maturation (PM) apparaissent sur le côté négatif.



**Figure 31.** Analyse en composantes principales. Valeurs propres de *M. secundiflora*

Les caractères morphologiques liés négativement à l'axe 1 sont le nombre de branches primaires, de gousses et graines (NBP, NTG, Ngr/P), le PMG et le poids de graines par plant (Pgr/P), alors que seule la longueur des entre-nœuds (LEN) est représentée positivement. Parmi les autres variables, NEN, PMG et P100G contribuent à former positivement l'axe 2 et s'opposent au rapport PGR/PG.

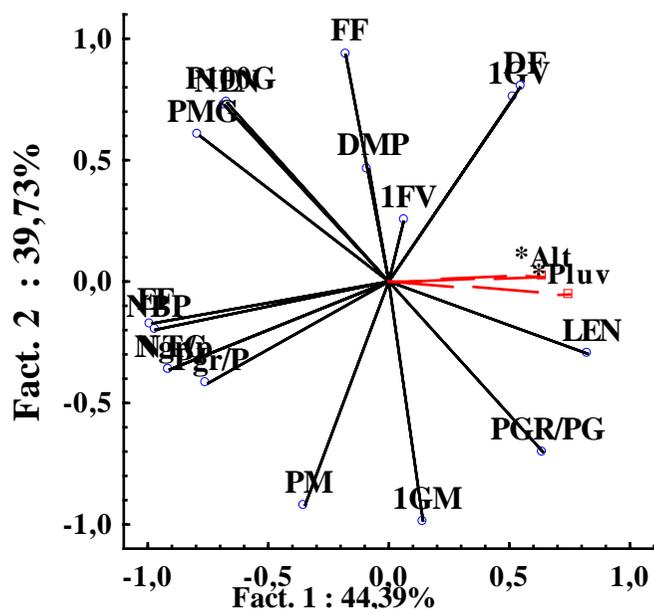
La pluviométrie est liée positivement à l'axe 1 tandis que la sénescence (DMP) et l'altitude contribuent plus à la formation de l'axe 3 (Figure 32). La population Msec 4 possède les gousses et graines les plus lourdes ainsi que les entre-nœuds les plus nombreux, la fin floraison est la plus tardive. La population Msec3 se caractérise par les nombres de gousses et de graines (NTG, Ngr/P) et les poids de ces dernières par plant (PMG, Pgr/P) les plus élevés, la floraison et la maturation des gousses les plus étalées (EF, PM), la première gousse mure la plus tardive et le nombre de branches primaires le plus important. Les populations Msec2 et Msec 1, originaires des lieux les moins arrosés, détiennent les entre-nœuds les plus longs et les rapports PGR/PG les plus importants et présentent simultanément le début de formation de la gousse verte et le début de floraison les plus tardifs (Figures 32 et 33).

La matrice des corrélations (Annexe 2.12) fait ressortir un certain nombre de liaisons entre les variables prises en compte. Les populations ayant un début de floraison précoce émettent aussi rapidement leurs premières gousses vertes. Par contre, celles dont la fin floraison est tardive produisent des gousses mûres précocement. Les nombres de gousses et de graines et de branches élevés indiquent une floraison étalée. Les populations ayant un nombre d'entre-nœuds important produisent des graines et des gousses plus lourdes mais la part des graines par rapport au poids total des gousses (PGR/PG) serait moindre. Enfin, les plants provenant des régions de basses altitudes ont des entre-nœuds plus longs.

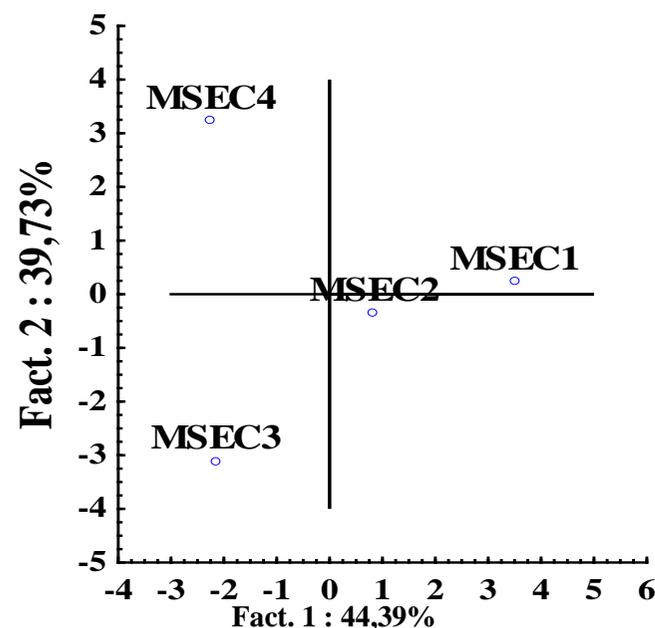
**Tableau 12.** Moyennes des caractères des populations étudiées de *Medicago secundiflora*.

Populations	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
<b>MSEC1</b>	26,40a	100,8b	124,20ab	95,20a	134,00ab	38,80a	29,40b	136,60a	5,13a	3,63a	4,80a	284,0c	0,26c	1,92b	284c	0,546c	0,742ab
<b>MSEC2</b>	25,20a	101,2a	124,20ab	94,80a	135,00ab	40,20a	31,60ab	139,20a	5,53a	3,73a	4,87a	380,8b	0,30b	1,98b	380,8b	0,885a	0,776a
<b>MSEC3</b>	26,00a	96,80b	125,00a	90,60b	132,80b	42,20a	34,20a	136,40a	5,87a	3,27ab	4,87a	453,2a	0,30b	2,07b	453,2a	0,937a	0,692b
<b>MSEC 4</b>	26,20a	100,8b	123,00b	95,00a	136,60a	41,60a	28,80b	138,20a	5,73a	3,07b	5,13a	396,0b	0,46a	2,33a	396b	0,785b	0,428c

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes sur les colonnes indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 32.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de *M. secundiflora*.



**Figure 33.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations de *M. secundiflora* basée sur les caractères morpho-phénologiques.

## 2.5.1.5. Etude de la variabilité intraspécifique de *Trigonella polycerata*

### 2.5.1.5.1. Analyse de la variance

Les résultats de l'analyse descriptive font ressortir des coefficients de variation très élevés atteignant 50,35 et 28% respectivement, pour les variables LEN, NBP et NTG alors que pour la phénologie les coefficients de variation sont bas (Annexe 2.13).

Il existe une très grande variation des caractères des populations de *Trigonella polycerata*; mis à part les nombres de gousses (NTG), entre-nœuds (NEN) et le nombre et poids des graines par plant (Ngr/P, Pgr/P), les différences sont très hautement significatives pour tous les autres paramètres (Annexe 2.14).

Les paramètres les plus discriminants sont ceux relatifs à la phénologie et le poids des gousses dans l'ordre d'importance décroissant :

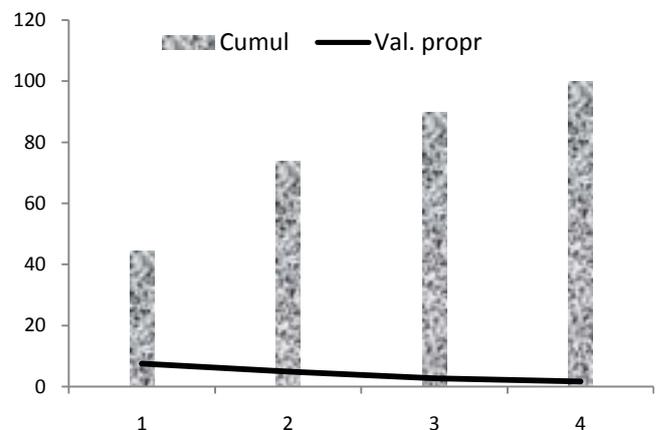
FF>P100G>1GM>DF>1GV>PGR/PG>PM>DMP>PMG>EF>1FV>LEN>NBP>NTG>Ngr/P>NEN>Pgr/P.

Les populations T1 et T3 se distinguent par les phénologies les plus précoces (1GV, 1GM, DF, FF) avec respectivement 107, 120, 90 et 113-117 jours. Inversement, elles détiennent les entre-nœuds les plus longs et les gousses les plus lourdes et s'opposent à la population T4 possédant les moyennes les plus élevées pour 1FV (24,13 jours), 1GM (129 jours), DF (96 jours), FF (122,4 jours), EF (26,53 jours) PM (33 jours), et les plus basses moyennes pour LEN et PMG. Les deux autres populations ont des valeurs intermédiaires (Tableau 13).

### 2.5.1.5.2. Analyse en composantes principales

Le maximum d'information apporté par le plan 1-2 se situe à près de 73,86 (Figure 34).

Mise à part la 1FV, les variables 1GM, 1GV, DF, FF, EF et PM de la phénologie et le nombre de gousses (NTG), contribuent négativement à la constitution de l'axe 1 contrairement à la sénescence (DMP) et le nombre et la longueur des entre-nœuds (LEN, NEN).

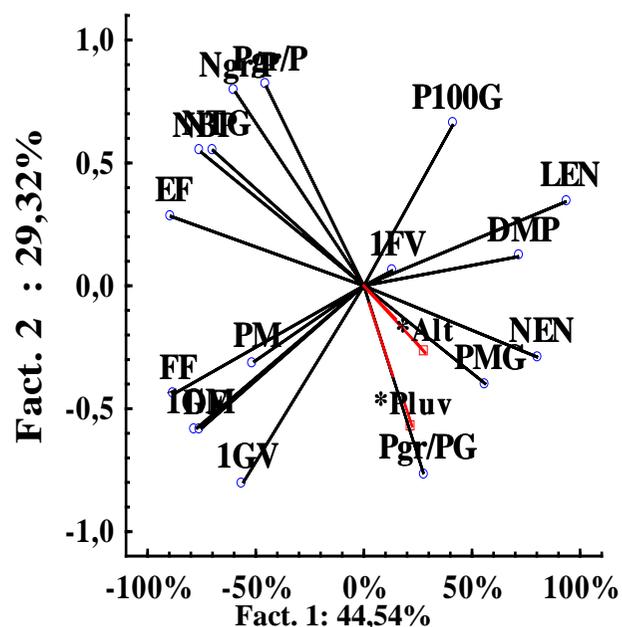


**Figure 34.** Analyse en composantes principales. Valeurs propres de *T. polycerata*.

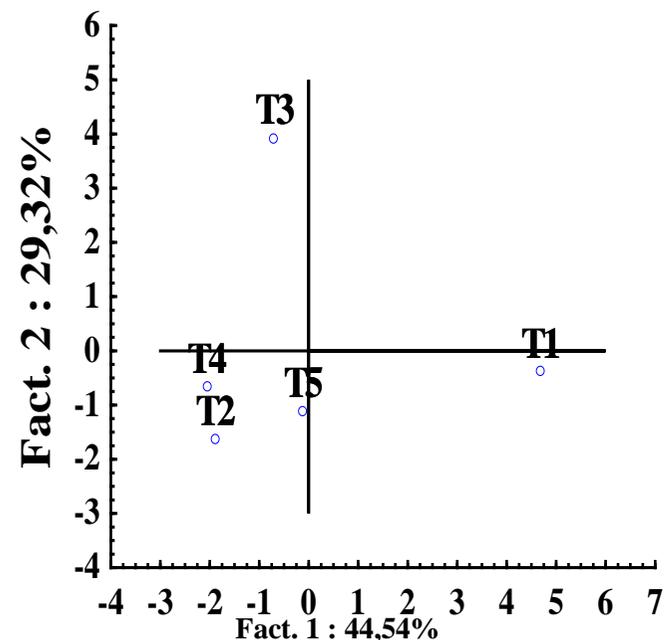
**Tableau 13.** Moyennes des caractères des populations étudiées de *Trigonella polycerata*.

Populations Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
<b>T1</b>	23,47b	107,67d	119,93e	89,40e	113,73e	24,33c	30,40b	157,00a	2,87c	10,06a	5,62a	65,73c	1,53b	0,69a	896,30b	0,614b	0,61b
<b>T2</b>	22,40c	112,87a	127,60b	94,80c	121,20b	26,40a	32,53a	155,73b	4,93ab	3,50c	4,89b	123,47ab	0,96e	0,62b	1255,71b	0,777b	0,66a
<b>T3</b>	23,07b	106,80e	120,87d	90,60d	116,80d	26,47a	30,27b	155,47b	5,67a	6,81b	4,60b	138,87a	1,62a	0,584c	1726,28a	1,007a	0,45d
<b>T4</b>	24,13a	110,87c	128,80a	95,87a	122,40a	26,53a	32,93a	154,27c	4,20b	3,39c	4,87b	97,00bc	1,46c	0,554c	1258,43b	0,691b	0,49c
<b>T5</b>	22,93b	111,67b	124,60c	95,40b	120,47c	25,07b	29,20c	154,13c	4,20b	5,01bc	4,60b	90,27bc	1,39d	0,66a	1110,27b	0,730b	0,58b

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes sur les colonnes indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 35.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de *T. polycerata*.



**Figure 36.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations de *T. polycerata* basée sur les caractères morpho-phénologiques.

Mise à part la 1FV, les variables 1GM, 1GV, DF, FF, EF et PM de la phénologie et le nombre de gousses (NTG), contribuent négativement à la constitution de l'axe 1 contrairement à la sénescence (DMP) et le nombre et la longueur des entre-nœuds (LEN, NEN). Avec 29,32% de l'information totale, l'axe 2 est formé négativement par les variables: première gousse verte (1GV) et le rapport du poids des graines par celui des gousses (PGR/PG) et positivement par le nombre et le poids des graines par plant (Ngr/p, Pgr/P) et le poids des gousses (P100G) (Figure 35).

La distribution des individus a révélé que les populations T2, T4 possèdent les moyennes les plus importantes pour la phénologie (1GM, DF, FF, EF et PM) mais présentent, à l'opposé, le nombre et les longueurs des entre-nœuds les plus faibles. Alors que la sénescence (DMP) la plus étalée appartient à la population T1 qui partage également les poids des gousses (P100G) les plus importants avec la population T3. Cette dernière s'individualise par le NTG, NBP et le nombre et poids des graines par plant les plus élevés (Ngr/P, Pgr/P) mais montre le rapport Pgr/PG le plus bas (Figures 36).

Les corrélations fortes positives lient certaines variables de la phénologie. Ainsi, un début de floraison précoce semble indiquer l'apparition des gousses vertes et mûres ainsi qu'une fin de la floraison hâtives et des longueurs des entre-nœuds plus longs. Les populations ayant des branches primaires plus nombreuses contiennent des gousses (NTG) et des graines par plant (Ngr/P) et un poids des graines par plant (Pgr/P) plus importants (Annexe 2.15).

#### **2.5.1.6. Etude de la variabilité intraspécifique d'*Hippocrepis multisiliquosa***

##### **2.5.1.6.1. Analyse de la variance**

Les coefficients de variation les plus élevés ont atteint 32,26 et 29,38 % et concernent le nombre de branches (NBP) et la longueur des entre-nœuds (LEN), respectivement. Pour les autres caractères morphologiques, les coefficients de variation sont en deçà de 23% et sont encore plus bas (<5%) dans le cas des caractères phénologiques (Annexe 16). Hormis les variables EF, NBP, LEN et NTG, nous avons décelé des différences très hautement significatives entre les populations pour les autres paramètres étudiés (Annexe 2.16).

Suivant un ordre décroissant des valeurs de F, les caractères les plus discriminants sont: Pgr/PG>PMG>P100G>DMP>1GM>DF>FF>1GV>1FV>Pgr/P>NEN>PM>Ngr/P>NTG>EF >LEN>BNP (Annexe 2.17).

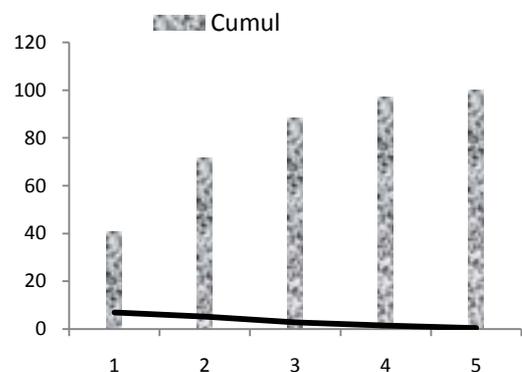
Nous avons noté qu'invariablement, la population H3 détient les moyennes les plus importantes (22,9 ; 115,07 ; 139,2 ; 108 jours) des caractères phénologiques jusqu'à la fin de floraison. Par ailleurs, ce sont les populations H1 et H5 qui possèdent les valeurs les plus faibles (Tableau 14).

Pour la morphologie, les mensurations et les nombres des paramètres BNP, LEN, NEN et PMG les plus élevés, à savoir 5,07 ; 8,9cm ; 10,87 ; 2,88g respectivement, appartiennent aux populations H6 et H2. La population H5 a présenté le nombre et le poids des gousses les plus élevés(117,5 et 1,94g, respectivement). La population H3 possède les moyennes supérieures pour les variables de phénologie alors que la population H6 s'individualise par les meilleures valeurs de LEN, NEN et PGR/PG.

#### 2.5.1.6.2. Analyse en composantes principales

L'examen des valeurs propres ont permis de constater que les deux premiers axes ont absorbé près de 71,57% de l'information globale et l'axe 1 en rapporte 40,98% (Figure 37).

L'analyse a fait ressortir qu'excepté la 1FV, toutes les autres variables se rapportant à la phénologie ont permis de constituer l'axe 1 et sont représentées négativement par la population H3. Par contre, les nombres de gousses (NTG), de graines par plant (Ngr/P) et l'altitude se positionnent sur le côté positif et pour lesquels, les populations H5, H2, H4 et H1 sont pourvues des valeurs les plus élevées (Figures 38 et 39).

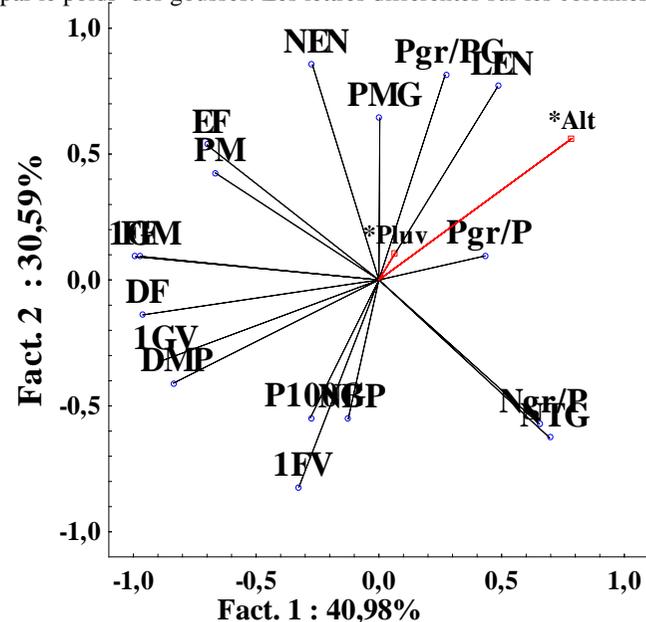


**Figure 37.** Analyse en composantes principales.. Valeurs propres d'*H. multisiliquosa*

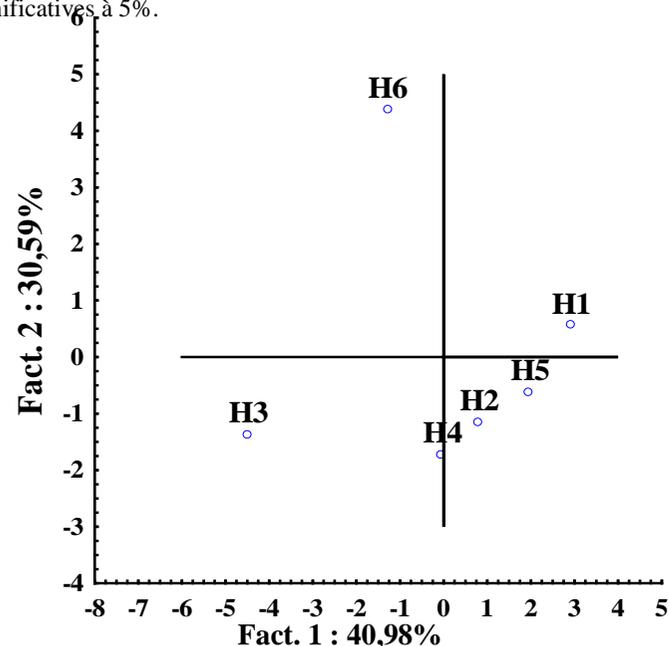
**Tableau 14.** Moyennes des caractères des populations étudiées d'*Hippocrepis multisiliquosa*.

Populations	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
<b>H1</b>	21,73bc	110,86c	133,60e	104,27c	125,47d	21,20b	29,33b	158,66e	4,20ab	8,86a	7,87b	105,87ab	1,27f	2,33e	758,01abc	1,768bc	1,31b
<b>H2</b>	21,33c	112,53b	134,73d	105,07b	126,93c	21,87ab	29,67b	161,47b	5,07a	6,83ab	8,87b	113,93a	1,83b	2,45c	845,41ab	2,071b	0,99d
<b>H3</b>	22,93a	115,07a	139,20a	107,93a	130,53a	22,60ab	31,20a	163,54a	4,93a	5,41b	8,33b	94,400ab	1,80c	2,38d	681,57bc	1,623cd	0,95e
<b>H4</b>	22,07b	111,93b	136,60c	105,80b	127,07c	21,27b	30,80a	160,27c	3,20b	6,93ab	7,67b	108,00ab	1,77d	1,72f	781,92abc	1,346c	0,704f
<b>H5</b>	21,67bc	112,13b	134,67d	103,87c	125,80d	21,94ab	30,80a	158,93e	4,00ab	6,43b	8,33b	117,47a	1,94a	2,75b	906,85a	2,493a	1,10c
<b>H6</b>	20,20d	112,07b	137,53b	105,67b	128,60b	22,93a	31,86a	159,67d	3,00b	8,90a	10,87a	88,530b	1,53e	2,88a	639,20c	1,840bc	1,36a

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plant (grs); Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes sur les colonnes indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 38.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations d'*H. multisiliquosa*



**Figure 39.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations d'*H. multisiliquosa* basée sur les caractères morpho-phénologiques.

Le second facteur apporte 30,59% de l'ensemble de l'information et c'est la 1FV qui contribue à le former négativement et certains caractères morphologiques (NEN, PGR/PG, LEN et PMG) positivement. Les moyennes les plus élevées appartiennent à la population H6 (Figures 38 et 39).

L'apparition de la première gousse verte semble être liée positivement à la floraison (DF, FF) et à la mort des plants (DMP). De même, la première gousse mûre va dans le même sens que le début et la fin de la floraison (Annexe 2.18). Les populations provenant des hautes altitudes montrent des floraisons et des sénescences tardives. Par ailleurs, les populations ayant des entre-nœuds plus longs possèdent moins de gousses, ce qui permet de conclure que l'allongement du cycle est traduit par un gradient altitudinal positif et la production de plus de matière verte se fait au détriment de la phase reproductive.

### **2.5.1.7. Etude de la variabilité intraspécifique d'*Astragalus hamosus***

#### **2.5.1.7.1. Analyse de la variance**

Les coefficients de variation sont inférieurs à 6% pour la phénologie des quatre populations d'*Astragalus hamosus* mais atteignent 28,88 à 39,27% dans le cas des variables LEN, NBP, Ngr/P, PGR/P et se situent entre 9,50 et 18,95% pour les autres variables morphométriques (Annexe 2.19).

Les différences sont très hautement significatives entre les populations considérées pour toutes les variables de la phénologie mise à part l'étendue de la maturation des gousses. Il en est de même pour les caractères morphologiques sauf pour celles se rapportant au nombre de branches primaires et à la longueur des entre-nœuds. Il existe des différences hautement significatives pour la longueur des entre-nœuds et significatives pour le nombre de branches. Les caractères les plus discriminants sont dans l'ordre décroissant:

P100G>Pgr/PG>PMG>DMP>1GM>FF>Pgr/P>Ngr/P>NTGv1FV>EF>DF>1GV>LEN>P  
M>NBP>NEN (Annexe 2.20).

Nous avons constaté que la population AH4 est plus lente au démarrage du cycle avec 23,2 jours mais à partir de la floraison l'inverse est noté avec une phénologie réduite avec 109 ; 131,1 ; 101,11 ; 117,13 ; 16 ; 30 ; et 145,60 jours pour les variables 1GV, 1GM, DF, FF, EF, PM et DMP, respectivement (Tableau 8). Les fortes valeurs de 112,6 ; 136 ; 104,2 ; 122,47 ; 18,27 ; 31,8 et 152,93 jours sont invariablement détenues par la population AH1.

Le nombre de branches et les poids des gousses et graines les moins importants (2,07, 4,91 et 1,48g) sont également obtenus chez les plants de la population AH4 qui présente également

les gousses les moins nombreuses (170,5). Les populations AH2 et AH3 se distinguent respectivement par le nombre de branches et la longueur des entre-nœuds les plus élevés (3,40 et 5,24mm), alors que la population AH1 possède les gousses les plus nombreuses et les graines les plus lourdes et les plus nombreuses (1,87g ; 7,99g et 4277, respectivement). (Tableau 15).

#### 2.5.1.7.2. Analyse en composantes principales

L'apport de l'information maximale se situe à près de 91,62% par le plan 1-2 et le premier axe absorbe 74,43% de la variation (Figure 40).

Sur le plan 1-2, excepté la 1FV, représentée négativement le long de l'axe 1, toutes les variables de la phénologie et certaines variables morpho-métriques (NBP, Ngr/P, Pgr/P, PGR/PG, NTG, PMG) contribuent à la formation de l'axe 1 négativement avec la population AH1 possédant les plus grandes valeurs, et positivement par LEN et 1FV pour les populations AH4 et AH3, respectivement. L'axe 2 apporte 17,19% de l'information totale et est porté positivement par le nombre d'entre-nœuds représenté par la population H2 (Figures 41 et 42).

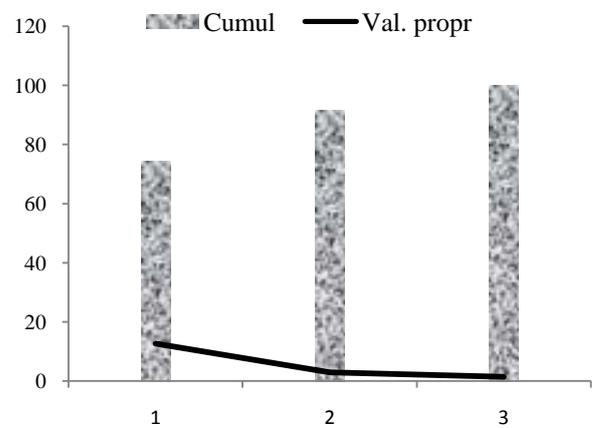


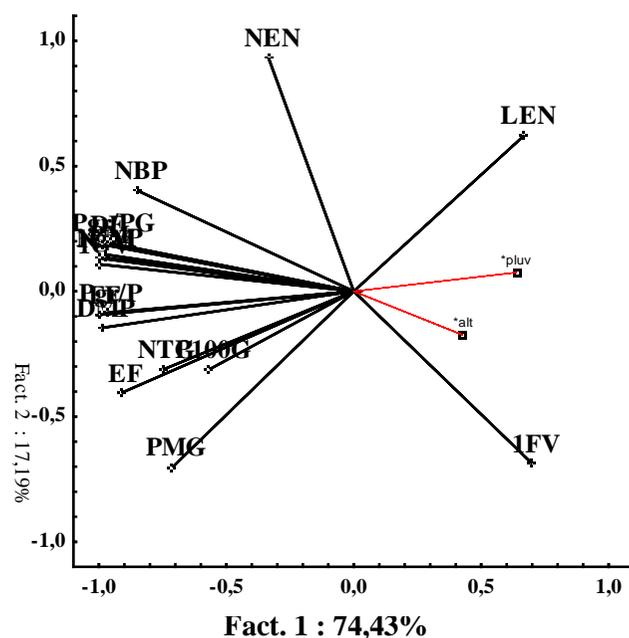
Figure 40. Analyse en composantes principales. Valeurs propres d'*A. hamosus*.

Il existe des relations positives entre les variables de la phénologie et celles relatives au nombre de graines et leurs poids par plant (Ngr/P, Pgr/P) ainsi que le rapport PGR/PG (Annexe 2.21). Une floraison précoce indique que tous les paramètres phénologiques qui la suivent le sont également, mais ceci induit des graines par plant plus nombreuses et plus lourdes. Par ailleurs, il semble que les populations provenant des régions recevant plus de pluies possèdent les gousses les plus lourdes. La population H4 constitue un groupe à part et s'individualise par les plus faibles valeurs de la phénologie ainsi que celles des variables BNP, NTG, P100G, PMG et s'oppose à la population H1 qui forme à elle seule un groupe et porte les plus importantes moyennes des caractères cités. Les populations H2 et H3 possédant des valeurs intermédiaires pour la majorité des paramètres, elles affichent les moyennes extrêmes pour LEN (AH3) et respectivement, les branches les plus nombreuses et les gousses les plus lourdes.

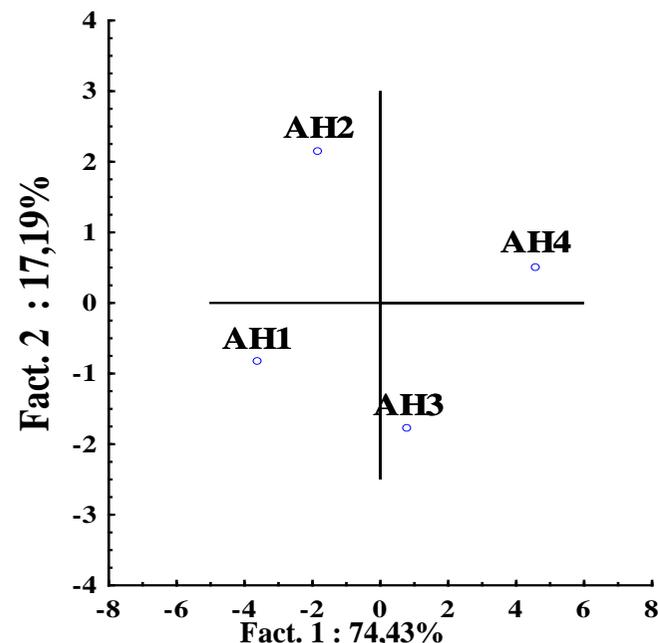
**Tableau 15.** Moyennes des caractères des populations étudiées d'*Astragalus hamosus*.

Populations	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
AH1	22,33b	112,60a	136,00a	104,2a	122,47a	18,27a	31,80a	152,93a	2,93ab	4,01b	9,07a	240,33a	6,62c	1,87	4277,94a	7,996a	0,50a
AH2	21,33c	112,20a	135,33a	103,93a	121,2b	17,27b	31,40a	150,47b	3,40a	5,24ab	9,73a	187,67b	7,16b	1,58	3712,69a	5,873b	0,46b
AH3	23,07a	111,00b	133,00b	102,53b	120,07c	17,53ab	30,47ab	149,20c	2,60ab	3,47b	8,8a	176,40b	7,92a	1,77	2589,55b	4,584c	0,36c
AH4	23,2a	109,93b	131,13c	101,13c	117,13d	16,00c	30,00b	145,60d	2,07b	7,12a	9,07a	170,50b	4,91d	1,48	2052,82b	3,039d	0,33d

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plante (jours) ; NBP : nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes sur les colonnes indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 41.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations d'*A. hamosus*.



**Figure 42.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations d'*A. hamosus* basée sur les caractères morpho-phénologiques.

## 2.5.2. Etude de la variabilité interspécifique des Fabacées

### 2.5.2.1. Analyse de la variance

Les résultats des analyses descriptives et de la variance des caractères morphologique et phénologiques des espèces étudiées sont consignés dans les annexes 2.22 et 2.23. L'analyse descriptive a révélé des étendues importantes. Les valeurs du coefficient de variation ont atteint des niveaux très élevés pour les caractères morphologiques.

L'analyse de la variance a fait ressortir des différences très hautement significatives pour tous les caractères étudiés. Pour les caractères phénologiques, l'ordre décroissant des variables les plus discriminantes est: 1GM >1FV >FF> DMP>DF>1GV>EF>PM. Pour la morphologie, les paramètres les plus discriminants sont dans un ordre décroissant: Pgr/PG> PMG >P100G> Pgr/P> NTG>Ngr/P>NEN> LEN>NBP (Annexe 2.23).

La première feuille vraie (1FV) apparaît le plus précocement (9-10 jours) globalement au sein des populations de *M. minima* s'ensuit une gradation et alternance entre les autres espèces jusqu'à un maximum de 26 jours (*M. secundiflora*). La quasi totalité des populations de *M. secundiflora* sont les plus tardives avec 26 jours (Tableau 16a). Le test de comparaison des moyennes a fait ressortir un très grand nombre de groupes (15) attestant d'une large base génétique.

L'apparition de la première gousse verte a lieu environ 85 jours après le semis (*M. minima*, population MM6) ; ce sont les espèces du genre *Medicago* qui sont les plus précoces. Parmi les autres Fabacées, les populations H3 (*H. multisiliquosa*) AH1 (*A. hamosus*), T2 (*T. polycerata*) sont les plus tardives (115, 113 et 112 jours, respectivement) (Tableau 16a). Les gousses mûres précoces caractérisent les populations de *M. minima* (population MM2 avec 96 jours) alors que *H. multisiliquosa* (population H3, 139 jours) suivie d'*A. hamosus* (131 et 135 jours) s'avèrent les plus tardives. Seize groupes de moyennes ont été constitués, ce qui dénote également une très grande variabilité au sein des espèces étudiées. Nous constatons que trois des 6 populations de *H. multisiliquosa* possèdent les moyennes les plus fortes (Tableau 16a).

La période de maturation des gousses (PM) s'étale entre 10 et 36 jours enregistrés respectivement dans les populations MM2 (*M. minima*) et MLA5 (*M. laciniata*). Les autres valeurs oscillent autour de 27 à 30 jours.

Parmi les paramètres de la floraison, le début de la floraison (DF) oscille entre 81,4 jours (MLA3, *M. laciniata*) et près de 108 jours (H3, *H. multisiliquosa*). Neuf groupes de moyennes ont été établis. Les populations d'*H. multisiliquosa* sont les plus tardives (104 à 108 jours) suivies de celles d'*A. hamosus* (de 101 à 104 jours). La fin floraison (FF) varie entre 112 et 141 jours, valeurs qui caractérisent les populations MM4 (*M. minima*) et MLI2 (*M. littoralis*).

Parmi les 13 groupes de moyennes homogènes mis en évidence, quatre populations de *M. minima* possèdent les plus faibles moyennes et à l'inverse, les plus fortes valeurs allant de 139 à 131 jours, sont attribuées communément à *M. littoralis* et *M. secundiflora*. L'étalement de la floraison le plus réduit (16 jours) est observé dans l'effectif d'*A. hamosus* alors qu'il atteint 49,6 jours chez les populations de *M. littoralis* suivi de celui de *M. laciniata* avec 45 à 43 jours, respectivement (Tableau 16a).

La sénescence des plants la plus courte caractérise la population MLA2 (*M. laciniata*), la plus tardive est relative à la population H3 (*H. multisiliquosa*) avec respectivement, 131 et 163,5 jours. Quatorze groupes ont été constitués et les moyennes les plus faibles sont relatives aux espèces du genre *Medicago* alors que les plus importantes et toutes supérieures à 158 jours sont détenues par toutes les populations de *H. multisiliquosa*.

Parmi les caractères morphologiques, le nombre de branche primaires (NBP) est plus élevé (6 branches) globalement dans les populations de *M. secundiflora* (MSEC3) ; à l'opposé *A. hamosus* (Population AH4) affiche le nombre le plus bas (2 branches). Les entre-nœuds (LEN) les plus courts (3,06 mm) caractérisent la population MSEC4 de *M. secundiflora* et atteignent 10 mm dans la population T1 de *T. polycerata*. Les autres valeurs sont autour de 3 à 8 mm avec les espèces du genre *Medicago* ayant globalement les moyennes les moins élevées (Tableau 16b).

Dans une gamme de 5 groupes de moyennes, le nombre d'entrenœuds (NEN) oscille entre des extrêmes de 4,53 (MM1) et 10,87 (H6). Nous avons constaté que globalement, les valeurs élevées (8 à 10) sont détenues par *A. hamosus* et *M. littoralis*, tandis que les valeurs les plus faibles sont détenues par les trois espèces *M. minima*, *T. polycerata* et *M. secundiflora*. Nous avons également comptabilisé entre 56,47 à 453,3 gousses (NTG) dans les populations MLA2 de *M. laciniata* et MSEC3 de *M. secundiflora*, respectivement.

**Tableau 16a.** Moyennes et groupes de moyennes des caractères phénologiques des sept espèces de Fabacées étudiées.

POP.	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP
MLA1	23,20efghi	93,20bc	119,00fg	84,00abc	129,80gh	45,80ghi	32,00defg	145,00h
MAL2	24,20ijkl	87,80ab	120,20fg	84,40abc	124,60d	40,20efgh	31,40defg	131,00a
MAL3	24,80jklmn	87,40ab	116,00e	81,40a	128,80fgh	47,40hi	31,00defg	144,80h
MLA4	24,00hijkl	86,40a	115,40e	81,60a	125,00de	43,40fghi	29,60defg	140,40efg
MLA5	24,20ijkl	90,80ab	119,80fg	82,80abc	130,40hi	47,60hi	36,60h	137,74bcdef
MLA6	25,40lmno	89,40ab	116,60e	86,00cd	126,40def	40,40efgh	27,00d	140,67fg
MLI1	22,60deefgh	99,00cd	121,40gh	91,00e	139,40n	47,60hi	29,80defg	143,27gh
	i							
MLI2	23,00efghi	96,80cd	119,00fg	89,60e	141,00n	<b>49,60i</b>	29,00defg	145,00h
MLI3	23,20efghi	98,80cd	119,00fg	91,80e	131,00hi	39,80efgh	27d,00	134,93bc
MLI4	23,80ghijk	97,20cd	118,80efg	91,40e	131,00hi	39,60efgh	27,40de	134,27bc
MLI5	24,80jklmn	90,40ab	119,00fg	88,60de	128,80fgh	32,40de	30,20defg	134,00b
MM1	21,40cd	93,20bc	104,00b	90,40e	127,60efg	37,20ef	14,20b	137,40bcdef
MM2	10,00ab	90,00ab	<b>96,00a</b>	86,20cd	127,2,def	41,20fgh	9,80a	140,20defg
MM3	9,80ab	87,80ab	110,00d	82,40ab	112,00a	29,00cd	27,60de	137,80bcdef
MM4	10,80b	86,20a	110,00d	83,20abc	112,00a	28,00cd	27,00d	136,67bcde
MM5	<b>9,20a</b>	90,80ab	106,80c	85,40bc	112,00a	38,80efg	21,00c	137,40bcdef
MM6	10,00ab	<b>84,80a</b>	110,00d	86,00cd	112,40a	38,00efg	23,60c	136,40bcde
MSEC1	26,40o	100,80d	124,20i	95,20f	134,00kl	38,80efg	29,40defg	136,60bcde
MSEC2	25,20klmno	101,20d	124,20i	94,80f	135,00lm	40,20efgh	31,60defg	139,00def
MSEC3	26,00mno	96,80cd	125,00i	90,60e	132,80ik	42,20fghi	34,20gh	136,40bcde
MSEC4	26,20no	100,80d	123,00hi	95,00f	136,60m	41,60fgh	28,80def	138,20cdef
T1	23,47fghij	107,67e	119,93fg	89,40e	113,73a	24,33bc	30,40defg	157,00kl
T 2	22,40defgh	112,87ef	127,60j	94,80f	121,20c	26,40cd	32,53efg	155,73jk
T3	23,07efghi	106,80e	120,87fg	90,60e	116,80b	26,46cd	30,27defg	155,47jk
T4	24,13ijkl	110,87ef	128,80j	95,87f	122,40c	26,53cd	32,93fg	154,27jk
T5	22,93efghi	111,67ef	124,60i	95,40f	120,47	25,07bcd	29,20defg	154,13jk
H1	21,73de	110,86ef	133,60lm	104,20gh	125,47de	21,20abc	29,33defg	158,66lm
H2	21,33cd	112,53ef	134,73lmn	105,07hi	126,93def	21,87abc	29,66defg	161,47mn
H3	22,93efghi	<b>115,07f</b>	<b>139,20p</b>	<b>107,93i</b>	130,53hi	22,60abc	31,20defg	163,54n
H4	22,07ef	111,93ef	136,60no	105,80hi	127,07def	21,27abc	30,80defg	160,27lm
H5	21,67de	112,13ef	134,67lmn	103,87gh	125,80de	21,94abc	30,8defg	158,93lm
H6	20,20c	112,07ef	137,53o	105,67hi	128,60fgh	22,93abc	31,86defg	159,67lm
AH1	22,33defg	112,60ef	135,99no	104,20gh	122,47c	18,27ab	31,80defg	152,93j
AH2	21,33cd	112,20ef	135,33mn	103,93gh	121,20c	17,27ab	31,4defg	150,47i
AH3	23,07efghi	111,00ef	133,00l	102,53gh	120,07c	17,53ab	30,47defg	149,20i
AH4	23,20efghi	109,93ef	131,13k	101,66g	117,13b	<b>15,998a</b>	30,00defg	145,60h

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours); 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte ;(jours)1GM : Date à laquelle la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; Les lettres différentes de la même colonne indiquent des différences significatives à 5%.

Les poids des gousses (P100G) oscillent entre des extrêmes de 0,26 et 7,9 g enregistrés dans les populations MSEC1 de *M. secundiflora* et AH3 d'*A. hamosus*, respectivement. La large gamme de moyennes, illustrée par les 20 groupes constitués où 7 populations forment chacune un groupe distinct, met en exergue la grande variabilité de ce paramètre pour lequel *A. hamosus* et *M. laciniata* suivies de *M. littoralis* ont les moyennes les plus importantes (de 3 à 7g) contrairement à *M. secundiflora* et *M. minima* (de 0,23 à 1,35g).

**Tableau 16b.** Moyennes et groupes de moyennes des caractères morphologiques des sept espèces de Fabacées étudiées.

Pop.	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
MLA1	3,60bcdefgh	7,01defg	7,73b	73,01jklmn	5,10d	1,45i	668,89ghij	0,968hi	0,27pqr
MAL2	4,00bcdefghi	5,91abcde	7,93b	56,46n	3,53h	1,53i	491,24hij	0,749hi	0,38m
MAL3	4,73fghijk	4,80abcde	8,13b	70,70jklmn	3,95g	1,22j	572,70hij	0,692i	0,25rs
MLA4	4,53defghijk	4,73abcde	8,67bcd	67,53klmn	5,09d	1,41i	378,19ij	0,533i	0,15t
MLA5	4,07bcdefghij	5,31abcde	7,47b	63,62mn	1,97k	0,92l	636,2hij	0,590i	0,47jkl
MLA6	4,33cdefghijk	4,33abcd	7,73b	70,46jklmn	4,45f	1,50i	648,20hij	0,972hi	0,31op
MLI1	4,93ghijk	4,48abcde	9,13bcd	79,35ijklmn	4,31f	2,18d	404,70ij	0,883hi	0,26qrs
MLI2	5,07ghijk	4,04ab	10,07de	92,5 0hiiijklmn	2,73j	1,44i	483,82hij	0,695i	0,28pqr
MLI3	4,33cdefghijk	4,02ab	7,998b	72,46jklmn	3,99g	2,10de	360,15ij	0,755hi	0,26pqrs
MLI4	4,34cdefghijk	4,99abcde	8,53bc	62,56mn	4,08g	2,10de	320,64j	0,674i	0,26pqrs
MLI5	4,33cdefghijk	5,05abcde	9,07bcd	65,75lmn	3,19i	1,58i	291,29j	0,460i	0,22s
MM1	4,60efghijk	3,80ab	4,53a	98,04 hijklmn	1,98k	1,14jk	519,61hij	0,588i	0,31opq
MM2	4,27cdefghijk	4,40abcde	5,34a	114,71ghijkl	1,17q	0,91l	680,61ghij	0,617i	0,46jkl
MM3	5,73jk	4,17abc	5,53a	126,33ghi	1,26opq	0,94l	711,66ghij	0,671i	0,43l
MM4	5,51ijk	3,77ab	5,13a	154,71efg	1,35opq	0,86l	938,56fgh	0,812hi	0,39m
MM5	5,13hijk	3,50a	4,67a	116,68ghijkl	1,31opq	0,87l	618,40hij	0,541i	0,35mno
MM6	5,47ijk	3,17a	5,07a	104,07hiiijklmn	1,25opq	1,06k	565,44hij	0,598i	0,46jkl
MSEC1	5,13hijk	3,63a	4,80a	284,00c	0,26t	1,92f	284,00j	0,546i	0,74f
MSEC2	5,53ijk	3,73ab	4,87a	380,80b	0,30t	1,98ef	380,80ij	0,885hi	0,78f
MSEC3	5,87k	3,27a	4,87a	453,20a	0,30t	2,07de	453,20hij	0,937hi	0,69gh
MSEC4	5,73jk	3,06a	5,13a	396,00b	0,46s	2,33c	396,00ij	0,785hi	0,43l
T1	2,87abc	10,06h	5,62a	65,74lmn	1,53mn	0,688m	896,31fgh	0,614i	0,61i
T2	4,93ghijk	3,50a	4,89a	123,47hgi	0,96r	0,622m	1255,71f	0,777hi	0,66h
T3	5,67ijk	6,80cdefg	4,6a	138,87fgh	1,62m	0,584m	1726,28a	1,007hi	0,45kl
T4	4,20cdefghijk	3,39a	4,87a	97,00 hijklmn	1,46mno	0,554m	1258,43f	0,691i	0,49jkl
T5	4,20cdefghijk	5,01abcde	4,598a	90,07ijklmn	1,39nop	0,658m	1110,27fg	0,730hi	0,58i
H1	4,20cdefghijk	8,86fgh	7,87b	105,87hiiijklmn	1,27opq	2,33c	758,01ghij	1,768fg	1,31b
H2	5,07ghijk	6,80cdefg	8,87bcd	113,94ghijkl	1,83kl	2,45c	845,41hgi	2,070f	0,99d
H3	4,93ghijk	5,41abcde	8,33bc	94,4 0hiiijklmn	1,80kl	2,38c	681,57ghij	1,623fg	0,95e
H4	3,20abcdef	6,93defg	7,67b	108,00hiiijklm	1,77l	1,72h	781,92ghij	1,345gh	0,70g
H5	4,00bcdefghi	6,43bcde	8,33bc	117,47ghij	1,94kl	2,75b	906,85fgh	2,493e	1,09c
H6	3,00abcde	8,90gh	10,87e	88,53ijklmn	1,53mn	2,88a	639,20hij	1,84f	1,36a
AH1	2,90abcd	4,00ab	9,07bcd	240,33d	6,62c	1,87fg	4277,94a	7,99a	0,50j
AH2	3,4abcdefg	5,24abcde	9,73cd	178,67e	7,16b	1,58i	3712,69b	5,87b	0,46jkl
AH3	2,60ab	3,47a	8,8bcd	176,4e	7,92a	1,77gh	2589,55c	4,58c	0,33no
AH4	<b>2,07a</b>	7,12efg	9,0bcd	170,5ef	4,91e	1,48i	2052,82d	3,039d	0,36mn

NBP: Nombre de rameaux primaires; LEN : Longueur moyenne des entre-nœuds (mm) ; NEN : Nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : Nombre total de gousses par plant ; PMG : Poids de 1000 graines (grs) ; P100G : Poids de 100 gousses (grs) ; . Les lettres différentes dans la même colonne indiquent des différences significatives à 5%.

Nous avons enregistré des poids des graines (PMG) les plus importants au sein de 5 sur les 6 populations de *H. multisiliquosa* avec un maximum de 2,88 g (H6), suivies des moyennes des populations de *M. secundiflora* et *M. littoralis* (1,98-2,33 ; 1,58-2,18g). Par contre, les valeurs les plus faibles sont relatives aux populations de *T. polycerata* avec un minimum de 0,55g, suivie directement de celles de *M. minima* (0,86-1,14 g) (Tableau 16b).

Il existe une nette différence entre les espèces concernant la production de semences par plant qui oscille entre des maxima de 4277 à 1000 dans les populations d'*A. hamosus* et *T. polycerata* alors que les plus faibles, près de 300 à 500, caractérisent respectivement *M. secundiflora* et *M. littoralis*. Le poids des graines par plant suit la même tendance avec des moyennes maximale (8g) notées dans les populations d'*A. hamosus* et *T. polycerata*, les plus faibles sont celles de *M. littoralis* (Population MLI5, 0,46g) suivie de celles des autres espèces de *Medicago*. La part des graines (PGR/PG) par rapport au poids total des gousses oscille fortement, les valeurs les plus importantes (1,36 à 0,5) ont été enregistrées consécutivement dans *H. multisiliquosa*, *M. secundiflora* suivies de *T. polycerata*. Les plus faibles moyennes sont détenues globalement par les luzernes annuelles avec un minimum de 0,155 (MLA4, Tableau 16b).

### **2.5.2.2. Analyse multivariée**

#### **2.5.2.2.1. La matrice des corrélations**

La matrice des corrélations extraite dans le tableau 17 met en relief des relations très fortes et positives entre les paramètres de la phénologie. La lecture de cette matrice nous permet de conclure qu'un démarrage hâtif en végétation entraîne une floraison et une fructification précoces et ainsi, une sénescence précoce. En revanche, l'étalement de la floraison devient plus important. Le nombre de branches est lié négativement et significativement à la formation et murissement des gousses (1GV, 1GM ; PM), à la fin de la floraison et la mort des plants (DF, DMP), ainsi qu'aux mensurations des entre-nœuds (LEN, NEN) et aux poids des gousses et graines. De ce fait, les populations avec de nombreuses branches ont des cycles de vie plus courts, des dimensions plus petites et des poids des gousses et graines plus légers. Le nombre de gousses semble aller dans le même sens que certains paramètres de la phénologie (1G, 1GM et DF) mais après la floraison, cette relation s'inverse avec la fin floraison et sa durée. Les gousses les plus lourdes sont issues des populations ayant peu de branches mais des entre-nœuds plus nombreux.

Le poids des graines est corrélé positivement aux paramètres de la phénologie (1G, 1GM, DF, DMP), à la morphologie (LEN, NEN) et au P100G mais indique un nombre d'entre-nœuds (NBP) faibles. Les paramètres de production (Ngr/P, Pgr/P, PGR/PG) sont d'autant plus importants que toute la phénologie (mis à part la durée de floraison) est étalée. L'altitude a une incidence positive sur l'apparition de la première gousse verte et le début de la floraison.

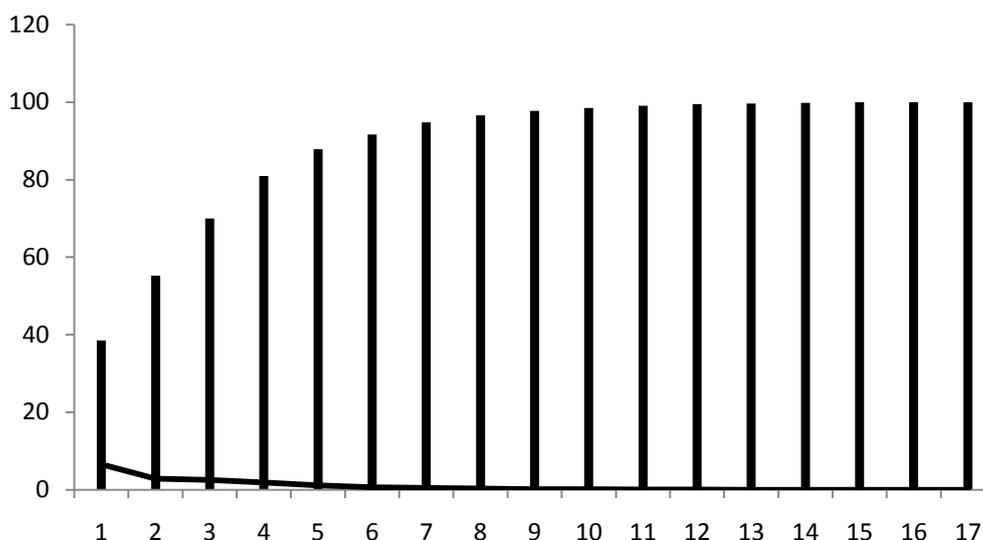
**Tableau 17.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations des sept espèces de Fabacées étudiées.

	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	PGR/PG	Alt.
1FV	1,000																	
1GV	<b>0,342</b>	1,000																
1GM	<b>0,513</b>	<b>0,844</b>	1,000															
DF	0,256	<b>0,908</b>	<b>0,856</b>	1,000														
FF	<b>0,596</b>	0,016	0,164	0,111	1,000													
EF	0,071	<b>-0,759</b>	<b>-0,634</b>	<b>-0,749</b>	<b>0,517</b>	1,000												
PM	<b>0,592</b>	<b>0,373</b>	<b>0,704</b>	0,253	0,153	-0,181	1,000											
DMP	0,145	<b>0,837</b>	<b>0,702</b>	<b>0,724</b>	-0,117	<b>-0,690</b>	0,305	1,000										
NBP	-0,211	<b>-0,424</b>	<b>-0,416</b>	<b>-0,410</b>	0,156	<b>0,490</b>	-0,155	<b>-0,354</b>	1,000									
LEN	0,149	<b>0,382</b>	<b>0,375</b>	0,314	-0,126	<b>-0,399</b>	0,230	<b>0,561</b>	<b>-0,518</b>	1,000								
NEN	0,276	0,205	<b>0,477</b>	<b>0,352</b>	0,319	-0,146	0,324	0,232	<b>-0,535</b>	<b>0,371</b>	1,000							
NTG	0,186	0,140	0,174	0,204	0,220	0,001	0,150	-0,161	0,314	<b>-0,374</b>	<b>-0,349</b>	1,000						
P100G	0,215	0,051	0,200	0,091	-0,024	-0,138	0,152	-0,020	<b>-0,593</b>	0,009	<b>0,656</b>	-0,251	1,000					
PMG	<b>0,331</b>	0,323	<b>0,555</b>	<b>0,578</b>	<b>0,563</b>	-0,101	0,226	0,177	-0,095	0,199	<b>0,563</b>	0,263	0,107	1,000				
Ngr/P	0,007	<b>0,497</b>	<b>0,430</b>	<b>0,452</b>	<b>-0,368</b>	<b>-0,634</b>	0,186	<b>0,362</b>	<b>-0,504</b>	0,018	0,234	0,142	<b>0,591</b>	-0,086	1,000			
Pgr/P	0,076	<b>0,518</b>	<b>0,559</b>	<b>0,596</b>	-0,156	<b>-0,604</b>	0,214	<b>0,362</b>	<b>-0,540</b>	0,062	<b>0,451</b>	0,205	<b>0,636</b>	0,275	<b>0,920</b>	1,000		
PGR/PG	0,030	<b>0,604</b>	<b>0,591</b>	<b>0,667</b>	0,050	<b>-0,491</b>	0,221	<b>0,648</b>	-0,061	<b>0,491</b>	0,065	0,167	<b>-0,454</b>	<b>0,506</b>	-0,021	0,134	1,000	
*Alt.	0,075	<b>0,354</b>	0,206	<b>0,382</b>	0,094	-0,204	-0,087	0,234	0,142	-0,120	-0,217	0,193	-0,157	0,120	0,022	0,012	0,146	1,000
*Pluv.	-0,144	0,164	0,104	0,191	-0,250	-0,263	-0,060	0,078	0,309	-0,221	-0,230	0,279	-0,077	0,034	0,178	0,140	0,093	<b>0,443</b>

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. Les lettres différentes dans la même colonne indiquent des différences significatives à 5%..<sup>1</sup> : variable supplémentaire. R<sup>2</sup> = 0,331à 5% ; R<sup>2</sup> =0,427 à 1% ; R<sup>2</sup> = 0,528 à 0,1%

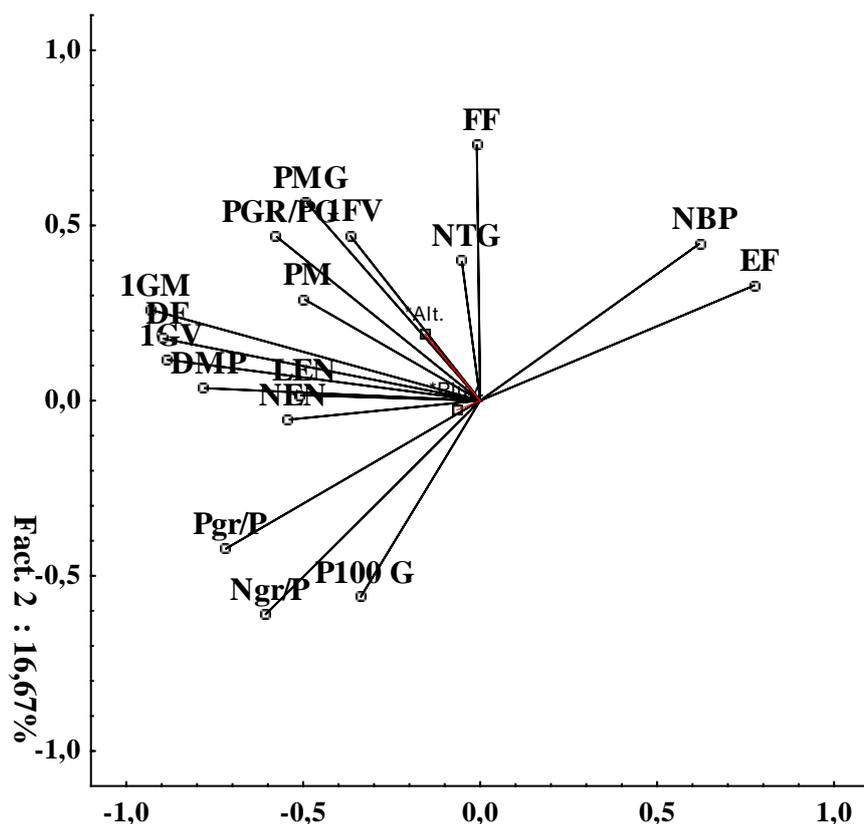
### 2.5.1.8.2.2 Analyse en composante principales

L'étude des valeurs propres a fait ressortir que l'axe 1 rapporte 38,57% de l'information, alors que les axes 2 et 3 rapportent 16,67 et 14,80% respectivement, ce qui donne des cumuls de 55,24% et 70% de l'information globale. Un cumul progressif jusqu'au 17<sup>ème</sup> axe ramène l'information totale (Figure 43).



**Figure 43.** Analyse en composantes principales. Valeurs propres .  
des espèces des sept Fabacées étudiées.

La contribution des axes pour l'explication des variables a montré que les variables 1GM, DF, 1GV, DMP, Pgr/P, PGR/PG et accessoirement LEN, NEN et PM contribuent à former négativement l'axe 1 ; alors que EF et BNP contribuent à le former positivement. L'axe 2 explique les paramètres FF et PMG qui contribuent à le constituer positivement ; et négativement par Ngr/P. Le P100G, 1FV et NTG ne sont visibles que dans le plan 1-3. Les deux variables supplémentaires (Altitude et pluviométrie) sont représentées au mieux dans les plans 1-4 et 1-6 positivement pour l'altitude et négativement pour la pluviométrie (Figure 44).

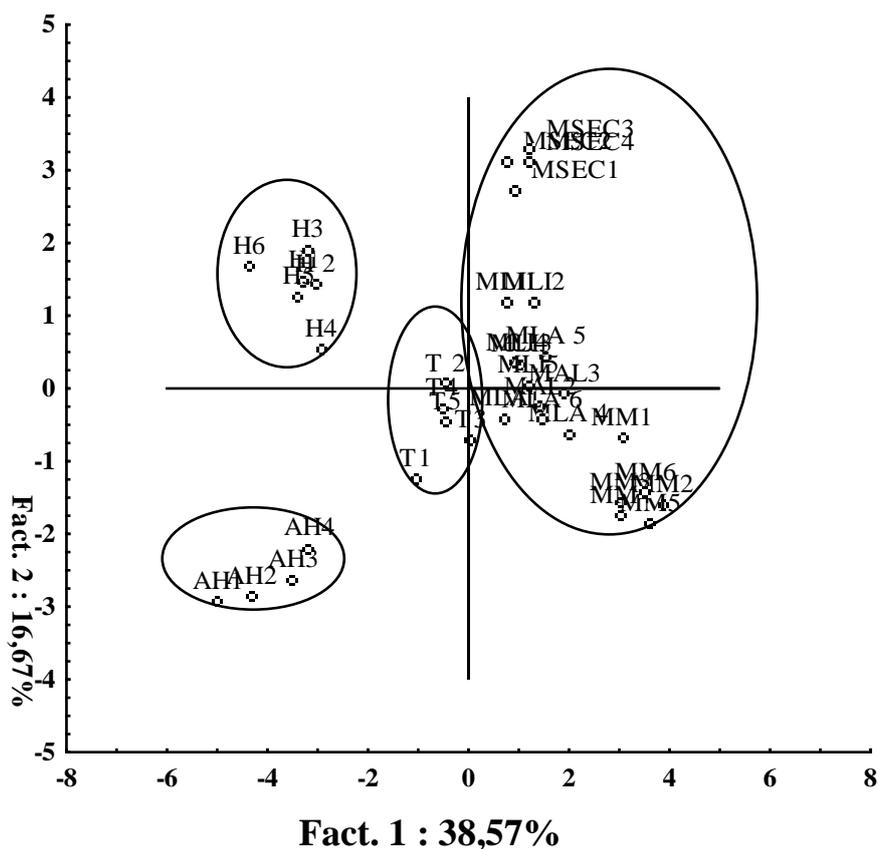


### Fact. 1. 38,57%

**Figure 44.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des variables morpho-phénologiques des sept espèces de Fabacées étudiées.

Sur le plan 1-2, la distribution des individus représentés par les populations des différentes espèces étudiées (Figure 45) montre l'existence des groupes est comme suit :

Les populations d'*H. multisiliquosa* ont les moyennes les plus fortes de 1GV, 1GM, DF, DMP, PGR/PG et PMG, alors qu'*A. hamosus* détient les meilleurs valeurs des poids des gousses et des graines ainsi que leurs poids par plant (P100G, Pgr/P, Ngr/P). *M. laciniata*, *M. littoralis*, *M. minima* et *M. secundiflora* possèdent des branches nombreuses et des périodes de floraison étalées (BNP, EF). Dans ce groupe, *M. secundiflora* et particulièrement *M. minima* s'individualisent respectivement par la phénologie principalement le départ en végétation (1FV), certaines mensurations, un PMG un P100G réduits mais une fin floraison et un nombre de gousses (NTG) les plus élevés. Les populations de *T. polycerata* ont des moyennes intermédiaires entre les maxima et les minima enregistrés pour la majorité des paramètres étudiés.



**Figure 45.** Distribution des sept espèces de Fabacées étudiées basée sur les caractères morpho-phénologiques.

### 2.5.3. Discussion

De nombreuses recherches sur la caractérisation et l'évaluation des espèces spontanées à intérêt pastorale et/ou fourrager ont été entreprises à travers le monde avec pour objectifs l'étude de la variabilité, l'identification des qualités intrinsèques et les caractéristiques adaptatives des écotypes. Les retombées sont nombreuses et drainent, par le biais de l'introduction des écotypes les plus performants, vers l'amélioration des systèmes herbagers, l'intensification par leur mise en culture et leur utilisation dans l'aménagement des systèmes agropastoraux des zones marginales ou menacées par l'érosion et la désertification.

Les résultats de la recherche de Cremer-Bach (1992) sur l'évaluation des écotypes locaux de quelques espèces du genre *Medicago* dans deux sites agro-écologiques du Maroc, montrent que *M. aculeata* est la première espèce à fleurir (76 jours), suivie de *M. polymorpha*. Il apparaît également que dans un des deux sites (El Koudia) proche du littoral, les différences de précocités entre les espèces sont moins importantes qu'à Had Ghaoulem où le début de floraison moyen se situe à 84 jours après le semis. Ces résultats sont inférieurs aux nôtres (81,4 à 108 jours) qui concordent avec ceux de Del Pozo *et al.* (2002) qui citent des floraisons allant de 78 à 124 jours pour des accessions de *M. polymorpha* du Chili. Ils indiquent

également que les espèces originaires des régions per-humides ont des floraisons tardives avec un développement hivernal lent mais produisant une biomasse plus importantes contrairement à celles provenant des zones arides. En revanche, les populations tunisiennes de *M. laciniata* ont été bien plus précoce (48,83 à 56,50 jours) contrairement aux populations de *M. truncatula* dont les premières fleurs étaient formées après 61 à 68,83 jours (Badri *et al.*, 2004).

Sur 54 populations naturelles de cette dernière espèce prospectées en Algérie et testées dans deux zones agro-écologiques, Si Ziani et Abdelguerfi (1995) ont constaté qu'en région subhumide, la floraison oscille entre 104 et 127 jours alors qu'en milieu semi-aride elle a lieu plus hâtivement (103 à 116 jours). Au Maroc, El Hansali *et al.* (2007) ont rapporté que les populations de *M. truncatula* provenant des régions d'altitude moyenne à forte et à pluviométrie moyenne ont des plantes plus vigoureuses à floraison et fructification précoces. Par contre, les populations originaires des régions de faibles à moyennes altitudes et à pluviométrie forte sont caractérisées par un développement végétatif faible et une mise à fleur et à fruit tardive.

Une autre étude a fait ressortir que le cultivar "Cauquenes INIA" de *Medicago polymorpha* testé, dans une région isoclimatique méditerranéenne subhumide du Chili a fleuri le premier (97 jours) avant les autres Fabacées étudiées (*Ornithopus*, *Biserrula* et *Trifolium*) qui ont émis leurs premières fleurs entre 101 et 124 jours (Ovalle *et al.*, 2000) ; contrairement aux dix populations tunisiennes de *Medicago truncatula* testées en France, pour lesquelles le début de floraison se situe entre de 37,5 et 52,8 jours seulement (Azrek Ben Friha, 2008). Testées en milieu tunisien, ces populations sont plus tardives (près de 50 à 90 jours). Crawford (1989) a indiqué que la période de floraison varie de 62 à 148 jours pour les accessions de *M. truncatula* provenant du bassin méditerranéen et évaluées dans le sud de l'Australie.

Le suivi *in situ* dans la région de Calden (Argentine) a fait ressortir que la phénologie de *Medicago minima* est plus allongée avec un début de floraison de 153 jours et une formation des gousses vertes et mures allant jusqu'à 162 et 195 jours après la levée (Fresnillo Fedorenko *et al.*, 1996) comparée à nos résultats (85,6 ; 88,8 et 106,13 jours en moyenne).

Pour cette même espèce, Fedorenko *et al.* (2004) ont remarqué que la floraison est plus précoce (près de 89 jours) parmi les populations naturalisées de l'ouest d'Australie par rapport à celles originaires de la région Méditerranéenne et d'Argentine. Il en résulte aussi

que dans les deux groupes de populations, les graines les moins dures proviennent des basses altitudes.

L'influence du milieu est décisive dans le comportement des plantes qui tendent à raccourcir leur cycle dans un milieu à climat capricieux. Ainsi, sur plusieurs Fabaceae évaluées dans certains sites (côtier, intermédiaire et aride) à Tel Hedaya (Syrie), des délais de floraison en 153 à 160 jours pour *Medicago minima* ; en 158 à 167 jours pour *Hippocrepis unisiliquosa*, en 160 à 164 jours pour *Astragalus hamosus* ; et en 155 à 156 jours pour *Trigonella monspeliaca* ont été rapportés (Ehrman et Cocks, 1996). Ces résultats sont globalement plus importants que ceux de la présente étude où les floraisons sont plus précoces (85,6 ; 105,4 et 103 jours) pour respectivement *Medicago minima*, *Hippocrepis multisiliquosa* et *Astragalus hamosus* respectivement. Les populations de cette espèce originaires d'Égypte testées en deux saisons consécutives, ont montré une floraison plus précoce intermédiaires (122 jours) par rapport à ceux originaire de Syrie (153 jours) avec une période maturation des gousses de 44 à 49 jours (El-Sahhar *et al.*, 2013). Les quatre accessions d'*A. hamosus* testées dans la région d'Ottava (Sardaigne) affichent une floraison, en moyenne, de 122 jours (Meloni *et al.*, 2000).

D'autre part, *M. lupulina*, proche de *M. secundiflora*, testée dans 10 sites dans la vallée de Weka Pass (Nouvelle Zélande) montre une floraison de 10,42 à 16,53 jours après le 15 octobre (printemps), la plantation étant faite en avril (Dunbier, 1972). Alors que les populations de *M. ciliaris* originaires du semi-aride, du subhumide et de l'humide fleurissent respectivement, en moyenne, 120, 122-123 et 126-127 jours après la levée (Abdelguerfi et Laouar, 2000). Des populations spontanées de *Medicago intertexta*, *M. ciliaris* et *M. orbicularis* évaluées en conditions naturelles dans une zone subhumide affichent des débuts et fins de floraison de 88, 73 ; 96 et 132, 117 et 138 jours ; l'étalement étant de 44 et 42 jours pour la troisième espèce. Les résultats ont révélé que le début de la formation des gousses s'est produit en 97, 79 et 103 jours (Yahiaoui et Abdelguerfi, 2000).

Les longueurs des axes orthotropes des populations de *M. laciniata* et *M. truncatula* originaires de Tunisie, variaient de 39 à 51,33 et de 11,08 à 40,58 cm, respectivement (Badri *et al.*, 2004). Pour la seconde espèce, les mesures vont jusqu'à 20,43 et 73 cm sur les dix populations tunisiennes testées en France (Azrek Ben Friha, 2008). Les axes plagiotropes des deux espèces citées ci-dessus sont de 68,08 à 137,08 cm (Badri *et al.*, 2004). Une autre investigation (Badri *et al.*, 2013) a montré la performance d'une lignée algérienne (DZA315.1) issue d'une collection australienne. Ses tiges ont atteint 36,90 cm contrairement

à celles des populations de *M. laciniata* et *M. truncatula* qui ne dépassent pas 24,38 et 31,03 cm en fin de cycle.

Les tiges de plants de différentes populations sardes de *Medicago polymorpha*, mesurent en période de la floraison, entre 42 et 63 cm (53 cm en moyenne) (Bullitta *et al.*, 1994).

Meloni *et al.* (2000) ont rapporté, sur 4 accessions d'*Astragalus hamosus* de Sardaigne, des hauteurs maximum des tiges culminant à 58 cm avec un minimum de 51 cm, alors qu'El-Sahhar *et al.* (2013) ont rapporté 64,34 cm et 34,15 cm pour les populations originaires d'Égypte et de Syrie, respectivement. Suivant cette étude, les plants d'*Astragalus hamosus* comportent à maturité, respectivement 17,6 et 15,4 entrenœuds dont la longueur est de 14,3 et 7 mm ; le nombre de branches étant respectivement de 5,20 et 6.

Pour cette espèce, nos résultats sur les poids des graines (PMG) ne sont que de 1,68g en moyenne alors que ceux cités par Meloni *et al.* (2000) varient de 2,2 à 3,5g et le nombre de gousses est bien plus important (438 et 910) que ceux de notre étude et qui sont de 191,5 en moyenne.

Chebouti et Abdelguerfi (2004) ont dénombré en moyenne 8,6 ; 11,25 et 10,02 entrenœuds et 9,8 ; 11,68 et 10,98 branches primaires pour des populations de *M. aculeata*, *M. orbicularis* et *M. truncatula* respectivement, en fin du cycle végétatif. Pour cette dernière espèce, les résultats des mêmes caractères sont similaires (9,54 en 2003 et 5,1 en 2004) à ceux concernant la F6 issue d'un croisement d'une lignée algérienne avec le cultivar Jemalong-6 de *Medicago truncatula* testée à Lusignan (France). Durant les mêmes périodes et site, les entrenœuds étaient plus nombreux (16,5 et 14,8) (Julier *et al.*, 2007). Cette même étude a démontré de faibles performances de *M. littoralis* originaire de l'ex-Yougoslavie et de France du point de vue taille des tiges, avec 18,9 et 45,5 cm respectivement par rapport à celles provenant d'Égypte (64,8 cm), de Lybie (66,5 cm) et de Grèce (76,0 cm). Les populations de cette espèce possèdent un nombre de branches primaires de 7 et 9 pour les deux premières populations citées de *M. littoralis* et de 5,7 ; 4 et 9,3 pour les autres.

Dans 10 populations de *M. intertexta* testées en zone humide, Laouar et Abdelguerfi (1999) ont enregistré un nombre de gousses par plant allant de 81,27 à 179,2 et un poids de mille graines variant de 2,97 à 8,69 g. Chebouti *et al.* (2001), lors d'un essai de l'effet du stress hydrique sur le comportement de *Medicago aculeata*, *M. orbicularis* et *M. truncatula*, ont noté, respectivement 115,4 à 121,9 et 152,1 gousses pour deux plants non stressés. Dans une précédente étude, Chebouti et Abdelguerfi (2000) ont compté entre 115,4 et 287,4 avec une

moyenne de 162,9 gousses pour deux plants de quatre populations de *Medicago truncatula*. Sur six populations de cette espèce, Mefti *et al.* (2001) ont noté que le nombre de gousses pour deux plants non soumis au stress hydrique oscille entre 30,8 et 146,2 avec une moyenne de 89,9.

Cremer-Bach (1992) a noté, sur plusieurs espèces du genre *Medicago* natives du Maroc, des poids de mille graines allant de 1 à 13 g. Ainsi, *M. aculeata* se distingue significativement de toutes les autres espèces par un PMG moyen important (8,3 g). *M. murex* diffère des espèces à petites graines (*M. tornata* et *M. truncatula*) par son PMG moyen qui est de 5,4 g. *M. polymorpha* présente la plus grande amplitude de variation qui va de 1,8 à 13,0g.

Parmi différentes légumineuses évaluées dans trois sites d'Italie (Perugia, Grosseto et Sassari) durant trois périodes, les poids des graines se situaient entre 4,35 et 6,03 g pour *Medicago polymorpha* ; 1,19 et 3,23 g pour trois écotypes de *M. arabica* et 1,79 et 5,69 g pour *M. rigidula* (Bullitta *et al.*, 1995). Dans un précédent travail, Bullitta *et al.* (1994) ont trouvé que le nombre de gousses par plant des populations sardes de *M. polymorpha* varie entre 40 et 599 (331 en moyenne) ; le poids des graines va de 1,3 à 4 g (2,4 g en moyenne). Sur cette même espèce, Mefti (2001) mentionne un poids de 100 gousses variant de 1,57 à 12,86 g.

Abdelguerfi (2001) a étudié les caractéristiques de la vigueur hivernale et printanière et de floraison au niveau de 186 populations de *M. polymorpha* collectées à travers l'Algérie et a indiqué, qu'au stade juvénile, 23% des plants ont 4-5 feuilles et seulement 2% ont 5-7 feuilles. Pour les populations précoces et tardives durant le printemps, les tailles des plants culminent à 73,1 et 11 cm pour le développement en largeur avec des minima de 48,6 et 6,2 cm en moyennes. La floraison a lieu généralement le 30 mars avec 37% de l'effectif entre le 20 et le 30 mars et 45% du 30 mars au 9 avril. La fin de la floraison survient le 10 mai pour 96% des 'lignées' étudiées et le dessèchement, entamé le 28 avril (<10%), est total pour 50,5% de l'effectif.

Globalement, la présente étude a fait ressortir des relations significatives et négatives entre la pluviométrie et les variables morpho-métriques (vigueurs et développement en hauteur et en largeur) des plants. Ce facteur du milieu est relié positivement aux variables phénologiques (floraison) ce qui permet de conclure que les populations issues des milieux les plus arrosés ont un développement hivernal et printanier réduit mais des floraisons tardives et vice-versa. Ceci faciliterait l'utilisation de la biomasse verte comme aliment des animaux pendant une plus grande période.

## **2.5.4. Etude de la variabilité intraspécifique des Poacées**

### **2.5.4.1. Etude de la variabilité intraspécifique de *Lolium rigidum***

#### **2.5.4.1.1. Analyse de la variance**

Les étendues sont moyennes dans le cas des caractères morpho-métrique et les coefficients de variation ont atteint 31% (NTP et LODF) mais sont sensiblement plus bas pour la phénologie (Annexe 2.24).

Hormis la longueur de l'épi (LEP), des différences significatives sont mises en évidence pour NTP, hautement significatives pour LODF et très hautement significatives pour les autres variables. Les variables relatives à la phénologie sont plus discriminantes que celles liées à la morphologie dont les valeurs croissantes de F sont:

FF>MEP>DF>PE>DMP>DE>EF>NEP>LP>LADF>LODF>NTP>LEP (Annexe 2.25).

Il apparaît que la population LO1 soit la plus précoce avec 82,4 ; 93,2 ; 90,8 ; 112,2 ; 120,2 et 139,6 jours pour l'épiaison (DE, PE), la floraison (DF, FF), la maturation des épis (MEP) et la sénescence (DMP), respectivement. A partir de la floraison, elle est suivie par la population LO5 alors que la population LO2 secondée par LO3 sont les plus tardives avec 102-105, 127, 25 (EF), 132,2 et 143,2-104,2 jours respectivement (Tableau 18).

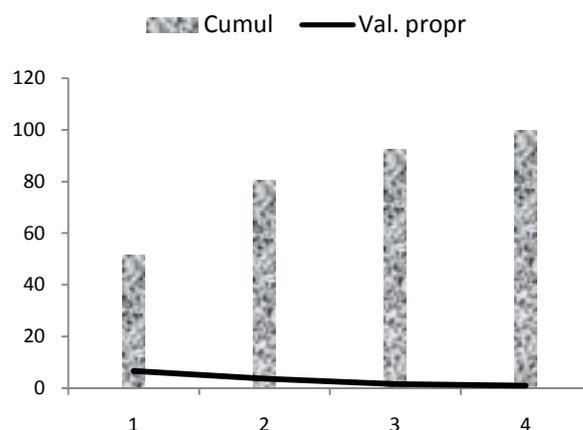
Les mensurations des plants sont différemment plus importantes et il semble que les feuilles soient plus grandes dans la population LO1 avec 16,06 cm et 5,46 mm (LODF et LADF, respectivement). Les plus faibles mesures (8,46 cm et 3,80mm) ont été enregistrées dans la population LO5. Les nombres de talles (NTP) les plus élevés (7,20 ; 6) sont consignés dans les populations LO4 et LO5 et les plus faibles (4,20 ; 5) dans les populations LO2 et LO1, respectivement.

Cette dernière est dotée également des plants les plus petits (59,2cm) alors que LO5 en possède les plus grands avec 91,73 cm et le nombre d'épillets le plus bas (18,88).

### 2.5.4.1.2. Analyse en composantes principales

L'axe 1 qui absorbe 52%, avec l'axe 2, apporte près de 81% de l'information globale ; ce qui permet une bonne distribution des variables (Figure 46).

Toutes les variables de la phénologie contribuent négativement à la constitution de l'axe 1 alors que la taille des feuilles (LODF, LADF) contribue positivement à la formation des axes 1 et 2.



**Figure 46.** Analyse en composantes principales. Valeurs propres de *L. rigidum*.

Ce dernier apporte 29,03% de l'information et est porté négativement par les mesures morphologiques NTP, LP et LEP et positivement par le nombre d'épillets (NEP) (Figure 47).

L'altitude et la pluviométrie sont représentées, négativement, au niveau des axes 3 et 4.

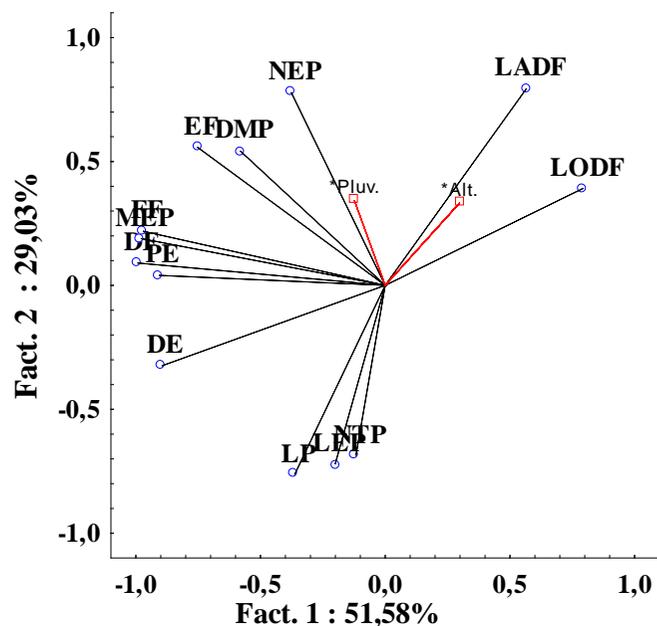
La distribution des individus a mis en évidence l'existence de 3 groupes où les populations LO1 et LO5 forment chacune un groupe distinct (Figure 48). La première population affiche les mensurations foliaires les plus grandes et s'oppose à LO5 qui possède les plants parmi les plus grands et ayant les talles les plus nombreuses.

Le groupe trois, constitué des populations LO2, LO3 et LO4 est caractérisé par les paramètres les plus tardifs ainsi que le nombre d'épillets le plus important. D'autre part, les corrélations les plus significatives montrent que certains caractères de la phénologie (floraison et épiaison) sont positivement liés entre eux. Les populations originaires des sites recevant le plus de pluies produisent des talles plus nombreuses et celles ayant une floraison plus étalée produisent plus d'épillets (Annexe 2.26).

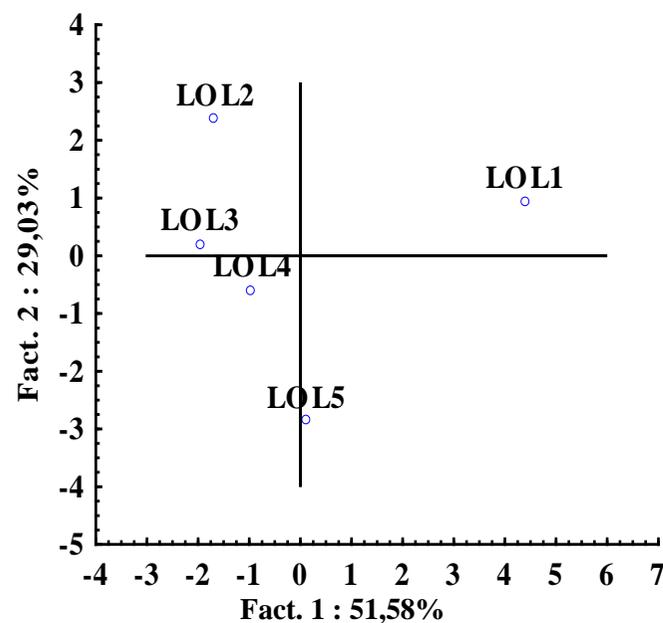
**Tableau18.** Moyennes des caractères des populations étudiées de *Lolium rigidum*.

Populations Caractères	NTP	LP	LODF	LADF	LINF	NEP	DE	PE	DF	FF	EF	MEP	DMP
LO1	5,00ab	59,20c	16,06a	5,46a	20,49a	21,20b	82,40c	93,20e	90,80d	112,20d	21,60b	120,20d	139,60c
LO2	4,20b	68,86bc	9,56b	5,06ab	18,96a	25,65ab	88,20b	102,40b	102,80a	127,40a	24,60a	132,20a	143,20a
LO3	5,40ab	73,27b	11,33b	4,13c	22,63a	31,46a	88,80b	105,00a	102,20a	127,20a	25,20a	132,20a	140,20c
LO4	7,20a	66,4bc	10,63b	4,46bc	22,36a	26,14b	90,60a	98,20d	101,00b	124,80b	23,60a	130,00b	141,60b
LO5	6,00ab	91,73a	8,46b	3,80c	22,00a	18,88c	88,60b	100,60c	98,20c	119,20c	21,20b	126,20c	140,00c

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants(cm); LODF : Longueur de la feuille(cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison(jours);MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours). Les lettres différentes des mêmes colonnes indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 47.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de *Lolium rigidum*.



**Figure 48.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations de *Lolium rigidum* basée sur les caractères morpho-phénologiques.

## 2.5.4.2. Etude de la variabilité intraspécifique de *Cutandia dichotoma*

### 2.5.4.2.1. Analyse de la variance

A travers les résultats de l'analyse descriptive, nous avons pu constater que les paramètres de la phénologie sont dotés de coefficients de variation ne dépassant pas 6%, à l'inverse de la morphologie pour laquelle ils sont au dessus de 20% (jusqu'à 33% pour NTP), sauf pour LADF (7,22%) (Annexe 2.27).

Toute la phénologie est variable entre les populations étudiées et des différences très hautement significatives ont été décelées. Les caractères les plus discriminants étant liés à la sénescence (DMP) et la fin de la floraison suivis de l'épiaison (PE) et la maturation des épis (MPE). Pour la morphologie, la taille des plants et la longueur des épis sont les paramètres qui différencient entre les populations (Annexe 2.28). L'ordre décroissant des valeurs de F sont : DMP>FF>PE>MEP>DF>DE>LINF>LP>NEP>EF>LODF>NTP>LADF. Les moyennes extrêmes de tous les paramètres de la phénologie ont été relevées dans les populations CUT2 pour les valeurs maximales (87,20 ; 97,20 ; 91,40 ; 117,20 ; 117,60 ; 125,80 jours) et CUT3 pour les valeurs minimales (78 ; 85,6 ; 82,2 ; 106 ; 108 ; 115,8 jours) pour DE, PE, DF, FF, MPE et DMP, respectivement (Tableau 19). La population CUT3 se distingue également par les valeurs les plus petites de la majorité des caractères morphologiques. Ainsi, elle présente 29,89; 6,47 et 5,703 cm pour LP, LODF et LINF respectivement, et un nombre d'épillets de 12,20. Les moyennes maximales des paramètres LP, LADF, LINF, NEP de l'ordre de 48,80; 3,53 ; 12,15 cm et 22,2 respectivement, ont été relevées dans la population CUT1 (Tableau 19).

### 2.5.4.2.2. Analyse en composantes principales

Les deux premiers axes expliquent près de la totalité (95,05%) de la variation et permettent ainsi une très bonne distribution des variables étudiées (Figure 49).

L'axe 1 est formé négativement par toutes les variables phénologiques et morpho-métriques sauf NTP et LADF. L'axe 2 est constitué négativement par le nombre de talles et positivement par la largeur des feuilles.

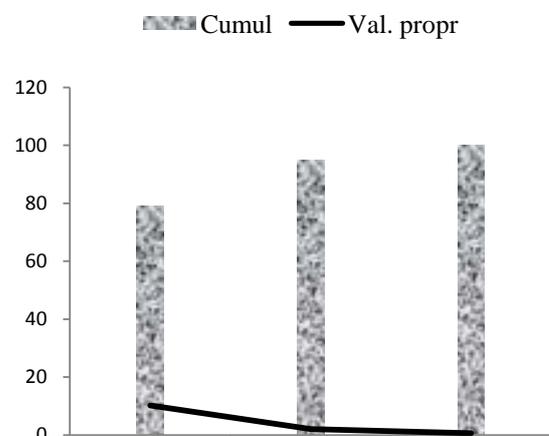
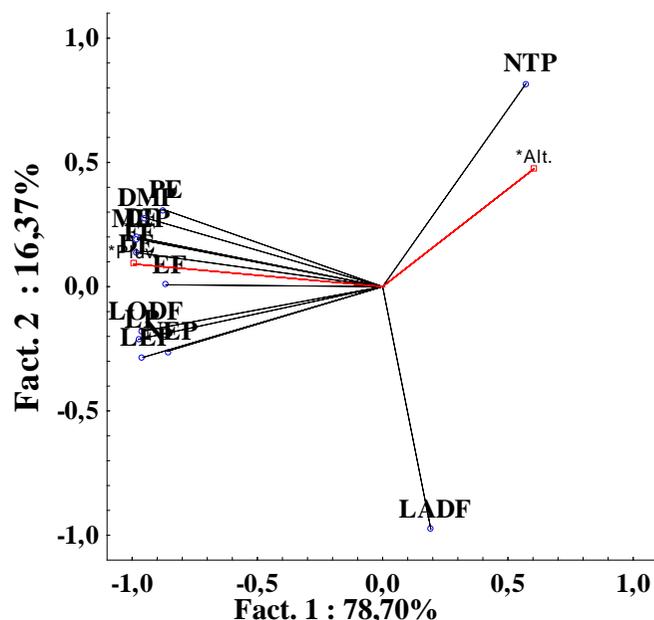


Figure 49. Analyse en composantes principales. Valeurs propres de *C. dichotoma*

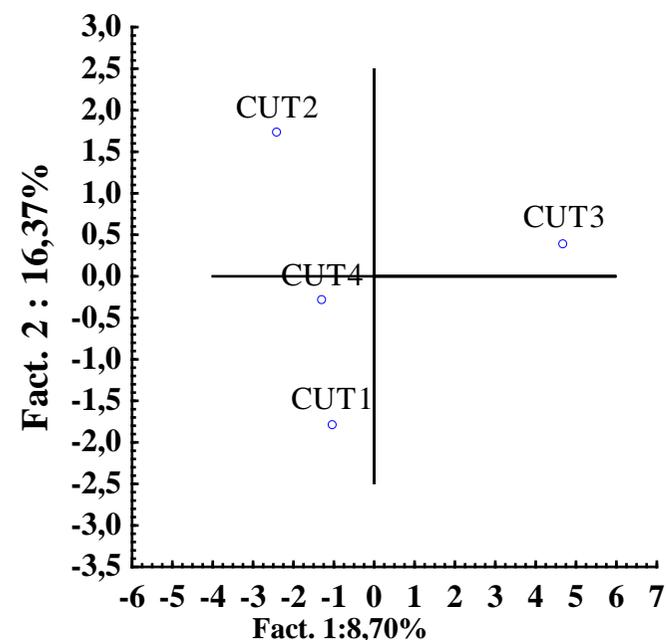
**Tableau19.** Moyennes des caractères des populations étudiées de *Cutandia dichotoma*.

Populations Caractères	NTP	LP	LODF	LADF	LINF	NEP	DE	PE	DF	FF	EF	MEP	DMP
CUT1	1,47a	48,80a	9,56a	3,53a	12,15a	22,20a	84,60b	92,20c	88,00b	113,40c	25,20ab	114,00c	121,40b
CUT2	2,13a	48,00a	9,60a	3,40a	12,02a	20,60a	87,20a	97,20a	91,40a	117,20a	25,80a	117,60a	125,80a
CUT3	2,33a	29,86b	6,74b	3,46a	5,70b	12,20b	78,00c	85,60d	82,20c	106,00d	23,80b	108,00d	115,80c
CUT4	1,73a	47,86a	10,10a	3,46a	11,41a	17,00a	85,40b	90,20b	88,60b	115,40b	26,60a	115,20b	122,20b

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants(cm); LODF : Longueur de la feuille(cm); LADF : Largeur de la feuille(mm); LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison(jours);MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours).Les lettres différentes dans chaque colonne indiquent des différences significatives à 5%.



**Figure 50.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations des caractères morpho-phénologiques des populations de *C. dichotoma*.



**Figure 51.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations de *C. dichotoma* basée sur les des caractères morpho-phénologiques.

La pluviométrie est représentée au mieux négativement dans l'axe 1 du plan 1-2 dans lequel l'altitude est visible du côté positif.

Le cercle des corrélations montre que seulement deux variables (NTP, LADF) contribuent à la formation de l'axe 2. L'altitude est représentée sur le côté positif de ce facteur (Figure 50).

Les populations CUT3 et CUT2 forment chacune un groupe distinct. La première présente le nombre de talles le plus élevé mais affiche la phénologie la plus précoce et s'oppose à la population CUT2, les populations CUT1 et CUT4 constituent le troisième groupe caractérisé par les valeurs intermédiaires de la phénologie. Les moyennes les plus importantes des caractères morphologiques sont détenues alternativement par les populations CUT1, CUT2 et CUT4 (Figure 51).

Il existe des liaisons fortes et positives entre les variables de la phénologie. Soit elles sont étalées (population CUT2), soit elles sont précoces comme dans le cas de la population CUT3 (Annexe 2.29). Nous avons noté que la pluviométrie possède une influence négative sur la phénologie. Ainsi, il semble que plus importante est la pluviométrie, plus précoces sont les populations que celles issues des lieux recevant moins de précipitations.

## **2.5.5. Etude de la variabilité interspécifique des Poacées**

### **2.5.5.1 Analyse de la variance**

Les résultats de l'analyse descriptive sont consignés dans l'annexe 30. Cette dernière a mis en évidence des étendues importantes pour les caractères morfo-métriques pour lesquels les coefficients de variation sont tous au dessus de 20% et atteignent 57% pour NEP ; alors que pour la phénologie, ils ne dépassent pas 8%. Les résultats de l'analyse de la variance a fait ressortir des différences très hautement significatives entre les populations prises en compte pour l'ensemble des caractères étudiés (Annexe2.30). Les valeurs décroissantes du F de l'analyse de la variance (Annexe 2.31) montrent que les variables phénologiques sont plus discriminantes pour la différenciation entre les populations étudiées avec l'ordre :

DMP> MEP> FF > DF >PE>DE> LINF>LP>NEP>LADF>NTP>EF>LODF.

Les plants de *Cutandia dichotoma* semblent, globalement, avoir une phénologie plus hâtive que ceux de *Lolium rigidum*. Les populations CUT3 et LO1 avec 78 et près de 82 jours après le semis, sont les premières à émettre les premiers épis, suivies des 3 autres populations de *C. dichotoma* (de 84,6 à 87, jours) puis le reste de l'effectif de *L. rigidum* avec un maximum de

90,6 jours (Tableau 20). La même tendance est relativement observée pour la pleine épiaison avec des extrêmes de 85,6 et 105 jours.

La floraison survient au plus tôt 82,2 jours (population CUT3) et au plus tard 102,8 jours (population LO2 de *L. rigidum*) après le semis. Il en est de même pour la fin floraison (FF) atteinte après 106 à 127,4 jours dans les populations CUT3 et LO2. L'étalement de la floraison (EF) suit un schéma contraire où les populations ayant une floraison courte sont celles apparentant à *L. rigidum* avec un minimum de 21,2 jours (LO5) ; les durées de floraison les plus longues (26,6 jours ; CUT4) caractérisent *C. dichotoma*. La maturation des épis s'ensuit rapidement et semble être calquée sur la floraison avec des valeurs extrêmes de 108 et 132 jours (Populations CUT3 et LO2, LO3) (Tableau 20). La sénescence complète des plants varie entre près de 116 jours (Population CUT3) et 143,2 jours (Population LO2).

**Tableau 20.** Moyennes des caractères des espèces de Poacées étudiées.

POP.	NTP	LP	LODF	LADF	LINF	NEP	DE	PE	DF	FF	EF	MEP	DMP
<b>LOL1</b>	5,00b	59,20c	16,06a	5,46a	22,46a	25,65bc	82,4d	93,2e	90,8d	112,2g	21,6d	120,2d	139,6c
<b>LOL2</b>	4,20b	68,86bc	9,56bc	5,06a	20,78a	29,28ab	88,2b	102,4b	102,8a	127,4a	24,6bc	132,2a	143,2a
<b>LOL3</b>	5,40ab	73,27b	11,33b	4,13bc	24,80a	31,46a	88,8b	105a	102a	127,2a	25,2abc	132,2a	140,2c
<b>LOL4</b>	7,20a	66,40bc	10,63bc	4,46b	24,51a	26,14bc	90,6a	98,2d	100,4b	124,8b	23,6c	130b	141,6b
<b>LOL5</b>	6,00ab	91,73a	8,46bc	3,80c	24,11a	18,88de	88,6b	100c	98,2c	119,2c	21,2d	126,2c	140c
<b>CUT1</b>	1,467c	48,80d	9,56bc	3,53c	12,15b	22,20cd	84,6c	92,2e	88e	113,4f	25,2abc	114g	121,4f
<b>CUT2</b>	2,133c	48,00d	9,60bc	3,40c	12,02b	20,60de	87,2	97,2d	91,4d	117,2d	25,8ab	117,6e	125,8d
<b>CUT3</b>	2,333c	29,86e	6,74c	3,46c	5,70c	12,20f	78e	85,6g	82,2f	106h	23,8c	108h	115,8g
<b>CUT4</b>	1,733c	47,86d	10,10bc	3,46c	11,41b	17,00e	85,4c	90,2f	88,6e	115,4e	26,6a	115,2f	122,2e

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours);MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours).).Les lettres différentes dans chaque colonne indiquent des différences significatives à 5%.

Parmi les caractères morphologiques, hormis le nombre de talles (NTP), tous les minima appartiennent à la population CUT3 avec 29,62 cm (LP), 6,74 cm (LODF), 3,46 mm (LADF) (chez les populations CUT2 et CUT4), 5,72 cm (LINF) et 12,2 (NEP). Les maxima de ces paramètres ont atteint respectivement 91,73 cm, 16,06 cm, 5,46 mm, 24,8 cm et 31,5 et ont été observés dans les populations LO5, LO1 et LO3. Le nombre de talles est globalement plus important dans les populations de *L. rigidum* (jusqu'à 7,2 ; LO4), le plus faible étant 1,5 (CUT1) (Tableau 20).

## 2.5.5. 2.Analyse multivariée

### 2.5.5.2.1. La Matrice de corrélations

Cette analyse a été appliquée à toutes les variables et à l'ensemble des populations prises en compte. Deux facteurs du milieu (altitude et pluviométrie) ont été considérés autant que variables supplémentaires.

A travers les résultats apparaissant dans le tableau 21, les relations les plus importantes unissent les variables de la phénologie contrairement aux caractères morpho-métriques qui semblent moins fortes. Plus la floraison est tardive, plus le sont la fin de la floraison (FF), la maturation des épis ainsi que la mort de la plante. Les caractères relatifs à l'épiaison (début et pleine épiaison, DE et PE), liés positivement entre eux, vont dans le même sens que ceux de la floraison. La longueur des plants (LP) et de l'épi liées positivement, le sont également avec toutes les variables (sauf EF) de la phénologie. Un plus grand nombre de talles (NT/P) confère aux plants et aux épis une longueur plus élevée, une floraison, une maturation des épis et des sénescences tardives. En ce qui concerne les facteurs du milieu, une seule relation a été comptabilisée. Les populations provenant des régions les plus arrosées ont un nombre de talles plus important.

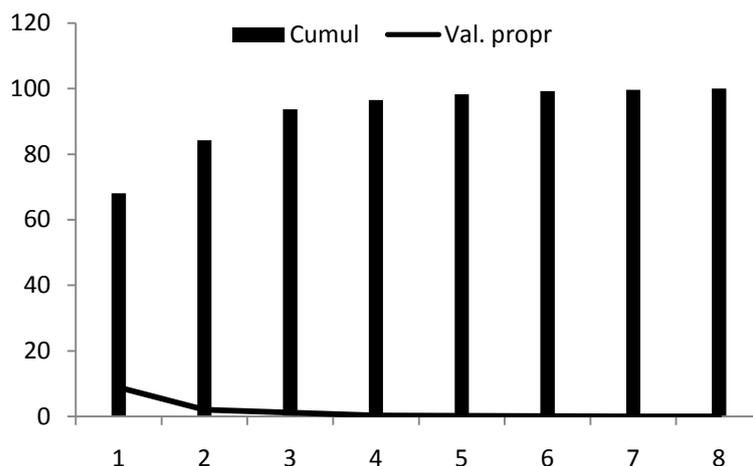
**Tableau 21.** Matrice de corrélations entre les caractères étudiés des populations de *Lolium rigidum* et *Cutandia dichotoma*.

Caractères	NT/P	LP	LODF	LADF	LINF	NP/NF	DE	PE	DF	FF	EF	MEP	DMP
NT/P	1,000												
LP	<b>0,764</b>	1,000											
LODF	0,328	0,196	1,000										
LADF	0,581	0,383	<b>0,718</b>	1,000									
LINF	<b>0,710</b>	<b>0,849</b>	0,532	0,461	1,000								
NP/NF	0,264	0,365	0,466	0,525	0,616	1,000							
DE	0,563	<b>0,746</b>	0,077	0,152	<b>0,817</b>	0,582	1,000						
PE	0,622	<b>0,828</b>	0,164	0,359	<b>0,777</b>	<b>0,707</b>	<b>0,846</b>	1,000					
DF	<b>0,753</b>	<b>0,832</b>	0,183	0,487	<b>0,801</b>	<b>0,681</b>	<b>0,872</b>	<b>0,944</b>	1,000				
FF	0,591	<b>0,705</b>	0,111	0,360	<b>0,735</b>	<b>0,746</b>	<b>0,900</b>	<b>0,919</b>	<b>0,965</b>	1,000			
EF	-0,632	-0,482	-0,264	-0,486	-0,258	0,247	0,083	-0,086	-0,141	0,122	1,000		
MEP	<b>0,786</b>	<b>0,830</b>	0,266	0,564	<b>0,812</b>	<b>0,693</b>	<b>0,830</b>	<b>0,930</b>	<b>0,994</b>	<b>0,946</b>	-0,189	1,000	
DMP	<b>0,870</b>	<b>0,851</b>	0,479	0,759*	<b>0,829</b>	0,593	<b>0,684</b>	<b>0,822</b>	<b>0,900</b>	<b>0,776</b>	-0,475	<b>0,931</b>	1,000
Alt <sup>1</sup>	-0,196	-0,059	-0,167	-0,325	0,121	-0,116	0,311	-0,204	-0,055	0,064	0,402	-0,107	-0,208
Pluv <sup>1</sup>	<b>0,732</b>	0,210	0,236	0,322	0,335	-0,057	0,218	0,040	0,261	0,148	-0,466	0,290	0,387

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours).  
<sup>1</sup>). $r^2=0,666$  à 5%;  $r^2=0,798$  à 0,01 ;  $r^2=0,898$  à 0,001. <sup>1</sup> : variables supplémentaires.

### 2.5.5.2.2. Analyse en composantes principales

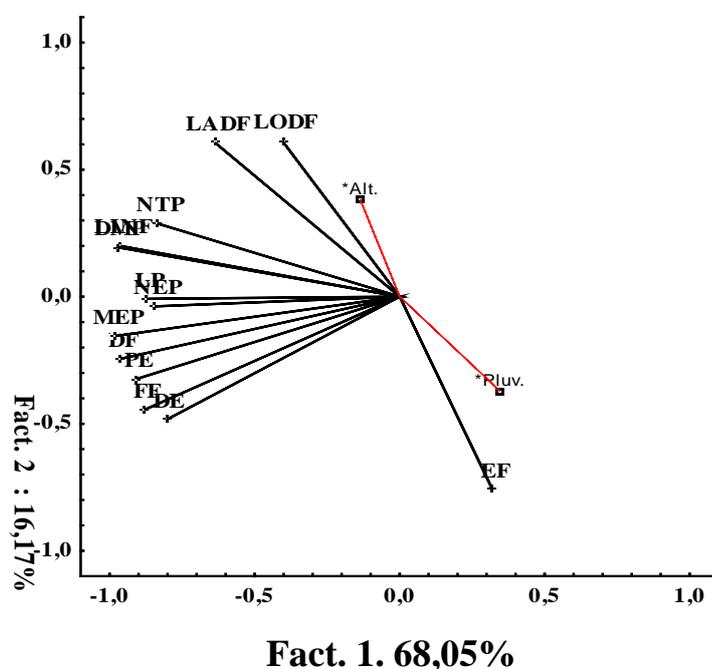
La figure 52 montre que l'axe 1 apporte à lui seul un peu plus de 68,05% de l'information et avec le second axe il cumule 81,39% de l'information totale. Ceci permet une bonne représentation des variables et distribution des individus.



**Figure 52.** Analyse en composantes principales. Valeurs propres des paramètres morpho-phénologiques des Poacées étudiées.

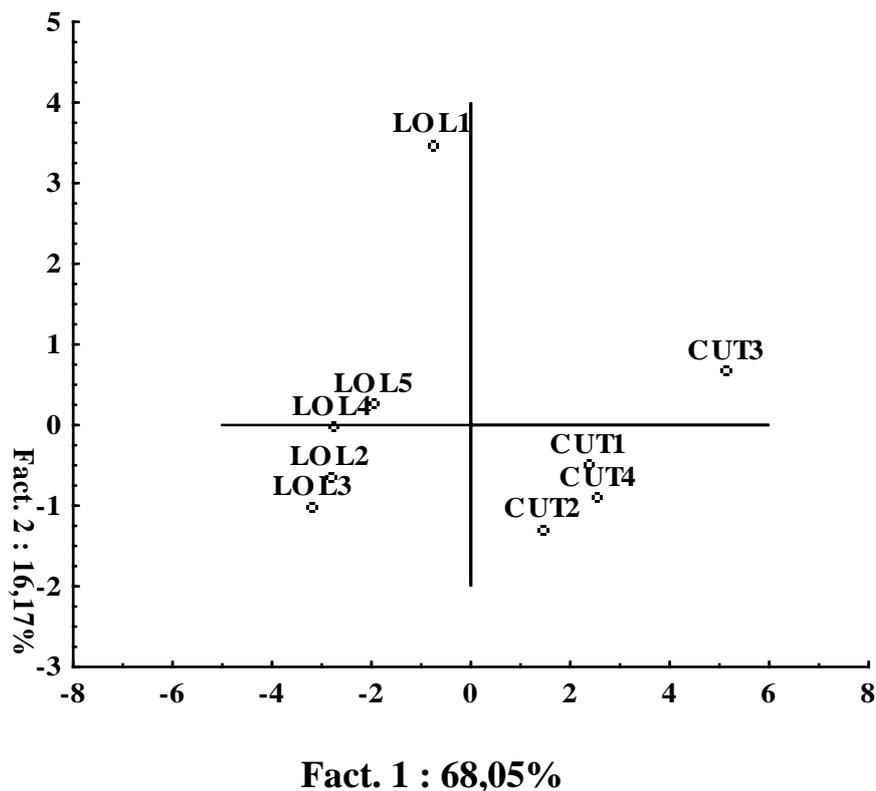
A l'exception de LODF et EF, toutes les autres variables contribuent à constituer négativement l'axe 1. La longueur des feuilles (LODF) contribue à former positivement l'axe 2 ; inversement, l'étalement de la floraison (EF) contribue à le former et apparait sur son côté négatif (Figure 53). Le cercle des corrélations des variables fait ressortir que les variables les plus influentes pour la constitution du plan 1-2 sont dans un ordre décroissant :

MEP > DMP > LEP > DF > PE > FF > LP > NEP > NTP > DE > EF > LADF > LODF.



**Figure 53.** Analyse en composantes principales. Cercle des corrélations de la phéno-morphologie des Poacées étudiées.

La projection des individus sur le plan 1-2, a permis de mettre en évidence quatre groupes : la population CUT3 (*C. dichotoma*) constituée à elle seule un groupe. Elle se singularise par les valeurs les plus faibles de plusieurs caractères. Du point de vue phénologie et hormis l'étalement de la floraison (EF), elle est la plus précoce pour le reste des paramètres (78 ; 85,2 ; 82,2 ; 106 et 115,8 jours pour DE, PE, DF, FF, MEP respectivement) ; ainsi qu'une sénescence survenant près de un mois (27 jours) avant la plus tardive des autres populations (LO2). Pour les variables morpho-métriques, elle présente des dimensions particulièrement petites par rapport au reste de l'effectif (Figure 54).



**Figure 54.** Analyse en composantes principales. Distribution des populations des Poacées basée sur la phéno-morphologie

Le second groupe est également formé d'une unique population LO1 appartenant à *L. rigidum*. Elle possède les feuilles les plus grandes (LADF et LODF). Par ailleurs, elle occupe une position intermédiaire pour un certain nombre de caractères : FF, MEP, DMP pour la phénologie et les mensurations des plants (LP). CUT1, CUT2 et CUT4 forment un groupe caractérisé par le nombre de talles (NTP) le plus faible mais possèdent les floraisons les plus étalées avec 25,2; 25,8 et 26,6 jours respectivement. Elles se comportent de manière similaire et marquent une certaine transition entre la population CUT3 et les autres valeurs élevées pour

LP, LINF, MEP et DMP avec des moyennes oscillant autour de 50cm, 17-18 cm, 114-117 et 121-125 jours respectivement (Tableau 20).

Quatre populations de *L. rigidum* LO2, LO3, LO4 et LO5 présentent les phénologies les plus tardives. Elles affichent également les plants et les épis les plus grands (66 et 90 cm) et un nombre de talles plus élevé (entre 4 et 7). Ce groupe peut être subdivisé en deux sous groupes dans la mesure où pour un certain nombre de variables phénologiques (PE, DF, FF, MEP et DMP), les populations LO2 et LO3 sont légèrement plus tardives.

### 2.5.6. Discussion

Abdelkefi et Marrakchi (2000) indiquent que le genre *Lolium* comprend seulement des espèces diploïdes ( $2n=14$ ) à l'état spontané. Ce complexe d'espèces est subdivisé en deux compartiments définis par leurs régimes de reproduction respectifs. Le compartiment allogame renferme *Lolium perenne* L. (Ray-grass anglais) et *Lolium multiflorum* Lam. (Ray-grass d'Italie) plantes annuelles ou bisannuelles et *Lolium rigidum*, espèce annuelle. A l'inverse des espèces pérennes, les *Lolium* annuelles et bisannuelles sont bien mieux adaptées aux conditions Méditerranéennes. Franca *et al.* (1998) estiment que le ray-grass annuel (*Lolium rigidum*) est un élément important parmi les espèces fourragères annuelles, répandues dans les pâturages naturels des environnements méditerranéens semi-arides. Ses principales caractéristiques agronomiques, comme palatabilité élevée, la production fourragère et de semences élevées ainsi que sa bonne capacité de persistance. Ces performances font que cette espèce, particulièrement adaptée, soit éligible lorsqu'elle est mélangée avec des légumineuses pour l'amélioration des pâturages artificiels dans des zones où le climat est caractérisé par une sécheresse estivale. Les accessions sardes testées par ces auteurs arrivent à épiaison 104 à 111 jours après la levée. Auparavant, Tadmor *et al.* (1968) ont rapporté qu'un ensemencement de plantes fourragères dans un désert au moyen orient (78 mm/an de précipitations) entraîne un échec d'établissement de toutes les plantes vivaces. Les annuelles, parmi lesquelles *Lolium rigidum*, en dépit du retard de croissance, terminent leur cycle de vie et produisent des semences.

Slimani *et al.* (2008) ont conclut que la floraison de *Lolium multiflorum* et de *Phalaris arundinacea* locaux testés dans une région nord-est algérienne a lieu, en moyenne, 167 et 159 jours après l'émergence. Loos (1993) indique que la date d'émergence des épis a lieu 45 jours après le premier mai.

Les feuilles étendards ont des longueurs de 8,3 à 14,2 cm (11,4cm en moyenne) et des largeurs de 0,39 à 0,53 cm (0,46 cm en moyenne) à la fin mai et le nombre d'épillets par épi va de 13,5 à 17,7 (Franca *et al.*, 1998). Chez 58 populations appartenant à différentes espèces du genre *Lolium* (*L. perenne*, *L. multiflorum*, *L. rigidum*, *L. temulentum*, et *L. remotum*) d'origine européenne et asiatique, la longueur des plants est le troisième paramètre morphométrique le plus discriminant avec le nombre des fleurs par épillet et la longueur des inflorescences séparant nettement les espèces autogames et allogames (Bulinska-Radomska et Lester, 1985).

Franca *et al.* (1995) attestent que la hauteur des plants (prise au sol avec une tige HFRO) de *Lolium rigidum* (écotype Nurra) évaluée en Sardaigne en conditions naturelles a atteint 10,4 cm durant 1990-91 et 15,1 cm en 1991-92, les précipitations annuelles étant respectivement de 682 et 620 mm. Nos résultats vont jusqu'à 91,73 cm et 16,06 cm pour la hauteur des plants et la longueur des feuilles comparés au même écotype cité dessus qui a montré sa supériorité par ces mêmes paramètres qui ont atteint respectivement, 80 et 15 cm en 1995-96 et 66 et 17 cm durant 1997-98 par rapport au cultivar australien "Wimmera" ( 69 et 12 cm et 58 et 12 cm) au stade début épiaison pour les périodes citées (Franca *et al.*, 2005). Les chaumes des populations de *L. rigidum* issues du milieu d'origine mesuraient, à la base de l'épi, entre 27,42 et 45,05 cm ; ceux des populations régénérées sont légèrement plus grandes et font de 29,26 à 49,08 cm (Nait Merzoug, 2007), résultats qui vont dans le même sens que ceux de Marqués *et al.* (1983) qui citent des mesures de 60 cm chez la variété *rigidum* et vont jusqu'à 70 cm (Terrell, 1968). Ces mesures atteignent 75,45 cm, un mois après l'émergence de l'épi des plants matures et entiers, dans les populations iraniennes (Mirjalili et Bennett, 2006) et atteignent 81 cm dans l'étude de Loos (1993). Dans une autre étude, Mirjalili *et al.* (2008) citent pour 13 populations, une moyenne plus faible (48,53 cm) ce qui est analogue aux mesures de Bennett (1997) qui oscillaient entre 26 et 77 cm avec une moyenne de 44,20 cm et entre 9 et 52 cm avec une moyenne de 29,75 cm dans les populations des variétés *rigidum* et *rotbolliodes*, respectivement.

Nait Merzoug (2007) a mené une étude morpho-phénologique sur les populations issues du milieu d'origine et leurs descendances (appelées populations expérimentales) de plusieurs espèces du genre *Lolium*. Il en ressort que la longueur de l'épi est plus importante dans les populations de descendance (23,37cm en moyenne) que dans les populations naturelles (20,34cm) et sont analogues à nos résultats qui oscillent entre 22 et 24 cm, en moyenne ; alors que Terrell (1968) les situe entre 3 et 30 cm avec un rapport de 1/5 à 5/6 de la hauteur totale des plants. Behrendt et Hanf (1979) et auparavant Maire (1955) ont trouvé une valeur plus

élevée (30 cm) par rapport à celle plus faible (15 cm) dans l'investigation de Franca *et al.* (1998) et encore plus basse (11,92 cm) au sein des 13 populations issues d'Iran (Mirjalili *et al.*, 2008). Terrell (1968) a rapporté entre 9 et 30 cm la longueur de l'épi chez la variété *rigidum* et de 3 à 11 cm chez la variété *rotbolloides*.

Les dimensions (longueurs et largeur) des feuilles des populations expérimentales ont atteint respectivement 8,24 et 0,53 cm (Nait-Merzoug, 2007), alors que Maire (1955) cite 20 et 0,5 cm. Auparavant, Coste (1937) avait indiqué des valeurs plus basses pour la largeur (0,2 à 0,6 cm). Essad (1954) a rapporté 9,65 et 0,75 cm pour ces paramètres alors que les limites indiquées par Franca *et al.* (1998) vont de 8,3 à 20,4 cm pour la longueur et de 0,39 à 0,69 cm pour la largeur et des moyennes respectives de 11,4 et 0,46 cm. Lors d'une autre étude, Franca *et al.* (1993) ont mesuré entre 0,47 et 0,67 cm pour la largeur. Les populations d'Iran affichaient une longueur et largeur moyennes des feuilles matures de 12,68 cm et 2,9 cm (Mirjalili *et al.*, 2008) alors que Bennett (1997) rapporte les valeurs de 10,23 cm, 3,083 cm et 6,745 mm chez *L. rigidum var. rigidum*, et 6,745 mm et 3,286 mm chez *L. rigidum var. rotbolloides*. Les feuilles étendards mesuraient 11,3 cm et 6,9 mm (Loos 1993) et atteignent 19,09 cm et 7,5 mm (Mirjalili et Bennett, 2006).

Franca *et al.* (2005) indiquent que l'écotype sarde 'Nurra' possède 20,6 et 21,3 épillets par épi et des épis longs de 29,2 et 30,9 cm durant les deux cycles ; alors que nous avons dénombré entre 19 et 31 épillets par épi. Nait-Merzoug (2007) a trouvé près de 30 et 25 épillets par épi, respectivement au niveau des populations expérimentales et naturelles. Des valeurs beaucoup plus faibles (19,34 ; 17 et 21,5 ; 20,9 et 2 à 19 épillets par épi) ont été rapportées par plusieurs auteurs (Essad, 1955; Terrell, 1968 ; Loos, 1993 ; Franca *et al.*, 1995). Mirjalili et Bennett (2006) indiquent des moyennes de 17,18. Franca *et al.* (1998), lors de tests d'adaptation en zone semi-aride méditerranéenne, indiquent des moyennes plus faibles (13,5 à 17,5) sur 20 populations naturelles et entre 18 et 21 épillets/épi sur des variétés de cette même espèce. Cependant, lors d'une étude antérieure, entre 7 et 20 et une moyenne de 15 épillets/épi ont été dénombrés sur des variétés italiennes (Franca *et al.*, 1993). Mirjalili et Bennett (2006) ont dénombré en moyenne, 3,82 talles par plant ce qui semble en deçà des résultats (4 à 7) de la présente étude.

## 2.6. Synthèse

A travers les résultats de la présente étude, nous pouvons conclure de l'existence d'une grande variabilité des paramètres étudiés des espèces considérées et de déduire leur adaptation à différentes conditions du milieu dont elles sont issues. Les coefficients de variation des caractères morpho-métriques sont nettement plus élevés que ceux des caractères phénologiques.

Pour les Fabacées et au vu des valeurs de F, les caractères les plus discriminants se rapportent, globalement, au poids des gousses, des graines, suivis de la phénologie puis par les mensurations des plants. Le contraire est constaté en ce qui concerne les deux Poacées pour lesquelles la phénologie semble plus discriminante.

Pour la phénologie, *Medicago minima* s'est montrée particulièrement précoce pour le démarrage en végétation, la fin floraison, la fructification, son étalement et la sénescence ; contrairement à *Hippocrepis multisiliquosa* qui a formé ses premières fleurs, ses gousses et a fini son cycle tardivement. Par ailleurs, la fin floraison et son étalement les plus courts ont été notés dans les populations de *M. secundiflora*, *M. laciniata* et *M. littoralis*.

Les plus longs entre-nœuds à un stage juvénile ont été observés dans les populations de *Hippocrepis multisiliquosa*, *M. laciniata* et *T. polycerata*, ce qui dénote un démarrage rapide du cycle végétatif. Les branches primaires les plus nombreuses sont celles de l'effectif de *M. minima* et *M. secundiflora*, espèces connues pour leurs petites mensurations, ce qui représente une certaine compensation pour la production de la biomasse verte.

Les plants de *Medicago secundiflora* et *Astragalus hamosus* sont pourvus du nombre de gousses le plus élevé. Ceci est dû au fait que, contrairement au reste des espèces, les inflorescences sont en grappes nombreuses. Les poids des gousses les plus importants caractérisent *A. hamosus*, *M. laciniata* et *M. littoralis*. Alors que les graines les plus lourdes appartiennent à *H. multisiliquosa*, *M. secundiflora* et *M. littoralis*. Les plus faibles valeurs de ces paramètres sont celles de *M. secundiflora* et *T. polycerata* pour le premier et *M. minima* et *T. polycerata* pour le second, espèces connues pour leurs petites graines. Cette dernière espèce avec *A. hamosus* ont le nombre de graines par plant les plus élevés par rapport au reste car elles possèdent également le nombre de graines par gousses les plus importants atteignant 12 et près de 20 respectivement, alors que *M. secundiflora* n'en possède qu'une seule. Le poids des graines par plant suit en partie la même tendance avec les plus fortes valeurs notées

dans les populations d'*A. hamosus* et *H. multisiliquosa*. Les plus faibles moyennes de ce paramètre ont été observées dans les luzernes annuelles *H. multisiliquosa* et *T. polycerata* qui détiennent le rapport poids des graines par celui des gousses le plus élevé. Ceci est dû à la nature papyracée de ses gousses et la présence de graines nombreuses pour la seconde espèce.

Globalement, les analyses en composantes principales et l'étude des corrélations ont fait ressortir que les paramètres phénologiques comme ceux morpho-métriques sont liés entre eux. En somme, une population est d'autant plus rapide à s'installer qu'elle achève son cycle rapidement et vice-versa.

La recherche de ces caractères est importante à plus d'un titre. Pour la production de l'herbe et de la biomasse, l'identification des écotypes ayant le cycle végétatif le plus allongé, donc la floraison la plus tardive, les rend éligibles. La première feuille vraie renseigne sur leur rapidité à s'installer. La production de semences est primordiale pour tout programme de production fourragère et/ou de restauration pastorale et à ce titre, l'identification des écotypes prolifiques est essentielle. *Astragalus hamosus* suivie de *T. polycerata* puis *H. multisiliquosa* possèdent le nombre de graines par plant le plus élevé et sont à considérer pour cet objectif, les luzernes annuelles étant les moins performantes. D'autres paramètres, tels que la valeur fourragère et la digestibilité, la proportion de graines dures, la résistance aux stress biotiques et abiotiques sont également à mettre en évidence dans le choix des espèces à promouvoir.

## **CHAPITRE III**

Valeur Nutritive et Prédiction de la Digestibilité de  
Quelques Ressources Pastorales Spontanées Originaires  
des Steppes Centrales Algériennes

### 3.1. Introduction

Sur la totalité des surfaces agricoles (43 Millions ha), 77% (33 Millions ha) sont représentées par les pacages et parcours (Statistiques agricoles, 2013). L'alimentation animale constitue, incontestablement, l'une des contraintes majeures des faibles performances enregistrées par les ruminants. Le déficit fourrager existe à toutes les latitudes (Maamri *et al.*, 2015) et les ressources fourragères consistaient principalement en des chaumes de céréales, les jachères, les parcours steppiques, les forêts et les broussailles (Hamadache, 2001).

Les régions steppiques algériennes possèdent un potentiel écologique, social et économique considérable, à travers leurs fonctions de zone tampon, leurs aptitudes pastorales, leurs diversités sociales et leurs rôles dans la sécurité alimentaire du pays (Bencherif, 2011).

Ces régions sont très intensivement exploitées pour l'alimentation du bétail (Slimani *et al.*, 2010). Elles nourrissaient auparavant les 2/3 du cheptel ovin et caprin de l'Algérie (Djebaili *et al.*, 1989).

En 1968, les parcours steppiques offraient  $7\ 890\ 10^3$  équivalents-ovins avec une charge de 1,9 ha/équivalent-ovin (Chellig, 1969). En 1996, la steppe offrait 1,6 milliards d'UF qui, au fil du temps, sont passés à 533 millions d'UF (Nedjraoui, 1997). Les parcours se sont fortement dégradés par le changement de leur vocation par l'intensification des labours au point où à la fin du siècle écoulé, le déficit fourrager était estimé à un peu plus de 4 milliards d'UFL ce qui correspondait à 34 % (Houmani, 1999).

Sur le plan écologique, la végétation steppique et pastorale est bien connue à l'échelle de l'Afrique du Nord. Beaucoup des inventaires phytosociologiques ne représentent qu'un effet historique en raison de l'évolution régressive accélérée de la végétation et des parcours sous l'effet démographique, défrichement, surpâturage, éradication des espèces ligneuses (Le Houérou 1995).

Le Houérou et Ionesco (1973) ont classé les espèces de la Tunisie steppique selon le degré de palatabilité. L'éventail va des espèces les moins appréciées (0 : refusée ou toxique) à celle hautement palatable avec l'indice 5. Des indices de palatabilité des espèces steppiques Algériennes ont été établis par des enquêtes auprès des pasteurs et des suivis des troupeaux (Aidoud, 1989).

Sur le plan qualitatif, ce sont les ressources des parcours sahariens qui ont été le plus étudiées (Arbouche *et al.*, 2012 ; Arhab *et al.*, 2006; Bouallala *et al.*, 2011 ; Boufennara *et al.*, 2012 ; Chehma 2005 ; Chehma et Youcef 2009 ; Chehma *et al.*, 2010 ; Longo *et al.* 2007 ; Mayouf et Arbouche, 2014 ; Merouane *et al.*, 2014); alors que les autres travaux (Aidoud

1983, Aidoud 1989 ;Aidoud *et al.*, 2011 ; Djebaili 1978 ; Nedjraoui 1981) ont été focalisés sur l'écologie et la phytosociologie.

La flore spontanée Nord-Africaine des régions steppiques recèle encore de nombreuses espèces à intérêt pastoral aussi bien pérennes qu'annuelles. Un épisode pluvieux tel que celui de 2009, a eu des répercussions spectaculaires sur la physionomie végétale de par l'importance des taux de recouvrements essentiellement dû aux éphémères.

*Plantago albicans*, *Astragalus hamosus*, *Medicago littoralis*, *Medicago minima*, *Lolium rigidum* et *Phalaris minor* sont des espèces diversement distribuées en Algérie (Quézel et Santa, 1962, 1963). Elles sont toutes grandes productrices de graines. Au niveau des steppes Algériennes, *P. albicans* (vivace et très appréciées, Le Houérou et Ionesco, 1973) compte parmi les espèces liées aux voiles sableux des formations éoliennes plus moins fixées, *M. minima* appartient au groupe indicateur de la dégradation des groupements sur grés. Alors que *P. minor* et *L. rigidum* sont liées aux cultures des zones d'épandages et des dayas (Pouget, 1980). Cette dernière espèce est aussi plus résistante au froid que *L. perenne* mais moins exigeante en eau (Caballero, 1972). *A. hamosus* appartient au groupe d'espèces limonophiles des sols colmatés en surface (pellicule de battance) caractéristiques des steppes à armoise blanche et *M. littoralis* fait partie du cortège des psammophiles liées aux sables grossiers plus ou moins fixés (Pouget, 1980)et atteint à peine la lisière Nord du Sahara (Ozenda, 2004).

Bien que certaines espèces comme *Lolium rigidum* ou *Phalaris minor* soient considérées comme adventices durant la période hivernale dans les régions de grandes productions de céréales(Singh *et al.*, 1999 ; Keshavarzi *et al.*, 2007) et résistantes aux herbicides (Das *et al.*, 2014) ou encore contenant des composés toxiques alcaloïdes telles que *A. hamosus* (Ebrahimzadeh *et al.*, 1999 ), il n'en demeure pas moins qu'elles constituent une source appréciable pour l'alimentation des ruminants (Singh *et al.*, 2008 ; Patanè et Gresta, 2006: Clements, 1971 ; Giscard, 1963) et même possédant des propriétés bénéfiques analgésique, carminative et tonique (Souri *et al.*, 2008).

Analyser le rôle de la diversité spécifique sur le plan valeur alimentaire des fourrages nécessite l'acquisition de connaissances sur la valeur alimentaire des espèces (en particulier les graminées natives, certaines légumineuses et dicotylédones), des interactions et des effets associatifs pouvant interagir entre elles, notamment au cours de leur ingestion et leur digestion (Baumont *et al.*, 2008). Ceci permettrait de concilier production et biodiversité dans les milieux difficiles (Duru *et al.*, 2009).

La prévision de la digestibilité de la matière organique a fait l'objet d'une attention particulière par plusieurs chercheurs en raison de son rôle déterminant sur la valeur

énergétique des aliments. Les teneurs en lignine sont de bien meilleures paramètres de prédiction de la dMO que celles en cellulose brute, en parois (NDF) ou en lignocellulose (ADF) prises séparément (Giger-Reverdin *et al.*, 1990). C'est en combinant la composition chimique, la digestibilité, les composés pariétaux qu'on peut trouver le meilleur compromis entre la qualité du fourrage et sa valeur alimentaire permettant de prédire les besoins nutritifs des animaux.

### **3.2. Objectifs de l'étude**

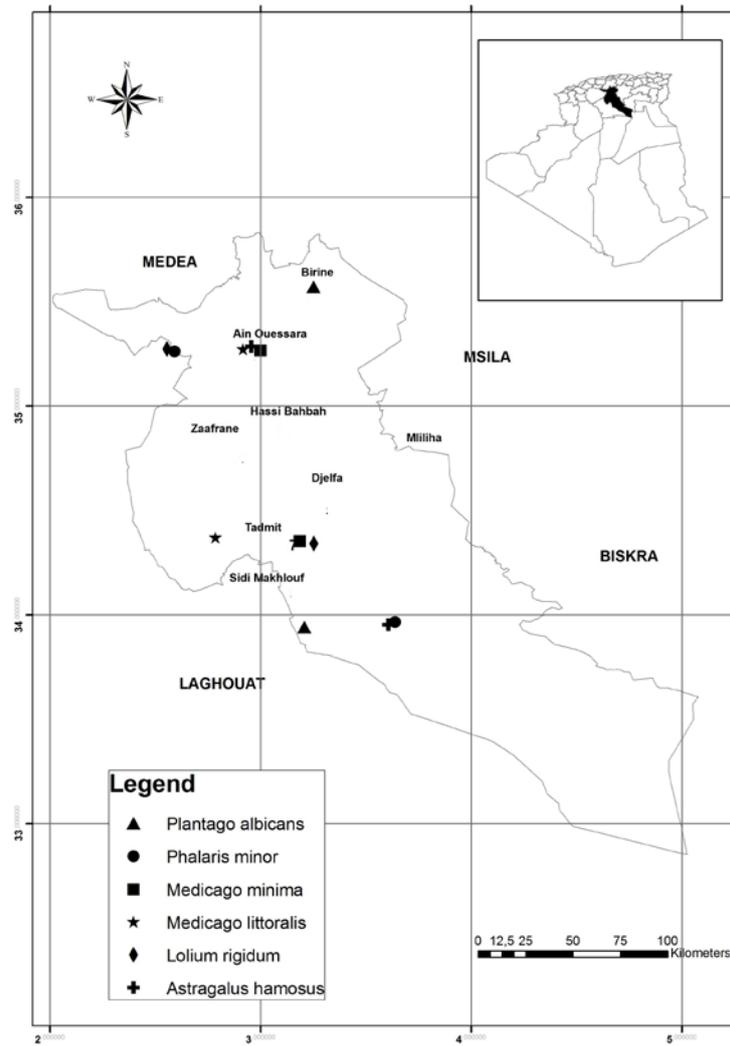
C'est dans un contexte de changements globaux et dans le but de contribuer à la constitution d'outil d'aide à la décision pour l'amélioration des productions des ressources fourragères et pastorales dans le cadre de programmes d'aménagement des parcours steppiques, que nous avons réalisé cette étude sur l'évaluation de valeur nutritive (composition chimique et digestibilité) de 6 espèces originaires des steppes Algériennes. Le second volet de cette étude concerne l'élaboration de modèles d'équations simples et multiples pour la prédiction de la digestibilité *in vitro* de la matière organique des espèces prises en compte en fonction des variables de la composition chimiques.

### **3.3. Matériel et méthodes**

Le matériel végétal est constitué des graines de 06 espèces issues d'une prospection réalisée au niveau des steppes centrales Algériennes à deux latitudes pour chaque espèce pour réaliser nos essais (Figure 55).

#### **3.3.1. Conduite de l'essai**

L'essai a été conduit à la station expérimentale de l'INRAA sis Baraki à Alger à une altitude de 18 mètres avec un climat subhumide, une pluviométrie annuelle moyenne de 880,3 mm (2012-13) les moyennes des maxima et minima en température sont de 23,4 et 12,4 °C avec une moyenne de 17,9 °C. La texture du sol est argilo-limoneuse à pH alcalin (8). Les parcelles expérimentales n'ont reçu aucun traitement fertilisant. Le semis a été réalisé le 1<sup>er</sup> novembre 2012 à raison de 300 graines de chaque population par micro-parcelle constituée de 04 lignes de 02 mètres espacées de 30 cm suivant un dispositif aléatoire complet avec trois (03) répétitions. Les distances entre les micro-parcelles étaient de 1,5 mètre et de 02 mètres entre les blocs.



**Figure 55.** Sites d'origine des espèces étudiées.

Nous avons fauché les plantes entières (tiges et feuilles) des espèces appartenant à la famille des *Fabacées* au stade début formation des boutons floraux ; les espèces appartenant à la famille des *Poacées* (*Lolium* et *Phalaris*) au stade début montaison et au stade début d'apparition de la hampe florale à la base de la rosette pour *Plantago albicans* (*Plantaginacée*).

### 3.3.2. Les Analyses fourragères

La détermination des constituants analytiques ont eu pour base la méthode AOAC (1990) (Annexe 3) et ont porté sur la matière sèche (MS), la matière minérales (MM), la cellulose brute (CB), la matière grasse (MG), la matière azotée totale (MAT), le Phosphore, (P), le calcium (Ca). Les composés pariétaux (NDF, ADF, ADL) ont été déterminés par la méthode de Van Soest et Wine (1967), la digestibilité réelle des protéines (dr) et la dégradabilité théorique de l'azote (DTN<sub>2</sub>) par la méthode d'Aufrère et Graviou (1996) et la digestibilité *in vitro* de la matière organique (DivMO) par la méthode d'Aufrère (1982) et Aufrère et

Cartaillier (1988) (Annexe 3). L'ensemble des résultats sont exprimés en % de la matière sèche (MS).

### 3.3.3. Les traitements des données

Les données obtenues ont fait l'objet de traitements statistiques par le logiciel Statistica (version 7, 2004). Les 13 constituants analytiques pris en compte ont subi une analyse univariée (ANOVA) ; les groupes de moyennes ont été obtenus par le test de Newman et Keuls. Une analyse multivariée en composantes principales (ACP) et une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été appliquée pour faire ressortir les relations existantes entre les variables, les espèces et les populations étudiées.

Les procédures de régression multiple "pas à pas" (stepwise) ont été appliquées pour déterminer la meilleure combinaison (coefficient de détermination le plus élevé) des indices végétaux permettant d'expliquer les variations des 3 paramètres dépendants. Lorsque leur effet est significatif ( $p \leq 0,05$ ), les effets linéaires et quadratiques ainsi que toutes les interactions possibles ont été inclus comme variables indépendantes.

## 3.4. Résultats

### 3.4.1. La valeur nutritive des espèces étudiées

#### 3.4.1.1. La composition chimique

##### Analyse de la variance

Dans un intervalle de confiance de 95 %, nous remarquons une grande variabilité inter et intra variables entre les espèces étudiées sur le plan composition chimique. Le premier indicateur de cette variabilité est l'importance de l'étendue dont la valeur maximale concerne le Ca avec  $0,570 \pm 0,433$  (Tableau 22).

**Tableau 22** : Analyse descriptive de la composition chimique des espèces étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	CV%	Variance	Ecart-type	Asymétrie	Aplatissement
MS %	18,40	15,10	23,85	13,96	6,5991	2,569	0,591483	0,49813
MM %	12,46	8,75	19,08	27,92	12,0951	3,478	1,198919	0,05617
CB%	25,52	19,41	35,50	20,38	27,0688	5,203	0,792505	-0,41737
MG %	1,42	0,80	2,40	37,69	0,2852	0,534	0,572509	-0,99525
MAT%	21,59	13,60	28,61	20,23	19,0841	4,369	-0,490945	-0,14352
NDF%	50,96	39,18	62,30	16,37	69,5606	8,340	0,089612	-1,76393
ADF%	29,81	19,87	38,70	18,73	31,1875	5,585	-0,232998	-0,09003
ADL%	8,51	4,86	12,11	27,17	5,3456	2,312	0,011377	-0,77235
P%	0,17	0,09	0,45	59,33	0,0105	0,102	2,015635	4,76938
Ca%	0,57	0,21	1,50	76,00	0,1877	0,433	1,347167	0,50978

MS: matière sèche ; MM : matières minérales ; CB : cellulose brute ; MG : matière grasse ; MAT : matières azotées totales ; NDF : neutral detergent fiber ; ADF : acid detergent fiber ; ADL : acid detergent lignin ; P : phosphore ; Ca : calcium. CV : coefficient de variation

L'analyse de la variance a été étudiée pour deux effets : espèces-population et espèces-localités. Ce dernier est non significatif, hormis, pour l'ADL (Tableau 23).

L'analyse de la variance montre un effet significatif pour les constituants MS, MM, MG, MAT. L'effet est hautement significatif pour les MAT et significatif respectivement pour MG MS, et MM. Les constituants P, CB, Ca et les composés pariétaux (NDF, ADF et ADL) ont un effet non significatif pour les espèces étudiées (Tableau 23).

**Tableau 23.** Analyse de la variance de la composition chimique des espèces étudiées.

Caractères	SC	DDL	MC	F	P et Sign.
MS %	59,69	5	11,94	5,553	0,0299*
MM%	103,70	5	20,74	4,2402	0,05*
CB%	222,80	5	44,56	3,5671	0,077 NS
MG%	2,68	5	0,54	6,9826	0,012*
MAT %	185,78	5	37,16	9,231	0,008728**
NDF %	427,80	5	85,56	1,5217	0,309848SNS
ADF %	259,20	5	51,84	3,7092	0,070827 NS
ADL %	44,17	5	8,83	3,6237	0,074219 NS
P %	0,07	5	0,01	0,074219	0,256827 NS
Ca %	1,38	5	0,28	2,43007	0,155033 NS

MS: matière sèche ; MM : matières minérales ; CB : cellulose brute ; MG : matière grasse ; MAT : matières azotées totales ; NDF : neutral detergent fiber ; ADF : acid detergent fiber ; ADL : acid detergent lignin ; P : phosphore ; Ca : calcium. NS : non significatif, \* significatif, \*\* hautement significatif, \*\*\* : Très hautement significatif.

Pour la MG, *M. littoralis* s'exprime avec la plus forte moyenne (2,15%) et forme un groupe avec *M. minima* et *P. albicans*.

Les autres espèces se caractérisent par de plus faibles moyennes avec un minimum de 0,95% pour *P. minor*. Deux autres groupes de moyennes sont constitués pour les variables MAT, MS et MM. Les moyennes maximales (26,70%, 22,57% et 18,8%) caractérisent *A. hamosus*, *M. minima* et *P. albicans* respectivement alors que *L. rigidum*, *P. minor* et *M. minima* se distinguent par des moyennes minimales (14,25% 15,37% et 10,38% respectivement). On note que toutes les Fabacées sont plus riches en MAT par rapport aux Poacées (*L. rigidum* et *P. minor*). Pour la MM, *P. albicans* se caractérise par la plus forte valeur. Il n'y a pas de différences significatives entre les autres espèces (Tableau 24).

**Tableau 24.** Moyennes de la composition chimique des espèces étudiées.

Caractères Espèces	MS		MM		CB		MG		MAT		P		Ca		NDF		ADF		ADL	
	M/P	M/ESP.	M/P	M/ESP	M/P	M/ESP	M/P	M/ESP	M/P	M/ESP	M/P	M/ESP	M/P	M/ESP	M/P	M/ESP.	M/P	M/ESP.	M/P	M/ESP.
<i>P. albicans</i> SER	19,50	19,250 <b>ab</b>	19,08±0,9	<b>18,80a</b>	32,41±1,0	<b>32,150a</b>	1,80±0,6	1,70 <b>ab</b>	22,63±0,8	22,94 <b>a</b>	0,18±0,04	<b>0,315a</b>	0,29±0,05	0,31 <b>a</b>	44,30±1,3	43,945 <b>a</b>	28,21±0,7	28,635 <b>a</b>	11,71±0,1	<b>11,91a</b>
<i>P. albicans</i> BI	19,00		18,52±0,6		31,89±1,6		1,60±0,9		23,25±0,9		0,45±0,08		0,33±0,03		43,59±0,5		29,06±0,6		12,11±0,2	
<i>A. hamosus</i> OD	18,86	16,980 <b>b</b>	9,40±0,1	12,815 <b>b</b>	35,50±1,6	30,570 <b>a</b>	1,10±0,2	1,00 <b>c</b>	24,80±0,1	26,70 <b>a</b>	0,16±0,02	0,135 <b>a</b>	0,22±0,01	<b>0,215a</b>	48,3±1,9	43,74 <b>a</b>	26,5±0,2	<b>23,185 a</b>	9,7±0,5	8,225 <b>a</b>
<i>A. hamosus</i> AO	15,10		16,23±0,6		25,64±0,7		0,90±0,05		28,61±0,6		0,11±0,08		0,21±0,05		39,18±0,9		19,87±0,8		6,75±0,2	
<i>M. littoralis</i> TA	16,75	17,725 <b>ab</b>	10,80±0,4	10,805 <b>b</b>	26,40±0,9	24,620 <b>a</b>	2,40±0,7	<b>2,15a</b>	20,20±0,3	22,76 <b>a</b>	0,09±0,06	0,095 <b>a</b>	0,52±0,09	<b>0,50 a</b>	57,6±0,9	51,705	31,2±0,8	26,38 <b>a</b>	8,6±0,9	6,945 <b>a</b>
<i>M. littoralis</i> AO	18,70		10,81±0,2		22,84±0,6		1,90±0,5		25,32±0,4		0,1±0,01		0,48±0,08		45,81±0,6		21,56±0,6		5,29±0,1	
<i>M. minima</i> AEI	23,85	<b>22,57a</b>	12,00±0,1	<b>10,375 b</b>	25,30±0,8	22,355 <b>a</b>	2,10±0,6	1,75 <b>ab</b>	22,60±0,8	23,63 <b>a</b>	0,12±0,02	0,185 <b>a</b>	1,5±0,04	<b>0,925a</b>	58,7±1,7	50,11 <b>a</b>	33,4±1,0	31,02 <b>a</b>	7,6±0,7	<b>6,23 a</b>
<i>M. minima</i> AO	21,30		8,75±0,8		19,41±0,4		1,40±0,1		24,67±0,7		0,25±0,05		0,35±0,02		41,52±1,1		28,64±0,5		4,86±0,6	
<i>L. rigidum</i> AEI	19,01	18,495 <b>ab</b>	11,40±0,2	11,100 <b>b</b>	19,60±0,7	20,650 <b>a</b>	0,80±0,5	<b>0,95c</b>	13,60±0,6	14,25 <b>b</b>	0,19±0,01	0,205 <b>a</b>	0,27±0,05	<b>0,34 a</b>	62,3±1,2	56,05 <b>a</b>	38,7±1,2	<b>38,05 a</b>	7,4±0,3	7,75 <b>a</b>
<i>L. rigidum</i> OT	17,98		10,80±0,6		21,70±0,2		1,10±0,3		14,90±0,3		0,22±0,06		0,41±0,08		49,8±1,2		37,4±0,9		8,1±0,5	
<i>P. minor</i> OD	15,26	<b>15,365b</b>	11,30±0,5	10,850 <b>b</b>	22,40±1,3	22,800 <b>a</b>	0,90±0,1	<b>0,95c</b>	18,70±0,4	19,25 <b>a</b>	0,09±0,08	<b>0,10 a</b>	1,06±0,02	<b>1,13 a</b>	60,6±1,4	<b>60,20 a</b>	30,4±1,7	31,60 <b>a</b>	10,6±0,2	10,00 <b>a</b>
<i>P. minor</i> OT	15,47		10,40±0,2		23,20±0,3		1,00±0,7		19,80±0,2		0,11±0,04		1,2±0,01		59,8±0,8		32,8±0,7		9,4±0,4	

MS: matière sèche ; MM : matières minérales ; CB : cellulose brute ; MG : matière grasse ; MAT : matières azotées totales ; NDF : neutral detergent fiber ; ADF : acid detergent fiber ; ADL : acid detergent lignin ; P : phosphore ; Ca : calcium. CV : M/P : moyennes population ; M/ESP : moyenne espèce ; Sur la même colonne, Les moyennes avec des lettres différentes sont statistiquement différentes à <0,05%.

### 3.4.1.2. Les paramètres de la Digestibilité *in vitro*

#### Analyse de la variance

Les statistiques descriptives font ressortir une grande variation des trois variables de la digestibilité. Ceci est particulièrement indiqué par les valeurs maximum qui sont supérieures à 70% et vont jusqu'à 83,60% pour la digestibilité *in vitro* de la matière organique (DivMO). Les valeurs minimum sont toutes supérieures à 50%. Les coefficients de variation sont particulièrement bas surtout en ce qui concerne la digestibilité réelle et la dégradabilité théorique de l'azote (dr et DTN<sub>2</sub>) (Tableau 25).

**Tableau 25.** Analyse descriptive des digestibilités des espèces étudiées.

Paramètres	Moyenne	Minimum	Maximum	CV%	Variance	Ecart-type	Asymétrie	Aplatissement
DivMO %	68,60	53,46	83,60	15,41	111,73	10,57	0,012	-1,44
DTN <sub>2</sub> %	70,99	60,60	78,35	8,55	36,83	6,069	-0,52	-1,11
dr %	66,73	58,10	72,64	7,038	22,058	4,70	-0,68	-0,86

DivMO : la digestibilité *in vitro* de la matière organique ; DTN<sub>2</sub> : Digestibilité théorique des protéines ; dr : digestibilité réelle des protéines; CV : coefficient de variation.

La DivMO et la DTN<sub>2</sub> sont les caractères les plus discriminants avec un effet très hautement significatif. Il existe des différences hautement significatives entre espèces étudiés pour la dr (Tableau 26).

**Tableau 26.** Analyse de la variance de la digestibilité des espèces étudiées.

Paramètres	SC	DDL	MC	F	P et Sign.
DivMO %	1215,88	5	243,18	111,08	0,000008***
DT N <sub>2</sub> %	392,17	5	78,43	36,36	0,000206***
dr %	222,42	5	44,48	13,20	0,003447**

DivMO : la digestibilité *in vitro* de la matière organique ; DTN<sub>2</sub> : Digestibilité théorique des protéines ; dr : digestibilité réelle des protéines. \*\* hautement significatif, \*\*\* : Très hautement significatif.

Suivant le test de Newman et Keuls, nous avons obtenu cinq groupes de moyennes pour la DivMO, représentant un indicateur de variabilités au sein des espèces étudiées avec des valeurs moyennes maximum pour *L. rigidum* (82,05%) et *P. minor* (79,70%) qui forment un premier groupe. Le reste des espèces constituent chacune un groupe distinct avec des valeurs allant de 70,39% (*M. littoralis*) à 54,04% (*P. albicans*) (Tableau 27).

Trois groupes se distinguent à travers la DTN<sub>2</sub> et la dr. Pour le premier (DTN<sub>2</sub>) les moyennes extrêmes sont détenues par *M. littoralis* (77,53%) qui avec *M. minima* et *P. minor* constitue un groupe distinct. *A. hamosus* et *L. rigidum* se caractérisent par des valeurs intermédiaires alors que *P. albicans* présente la moyenne la plus basse (61,45%). La plus forte

valeur en dr (71,57%) est attribuée à *M. minima*, qui forme un groupe avec *M. littoralis*, *P. minor* et *L. rigidum*, elle constituant un groupe intermédiaire avec *A. hamosus*. Cette dernière espèce avec *P. albicans* (59,25%) forme le 3<sup>ème</sup> groupe (Tableau 27).

**Tableau 27.** Moyennes de la digestibilité *in vitro* de la matière organique, la digestibilité réelle des protéines et la dégradabilité théorique de l'azote des espèces étudiées.

Caractères Espèces	DivMO %		DTN <sub>2</sub> %		dr%	
	MOY.	MOY/ESP	MOY.	MOY/ESP	MOY.	MOY/ESP
<i>P. albicans</i> SER	54,61±0,6	<b>54,04e</b>	62,3±1,0	<b>61,45 c</b>	60,4±0,6	<b>59,25 c</b>
<i>P. albicans</i> BI	53,46±0,8		60,6±0,4		58,1±0,9	
<i>A. hamosus</i> OD	60,1±0,8	59,62d	64,6±1,5	66,56 b	61,6±0,4	63,62bc
<i>A. hamosus</i> AO	59,13±0,6		68,52±1,4		65,63±0,3	
<i>M. littoralis</i> TA	68,6±0,3	70,39b	76,7±1,3	<b>77,53 a</b>	69,7±0,1	70,07 a
<i>M. littoralis</i> AO	72,18±0,9		78,35±0,7		70,44±0,1	
<i>M. minima</i> AEI	66,3±0,3	65,82c	75,8±0,8	76,36 a	70,5±0,9	<b>71,57 a</b>
<i>M. minima</i> AO	65,33±1,2		76,92±1,7		72,64±0,5	
<i>L. rigidum</i> AEI	83,6±0,9	<b>82,05a</b>	70,3±1,8	69,60 b	67,8±0,7	65,95ab
<i>L. rigidum</i> OT	80,5±0,7		68,9±0,6		64,1±0,2	
<i>P. minor</i> OD	80,1±0,4	79,70a	75,1±1,9	74,4 a	70,1±0,5	69,95 a
<i>P. minor</i> OT	79,3±0,1		73,8±1,2		69,8±0,6	

DivMO : digestibilité *in vitro* de la matière organique ; DTN<sub>2</sub> : dégradabilité théorique de l'azote ; dr : digestibilité réelle des protéines Sur la même colonne, les moyennes avec des lettres différentes sont statistiquement différentes à <0.05%.

La digestibilité réelle (dr) est élevée (71,57 et 70,07%) pour les deux espèces de *Medicago* issues du Nord des steppes centrales et les deux populations de *P. minor* (69,95%). Celle de *L. rigidum* est inférieure avec une moyenne de 65,95%. La plus faible valeur est à attribuer à *P. albicans* (59,25%). La même constatation est à faire pour la DTN<sub>2</sub>.

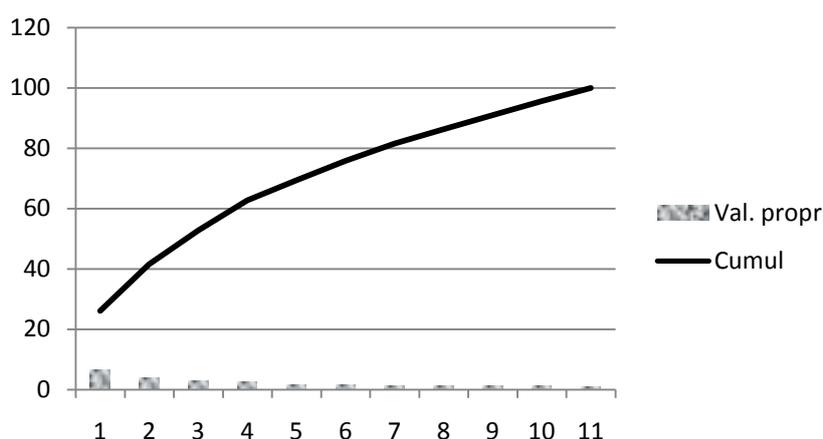
La digestibilité *in vitro* de la matière organique est plus important pour *L. rigidum*, quel que soit leur provenance (82,05%). Il est le plus faible pour *P. albicans* (54,03%). Les autres espèces prennent des valeurs intermédiaires.

Les espèces étudiées ont une composition chimique caractérisée par des constituants intervenant dans leur potentiel énergétique (CB, NDF, ADF, ADL) qui ne varie pas entre eux ( $p > 0,005$ ). Le milieu semble avoir le même effet sur l'ensemble des espèces. Par contre pour la teneur en MAT, la différence hautement significative entre les espèces, semble être plus liée à la famille qu'à l'espèce. On note une teneur moyenne assez élevée en azote pour les Fabacées originaires du Nord de la steppe avec au premier plan *A. hamosus* AO (28,61%), un taux en MM de 19,08% pour *P. albicans* AEI) et également des teneurs en MS et en CB relativement élevées (23,85 % pour *M. minima* AEI et 35,5 % pour *A. hamosus* OD). Nous constatons que l'ensemble des espèces étudiées présente une digestibilité élevée.

### 3.4.1.3 Analyse en composantes principales

On constate que le premier (axe 1) recèle 26,08% de la variance totale, le suivant décroissant régulièrement à partir 15,42 % (axe 2). Cela signifie que, si on représente les données sur un l'axe (1-2), on aura toujours 41,50 % de la variabilité totale qui sera préservée (Figure 2).

D'après ces résultats, nous remarquons que ces premiers axes représentent une bonne description de la dispersion des individus puisqu'ils expliquent presque la moitié (41,5 % d'inertie cumulée) de la variation totale ; donc il n'y a pas une séparation nette des premiers axes.



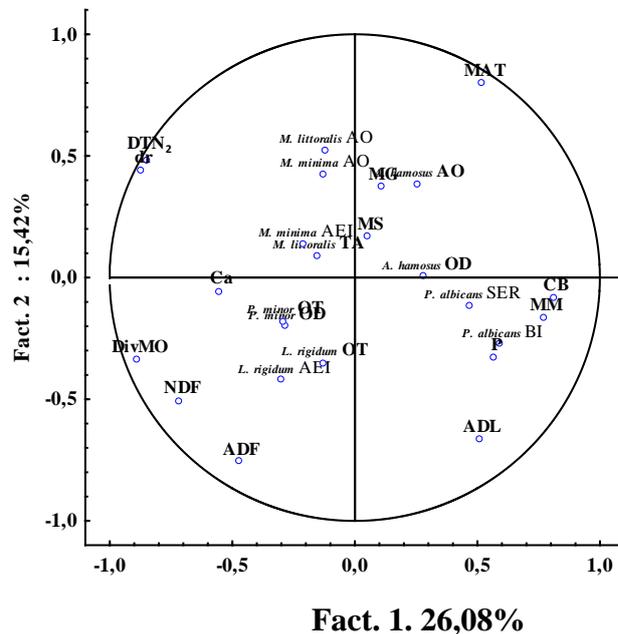
**Figure 56.** Analyse en composantes principales Valeurs propres de la composition chimique et la digestibilité des six espèces étudiées.

On note que les variables MM, CB, DivMO, DTN<sub>2</sub>, dr, NDF et les deux populations de *P. allicians* sont fortement liées à la formation de l'axe 1. Parallèlement, les variables MAT, ADF, ADL de *M. littoralis* AO, *A. hamosus* AO, *M. minima* AO et *L. rigidum* AEI sont liées à l'axe 2 (Figure 3).

Les constituants de la digestibilité (DivMO, DTN<sub>2</sub>, dr), eux même positivement liés ont de fortes corrélations avec la composition chimiques des différentes espèces étudiées en particulier CB, MM et MAT (Figure 3). Cette dernière variable est négativement liée aux constituants des parois (ADF, NDF) et la DivMO. Par contre L'ADL et P sont liés négativement avec DTN<sub>2</sub> et dr. Il apparaît que le NDF va dans le même sens que l'ADF, Ca et DivMO.

MM, CB et MAT, DTN<sub>2</sub>, dr sont les variables les plus discriminantes sur le plan de l'axe 1-2 positivement et sont indicateurs des Fabacées et *P. albicans*, contrairement à certains

constituants des parois cellulaires (NDF et ADF) et la DivMO qui sont illustrées par les *Poacées* (*Lolium* et *Phalaris*) (Figure 57).



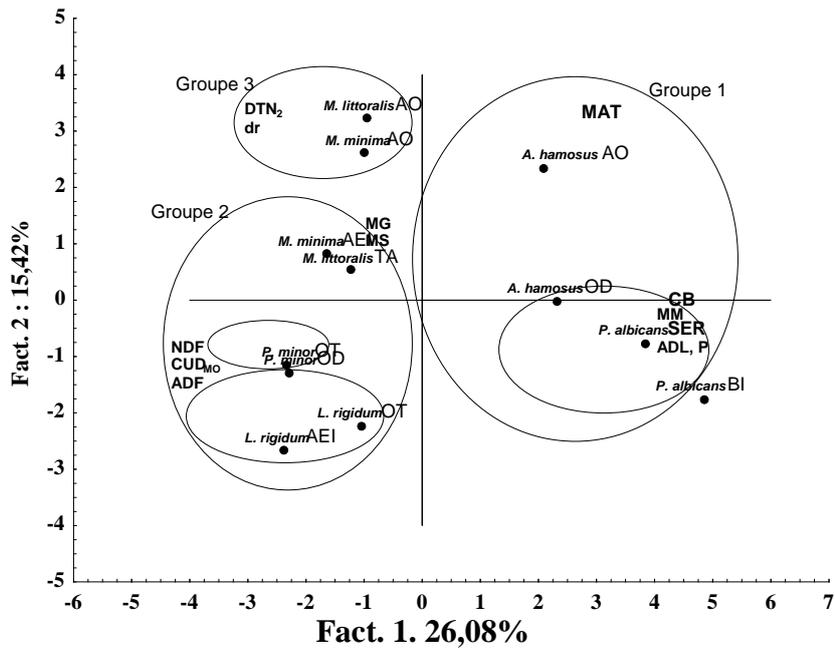
**Figure 57.** Analyse en composantes principales Cercle des corrélations de la valeur nutritive des six espèces étudiées.

La projection des individus sur le plan 1-2 a permis de révéler l'existence de trois groupes (Figure 58).

Ce sont *P. albicans* (Plantaginacée) et *A. hamosus* (Fabacée) qui constituent le groupe 1 avec les moyennes les plus élevées pour les variables CB , MM et MAT (ce dernier uniquement pour *A. hamosus*) pour lesquelles les moyennes générales sont respectivement:  $32,150 \pm 0,37$ ,  $18,80 \pm 0,4$  et  $26,70 \pm 2,69$  (Figure 58).

Le second groupe est constitué de deux sous-groupes, le premier est formé par les populations du Sud appartenant au même genre (*M. littoralis* TA et *M. minima* AEI) caractérisées par les moyennes globales les plus fortes pour les caractères MG, et MS dont les moyennes globales sont de  $2,15 \pm 0,35$  et  $22,575 \pm 1,8$  respectivement. Le second sous-groupe est représenté par les *Poacées* (*L. rigidum* et *P. minor*) qui affichent les valeurs limites supérieures pour ADF ( $38,05 \pm 0,92$ ), la DivMO ( $82,05 \pm 2,19$ ) et NDF ( $60,2 \pm 0,57$ ) et le Ca ( $1,13 \pm 0,10$ ) respectivement (Figure 58).

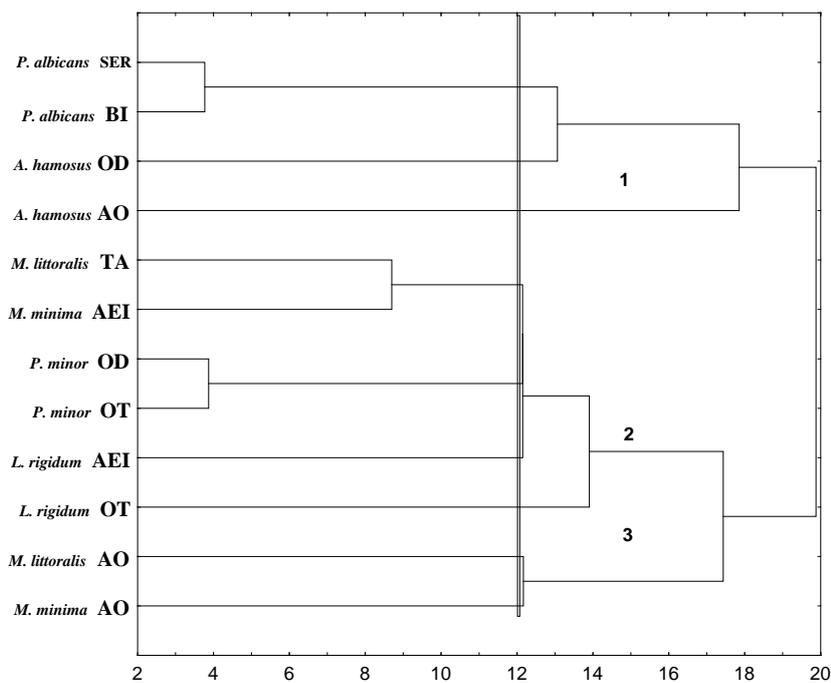
Le troisième groupe est composé des populations du Nord des steppes appartenant aux espèces du genre *Medicago* (*M. littoralis* AO et *M. minima* AO) avec les plus fortes moyennes globales ( $77,525 \pm 1,17$  et  $71,57 \pm 1,51$ ) pour le DTN<sub>2</sub> et dr (Figure 58).



**Figure 58.** Analyse en composantes principales. Distribution des individus de la valeur nutritive des six espèces étudiées.

#### 3.4.1.4. Classification hiérarchique ascendante

La CAH confirme les résultats obtenus par l'ACP illustrés par le dendrogramme de la figure 5. On note que le 1<sup>er</sup> groupe est formé par les populations de deux espèces des *P. albicans* et *A. hamosus* avec une distance très rapprochée, ce qui indique une ségrégation inter-espèces avec une distance d'agrégation 17,85 (Figure 59). Le second groupe est constitué de 3 genres, *Medicago*, *Lolium* et *Phalaris* avec une distance d'agrégation de 13,90.



**Figure 59.** Classification hiérarchique ascendante de la valeur nutritive des six espèces étudiées.

Ce dernier est scindé en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe est constitué des 2 populations issues du Sud appartenant aux deux espèces du genre *Medicago* (*M. littoralis* TA et *M. minima*AEI) alors que le second sous-groupe est strictement lié aux Poacées (*L. rigidum* et *P. minor*). Par contre les *Medicago* originaires du Nord des steppes se détachent et forme un groupe à part avec une distance de 12,17.

### 3.4.2. Discussion

Du point de vue composition chimique et digestibilité, on note une grande diversité entre les espèces étudiées.

Les caractères les plus discriminants semblent être liés aux variables de la digestibilité (DivMO, DTN<sub>2</sub>, dr) et accessoirement à celle de la composition chimique (MAT, MG et MM). Parmi les éléments de la composition chimiques, les MAT sont relativement élevées et dépassent 20% pour les espèces appartenant aux Fabacées (*Astragalus* et *Medicago*) et *P. albicans* et sont nettement plus basses pour les Poacées. Nos résultats sont plus élevés que ceux rapportés par Bechet *et al.*, (1982) sur *Plantago albicans* et *Lolium rigidum* au niveau de la steppe de la région de Saida (Steppes sud-oranaises) en période printanières (8,5 et 8,3 % de MS). Pour des coupes de printemps de *L. rigidum*, Molle *et al.* (2003) rapportent des résultats analogues aux nôtres (entre 20,83 à 23,12% de MS).

Clements (1971), sur plusieurs espèces du genre *Phalaris* de différentes origines (Afrique du Sud et d'Afrique du Nord, Inde et de Grèce) et de leurs hybrides, rapporte que *P. minor* possède un contenu azoté très bas (1,81 % de MS). La même étude rapporte la supériorité des écotypes Nord-Africains et leurs hybrides pour ce paramètre. Ainsi, pour *P. minor*, l'azote total varie entre 2,54% pour les populations originaires d'Égypte), 1,28% pour celles du Maroc et 2,11% (originaires de Lybie) ; alors que ceux d'Inde prennent des valeurs de 1,07% et 1,90 ; ceux et de Grèce ont atteint 1.98%.

El-Zanaty *et al.* (2010) ont enregistré des valeurs plus fortes (6,68 à 8,01%) pour *P. minor* au niveau de wadi Halazien durant le printemps et l'automne. Les plus fortes moyennes (16,60 et 19,50%) appartiennent à *Medicago polymorpha*. Sur les 20 populations méditerranéennes d'*A. hamosus*, Davis (1973) a noté des matières azotées relativement basses (10,7 à 14,2% de MS), valeurs proches de celles de Cevheri *et al.* (2013) avec 9,98% sur les échantillons de la même espèce prélevés de la région semi-aride de Şanlıurfa (Turquie). Le cultivar Ceres Tonic (*Plantago lanceolata*) et un ray-grass hybride tétraploïde (*L.*

*bouchaenum* Kunth syn. *L. hybrid cv Galaxy*) contiennent 16,6 et 12 % de matière protéique (Bilbao *et al.* 2007).

Sur 600 échantillons de foin de Luzerne pérenne d'Afrique du Sud, la moyenne des mesures en MAT est de 207 g/kg de MS (Scholtz *et al.*, 2009); résultat également à imputer à Martinson *et al.* (2012) sur le foin trempé de la même espèce.

Pour la matière grasse (MG), nous notons la même tendance avec une valeur maximale de 2,4% (moyenne de 1,5%) pour les deux luzernes annuelles et *P. albicans*. Les Poacées avec *A. hamosus* possédant les plus faibles valeurs. Les échantillons de *Cenchrus ciliaris* et *Panicum turgidum* (Poacées) originaires du désert du Cholistan (Pakistan) et récoltées durant la saison de mousson, présentent des valeurs semblables aux nôtres (1,50 et 2,49%) (Rafay *et al.*, 2013).

Pour les matières minérales (MM), mise à part *Plantago albicans*, nos données se rapprochent de celles de Bechet *et al.* (1982)(13,3 et 13 %MS). Selon Cevheri *et al.* (2013) *A. hamosus* affiche 11,1% à la mi-floraison. Pour *Lolium perenne* et *Phalaris brachistachys* (en début de formation des graines) les quantités des matières minérales sont de 6% (Licitra *et al.*, 1997). Selon les mêmes auteurs, *M. hispida* possède des quantités bien plus importantes en période végétative (14,3 g/kg MS).

Le cultivar 'Zodiac' de *Medicago murex* (Fabacée) testé dans la région Nouvelles Galles du Sud (Australie), les matières minérales étaient de 97 g/kg MS (Li *et al.*, 1992).

Le comportement des espèces prises en compte est similaire concernant le phosphore (P) et le calcium (Ca) mais également les variables se rapportant à la cellulose brute (CB) et les parois cellulaires (NDF, ADF et ADL) avec des maxima de 62,3%, (*L. rigidum* AEI), 45,8 (*M. littoralis* AO) et 12,1 (*P. albicans* BI) alors que les minima sont de 21,56, 19,8 et 4,8% et représentent *M. littoralis* AO, *A. hamosus* AO et *M. minima* AO. Nous notons également une complémentarité entre les représentants des familles prises en compte. Ainsi les 3 Fabacées et *P. albicans*, malgré la forte proportion en cellulose brute (CB) qu'elles contiennent, on note que l'équilibre proviendrait des matières minérales, grasses et protéiques (MM, MG et MAT). Elles contiennent globalement moins de parois cellulaires totales (NDF et ADF) ; contrairement aux Poacées (*Lolium* et *Phalaris*) qui présentent les plus fortes digestibilités suivies des espèces de *Medicago* qui affichent une dégradabilité (DTN<sub>2</sub>) ainsi qu'une digestibilité réelle des protéines (dr) les plus importantes.

Khan *et al.* (2013) rapportent des valeurs très élevées pour *P. minor* surtout en ce qui concerne les parois cellulaires (NDF) qui atteignent 78,32% et 34,41% pour l'ADF ; bien que la CB soit basse (20,69%) et encore moindre pour *A. hamosus* (12-21%) (Davis, 1973).

Givens *et al.* (1992) rapportent des valeurs plus basses (6,7 et 7,5 g/kg MS pour Ca et 3,7 et 3,9 g/kg de MS pour P) que les nôtres pour le ray-grass pérenne et la fétuque élevée séchés en début de saison de production en Angleterre.

Arbouche *et al.* (2012) ont enregistré entre 15,7 et 22,8 % MS en cellulose brute au niveau d'une strate herbacée et au stade débourrement au Mont Metlili (Nord Est de l'Algérie). Selon Zoghلامي *et al.* (1995), la cellulose brute d'une association (*Medicago sativa-Phalaris tuberosa*) évolue de 27,7 à 30,9 %MS.

Au Nord-ouest de la Sardaigne, *L. rigidum* et *H. coronarium*, distribués comme complément présentent, en début de printemps, 40,30 et 25,87 %MS pour NDF ; 20,96 et 14,63% MS pour ADF ; 0,76 et 4,42% MS ADL (Molle *et al.* 2003). Durant un cycle premier de 10 semaines, Scehovic (1979) a rapporté 27,4 % de lignocellulose et 3,41 % de MS en lignine sur *Lolium multiflorum*.

Contrairement à nos résultats, Cevheri *et al.* (2013) ont enregistré des valeurs plus faibles en NDF (37,7%), ADF (27%) pour *A. hamosus* qui, cueillie à la mi-floraison dans la région de Hybla (Sud de la Sicile) a cumulé 31,5 % en MS, 26,0% en NDF, 16,9% en ADF et 2,5 % en ADL (Licitra *et al.*, 1997). Selon les mêmes auteurs, *Medicago rugosa* en début de formation des gousses affiche 36,9 ; 43,8 ; 28,7 et 4,3% respectivement pour les mêmes caractères pour lesquels nos espèces, issues d'un environnement steppique et probablement possédant un potentiel pour cumuler plus de parois cellulaires, présentent des valeurs plus élevées.

Les DivMO sont importantes (54,035% en moyenne pour *P. albicans*), ils sont autour de 65 à 72% pour les espèces appartenant aux Fabacées et atteignent un peu plus de 80 % chez les représentants des Poacées (*Lolium* et *Phalaris*). De même, la dégradabilité théorique de l'azote (DTN<sub>2</sub>) est relativement faible (61,45%) pour *P. albicans* et a atteint des valeurs les plus élevées (77,53, 76,36 et 74,4%) pour les deux luzernes et *P. minor*.

La digestibilité réelle des protéines (dr) est remarquablement importante. Les proportions les plus élevées (71,57, 70,07 et 69,95%) caractérisent les deux luzernes annuelles (*M. minima* et *M. littoralis*) et *P. minor*. *L. rigidum* et *A. hamosus* occupent une position intermédiaire alors que *P. albicans* affiche les plus faibles moyennes (59,25%).

Selon Weiss et Demarquilly (1970), au cours du premier cycle de végétation, la digestibilité d'une espèce donnée dépend étroitement de son stade phénologique. Elle présente des valeurs élevées au début du premier cycle (85 % pour le ray-grass anglais et 80 % pour la fléole). La digestibilité diminue ensuite de façon continue et rapide (0,5 à 0,6 point par jour) pour atteindre, à la floraison des valeurs de l'ordre de 65 % et 57 % respectivement pour les mêmes espèces. Pour les légumineuses, la digestibilité de la luzerne évolue de 80 %

au début du premier cycle à 60 % à la floraison, celle du trèfle violet respectivement de 85 à 70 %. Scephovic (1979) cite une digestibilité *in vitro* de la MO supérieure à nos résultats (76,9% de MS) pour *Lolium multiflorum* lors du premier cycle de végétation. Bechet *et al.* (1982) ont enregistré une digestibilité de la MO *in vitro* plus faible (55.7 et 55.4%) des pousses vertes de *P. allicians* et *L. rigidum* prélevées sur les parcours steppiques de la région de Saida.

Sur plusieurs espèces du genre *Phalaris* et leur hybrides de différentes régions (dont l'Afrique du Nord, l'Inde et la Grèce) testées dans la région Palmerston North à climat tempéré (N-Zélande), Clements (1971) montre que *P. minor* possède une digestibilité *in vitro* de la MO de l'ordre 74,4% MS devancé par *P. brachystachys* avec 75,1% de MS. La plus haute valeur appartient au croisement *P. brachystachys X P. minor* (76,7% de MS).

D'autre part, les talles de *P. minor* originaires d'Afrique du Nord, Inde et Grèce, et leur hybrides montrent bien la supériorité des écotypes Nord Africains (IVDMO de 76,9 %MS pour les écotypes du Maroc, 75,8% pour ceux d'Égypte) et 74,4% MS pour ceux de Lybie ; alors que les écotypes issus de Grèce et d'Inde fluctuent entre 71,9 et 73,8% de MS. Nos espèces, testées à une latitude recevant moins de pluie, présentent des résultats légèrement inférieurs à ceux cités ; ceci est dû à la différence de milieu (sol et climat) des sites d'essai qui ont une influence sur l'expression de la valeur nutritive.

Par contre pour Arzani *et al.* (2006), la digestibilité de la MS de *Plantago lanceolata* atteint 54,8% dans les parcours des Monts Zagros (Iran) et 71% pour *A. hamosus* issu de la région de Hybla (Sud de la Sicile). La dégradabilité des protéines étant de 62,7% (Licitra *et al.* 1997).

Durant quatre saisons de suivi dans une région chaude tempérée d'Australie, la dégradabilité réelle dans le rumen des protéines a été de 132g/kg de MS et 144g/kg de MS pour le ray-grass pérenne et *Phalaris* en période estivale alors qu'en hiver elle augmente (132 et 166 g/Kg de MS) pour les mêmes espèces (Fulkerson *et al.*, 2007).

*Medicago murex* (cultivar Zodiac) testé dans la région centre Ouest de la Nouvelle Galle du Sud (Australie) affiche une digestibilité *in vitro* (pepsine-cellulase) de la matière sèche de 47.3% (Li *et al.*, 1992).

### 3.4.3. Prédiction des paramètres de la digestibilité des espèces étudiées

#### 3.4.3.1. Elaboration des modèles

Les résultats du modèle élaboré sont présentés dans tableau 28 et illustrés par la figure 6. Les équations permettant les meilleures prévisions sont linéaires, ce qui concorde avec les observations de Holloway *et al.* (1981).

Dans nos conditions expérimentales, les coefficients de détermination de la variabilité sont expliqués par la composition chimique et la digestibilité notamment. Une partie de cette variabilité serait imputable à de tiers facteurs qui ne sont pas pris en considération dans cette étude.

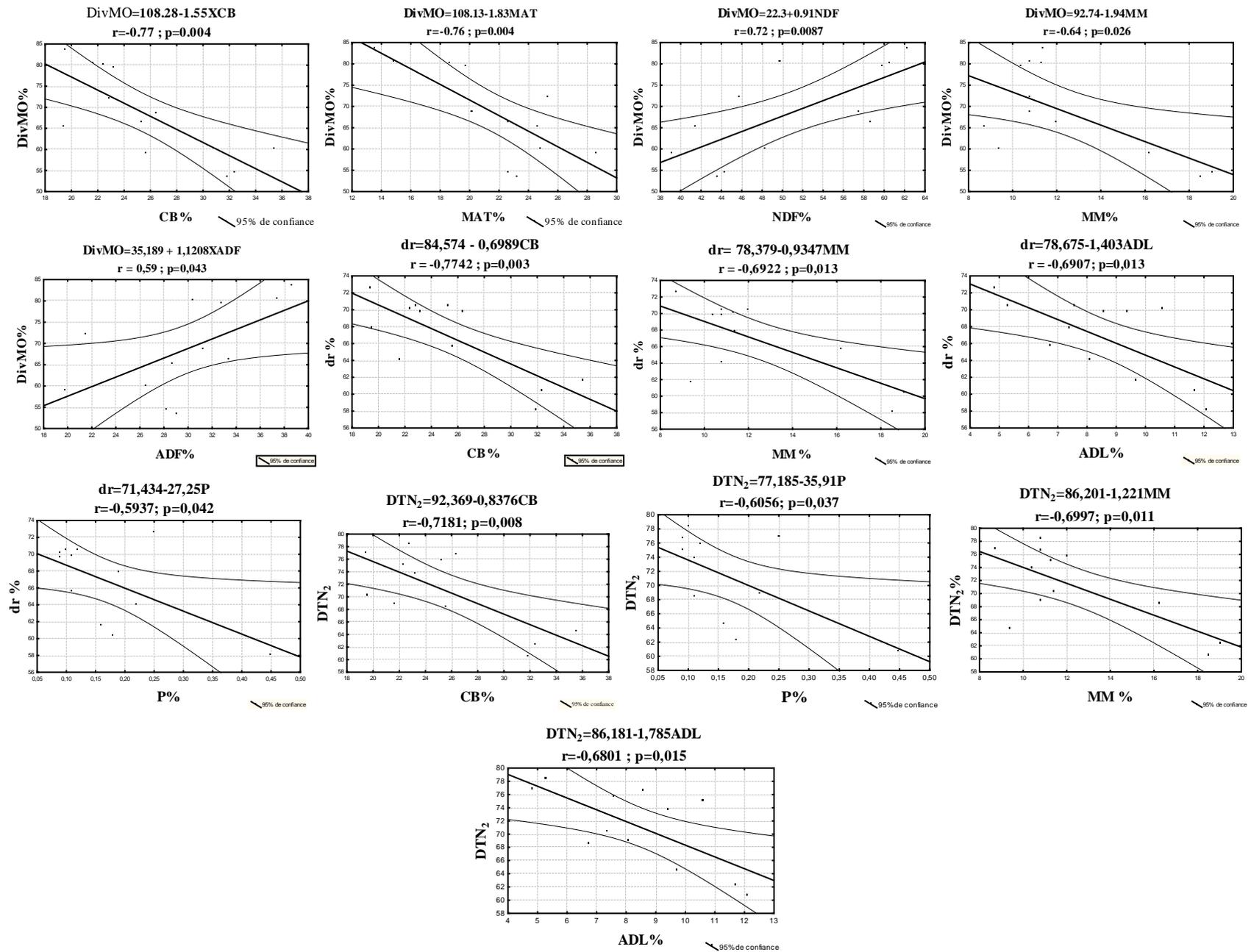
La variabilité est expliquée à hauteur de 92% par la DivMO. La composition chimique (CB, MM, MAT) et certains composés pariétaux (NDF, ADF) permettent d'expliquer respectivement 77, 66, 64, 71 et 59% du total de l'information (Tableau 2). La variance expliquée reste cependant plus faible que dans les modèles de prédiction de la valeur nutritive des fourrages. D'autres variables doivent donc être prises en compte dans le modèle pour mieux expliquer les variations de la digestibilité.

**Tableau 28.** Modèle linéaire, régressions simples et équations d'estimation de la digestibilité par la composition chimique.

Var dépend.	R Multiple	R <sup>2</sup> Multiple	R <sup>2</sup> Ajusté	p	Coeff. corr.	Equations	p corr.	E-E	n
DivMO	0,92	0,85	0,83	p<0,001	R=-0,64	DivMO=92,74-1,94MM	0,026	8,54	12
					R=-0,77	DivMO =108,28-1,55CB	0,004	7,14	12
					R=-0,76	DivMO =108,13-1,83MAT	0,004	7,25	12
					R= 0,72	DivMO =22,3+0,91NDF	0,009	7,72	12
					R= 0,59	DivMO =35,19+1,12ADF	0,043	8,90	12
					R= 0,29	/	0,350	/	12
CB	0,77	0,60	0,56	p<0,01	R= 0,66	CB=12,87+1,49ADL	/	/	12
NDF	0,71	0,51	0,46	p<0,01	R= 0,70	NDF=19,96+1,04ADF	/	/	12
MM	0,66	0,44	0,39	p<0,05	/	/	/	/	12
MAT	0,64	0,41	0,35	p<0,05	R =-0,91	MAT=42,87-0,71ADF	/	/	12
					R=-0,72	MAT=40,68-0,37NDF	/	/	12
ADF	0,59	0,34	0,28	p<0,05	/	/	/	/	12

**MM:** matières minérales; **CB:** cellulose brute; **NDF:** Neutral detergent Fiber; **ADF:** Acid detergent fiber; **ADL:** Acid detergent lignin; DivMO: la digestibilité *in vitro* de la matière organique.

Les variables de la composition chimique contribuent, avec une forte présomption, à expliquer la variable dépendante (DivMO). C'est la CB et l'azote (MAT) qui présentent les liaisons les plus étroites suivies du NDF, MM et ADF (Tableau 28) pour expliquer la digestibilité de la matière organique qui n'est pas influencée par l'ADL. Nous constatons que lorsque la CB, MM, MAT diminuent d'un point, l'énergie augmente respectivement de 1,5 1,94 et 1,83; alors qu'une augmentation d'un point de NDF, ADF implique une élévation de 0,91 et 1,12 du DivMO, respectivement (Figure 60).



**Figure 60.** Relations entre les paramètres de la digestibilité *in vitro* et la composition chimique des espèces étudiée.

La DivMO soumise à l'effet de l'appartenance botanique des espèces, montre que ce sont les deux Poacées (*L. rigidum* et *P. minor*) qui ont les plus fortes DivMO à l'inverse de *P. albicans* caractérisé par la plus faible moyenne. Les Fabacées (*M. littoralis*, *M. minima* et *A. hamosus*) ont des moyennes intermédiaires.

Pour l'estimation de la DivMO, nous avons utilisé les modèles multiples qui englobent les variables de la composition chimique (CB, MAT, NDF, ADF). L'équation du tableau 29 offre les meilleurs résultats avec une forte préservation de la variance ( $R^2$  ajusté= 0,86) et une faible erreur d'estimation. Le modèle ci- après suggère que les espèces ayant les DivMO les plus élevées ont également des CB et MAT les plus faibles mais sont dotées par contre de plus fortes proportions en parois cellulaires (NDF) (Tableaux 24 et 27). Ceci est parfaitement illustré par les deux Poacées (*L. rigidum* et *P. minor*) contrairement à *P. albicans* jouant un rôle intermédiaire sur le plan matières azotées totales. L'équation la plus appropriée est:  $DivMO=142,49-0,10CB-0,19MAT$ .

**Tableau 29.** Modèles de régression multiple de prédiction de la digestibilité *in vitro* de la matière organique.

	Bêta	Err.- Type	B	Err.- Type	t	p	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajusté	F	p	ES
<b>Ord. Orig.</b>			142,49	30,79	4,63	0,0024	0,957	0,916	0,868	19,174	0,0007	3,82
<b>CB%</b>	-0,499	0,121	-0,101	0,247	-4,10	0,0045						
<b>MAT%</b>	-0,783	0,287	-0,189	0,695	-2,72	0,029						
<b>NDF%</b>	0,382	0,158	0,482	0,200	2,490	0,046						
<b>ADF</b>	-0,562	0,272	-1,063	0,515	-2,06	0,077						

CB: cellulose brute; MAT: matière azotée totale; NDF: Neutral detergent Fiber; ADF: Acid detergent fiber; ADL: Acid detergent lignin. ES : erreur de l'estimation.

### 3.4.3.2. Discussion

Les équations permettant les meilleures prévisions sont linéaires, ce qui concorde avec les observations de Holloway *et al.* (1981) pour l'estimation de la digestibilité de la MS.

La méthode enzymatique (pepsine-cellulase) prédit la digestibilité de la matière organique des aliments avec une plus grande précision que les procédés faisant intervenir les NDF et ADL selon Aufrère et Michalet-Doreau (1988). Cependant, la spectrométrie au proche de l'infrarouge (SPIR) permet une prévision plus précise de la DMO des foins de mélanges graminées-légumineuses que ne le fait la composition chimique et la digestibilité pepsine-cellulase (Aufrère *et al.* 2006). Les résultats issus de la présente étude démontrent que, pour l'échantillon pris en compte, le prédicateur le plus discriminant dans les modèles présentés est la DivMO, suivi de près par la CB, NDF, MM. La DivMO est expliquée surtout par la CB et MAT, variables respectivement représentées par *P. albicans* et les Poacées (*P. minor* et *L.*

*rigidum*) et *A. hamosus* qui contiennent une faible fraction indigestible (ADL). Bhatta *et al.* (1974), ont rapporté que le coefficient de digestion était significativement corrélé aux MAT ( $R=-0,58$ ;  $P\leq 0,05$ ) et aux cendres ( $R=-0,56$ ;  $P\leq 0,05$ ) pour le blé, alors que pour l'orge il est plutôt lié à la MG ( $R=0,50$ ;  $P\leq 0,01$ ), et à la CB ( $R=-0,52$ ;  $P\leq 0,01$ ). Ceci a été rapporté par Sauvante *et al.* (2002) dans les tables éditées par l'INRA avec des précisions plus importantes ( $R=0,86$ ;  $ETR=3,6$ ) qui attestent de l'influence des parois cellulaires (ADF) et de la CB pour la prévision de la DMO des fourrages déshydratés (Graminées et luzernes).

Aufrère et Michalet-Doreau (1988) ont estimé la digestibilité de la matière organique à partir de la cellulose brute (CB g/kg MS) par une équation avec une faible précision:  $DMO=84,5-0,54XCB$  ( $R=0,575$  ;  $RSD=12,5$ ;  $N=24$ ). L'ajout des effets des MAT, MM ou l'amidon n'améliorait pas la précision de la prédiction. Pour les mêmes auteurs l'utilisation de la technique de la pepsine cellulase améliore nettement ( $R=0,93$ ) la prédiction de la DMO.

Ceci confirme les résultats de Chenost (1985) sur les fourrages verts et les prairies naturelles dont les digestibilités sont comprises entre 55 et 80% et des teneurs en matière azotée fécale de 8 à 30%. Il a rapporté que les liaisons entre la DMO et les MAT fécales sont étroites et parfois meilleures que celles obtenues à partir de l'ajout de la teneur en MAT fécales, en cellulose brute et en cendres. Par contre, pour Semsar *et al.* (2008), la lignine (ADL) semble être plus déterminante que les MAT et ADF pour la prédiction de la DMO de certains fourrages ; avec une plus grande présomption chez les légumineuses que les graminées. Toutefois, l'ajout des autres variables améliore peu ou pas la précision avec, pour les Graminées,  $dMO=60,99+0,14XMAT$ ;  $R=0,67$ ;  $dMO=93,79-0,06XADF$ ;  $R=-0,69$ ;  $dMO=92,99-0,43XADL$ ;  $R=-0,77$  et  $dMO=60,61+0,09XMAT$ ;  $R=0,78$ ;  $dMO=97,57-0,07XADF$ ;  $R=-0,89$ ;  $dMO=95,47-0,28ADL$ ;  $R=-0,94$  pour les légumineuses.

Nos observations font ressortir une nette différence en DivMO entre les espèces prise en compte. Ceci est vraisemblablement dû non seulement à la nature de l'appartenance botanique des Poacées qui cumulent naturellement, à stade équivalent plus de parois cellulaires, mais également à leur milieu d'origine (steppique). Étant issues de milieu aride, elles adoptent probablement une stratégie de cumul des parois à un stade phénologique précoce tout en préservant leur caractère énergétique.

L'ajout de l'ADL, considéré par la littérature comme élément prédominant et décisif des modèles d'estimation (Giger-Reverdin *et al.* 1990), ne rentre pas en ligne de compte dans la prédiction et ceci en raison, probablement du jeune âge des plantes testées. Ce facteur ne semble pas avoir d'influence sur la détermination de la DivMO. Nos observations vont dans le sens de Baumont *et al.* (2008) qui ont trouvé que les Fabacées, comparées aux Poacées, à

stade de développement comparable sont moins pourvues en parois cellulaires ce qui leur confère une faible digestibilité.

Les composants chimiques sont moins précis pour prédire la DMO à l'inverse des techniques in situ d'après Gosselink *et al.* (2004) qui ont conclu que, sur différents fourrages, les MAT, NDF et ADF ne constituent pas des paramètres importants ( $p > 0,05$ ) pour la prédiction de la DMO. L'appartenance botanique influe sur les prédictions de la DMO entre les graminées et légumineuses. Nos résultats indiquent que la combinaison de la cellulose brute avec les matières azotées totales demeurent de bons prédicateurs de la digestibilité de la matière organique avec une précision acceptable. Ceci confirme que la qualité des fourrages est améliorée dans les associations graminées-légumineuses, les valeurs de solubilité enzymatique et de teneurs en MAT étant supérieures et les teneurs en parois (NDF) inférieures (Baumont *et al.* 2008).

### 3.5. Synthèse

La présente étude représente une contribution à la connaissance des ressources pastorales spontanées originaires des steppes algériennes. Les résultats relatifs à la valeur nutritive mettent en relief une grande variabilité de la composition chimique et des paramètres de la digestibilité de l'échantillon pris en compte. Hormis les composantes des parois (ND, ADF, ADL), la cellulose brute, une fraction des minéraux (P, Ca), l'analyse statistique révèle des différences entre les espèces étudiées pour autres paramètres (MM, MG, MAT, DivMO, DTN<sub>2</sub>, dr). Les espèces appartenant au Fabacées (*Medicago*, *Astragalus*) possèdent les moyennes les plus importantes pour la matière grasse (MG) et les protéines (MAT) suivies de *Plantago albicans*. Cette dernière espèce comporte les proportions les plus élevées en minéraux et cellulose brute. Les plus basses valeurs de ces paramètres caractérisent les deux Poacées (*Lolium rigidum*, *Phalaris minor*). La digestibilité *in vitro* de la matière organique (DivMO) de ces deux espèces est élevée par rapport, surtout, à *P. albicans*, marquée par les plus faibles valeurs de tous les caractères des trois paramètres (DivMO, DTN<sub>2</sub>, dr). Les luzernes annuelles suivies de *P. minor* montrent les protéines digestibles les plus fortes.

Les modèles présentés concernent un échantillon de certaines ressources pastorales perçues comme palatables et reposant sur des paramètres de la composition chimique et de la digestibilité. La marge d'erreur reste relativement basse pour un apport d'information appréciable. Parmi les éléments étudiés de la composition chimique telle la CB, facteurs simples à reproduire paraissent les plus aptes à prédire la DivMO. Cette première

investigation montre que les composantes de cet échantillon sont complémentaires et peuvent constituer une ration convenable pour l'alimentation des ruminants. D'autre part, elle confirme les résultats des méthodes classiques sur un nouveau matériel végétal, très peu étudié et provenant d'un milieu soumis à des contraintes écologiques sous l'effet des changements climatiques et de la désertification. Elle doit, cependant, être renforcée par des tests sur une gamme d'espèces plus importante à différentes latitudes du pays et incluant l'emploi des animaux. Ceci permettrait de créer une base de données des fourrages adaptés au contexte Algérien et ainsi contribuer à apporter des solutions aux nombreux problèmes qui s'opposent à l'amélioration des performances animales.

## **CHAPITRE IV**

Etude Caryologique de Quelques Populations  
de *Plantago albicans* L. Originaires des Steppes  
Centrales Algériennes

## 4.1. Introduction

Le genre *Plantago* L. (Plantaginacée) comporte près de 200 espèces d'herbes annuelles et pérennes et d'arbrisseaux à distribution mondiale (Rønsted *et al.*, 2002). Certaines espèces, économiquement importantes sont cultivées (Pramanick & Sen Raychaudhuri, 1997), d'autres sont hautement palatables (Le Houérou & Ionesco 1973).

*Plantago albicans* L. est une hémicryptophyte native de la région méditerranéenne, la Turquie et l'Iran (Greuter *et al.* 1989; Tutel *et al.*, 2005; Pedrol, 2009). Morphologiquement, elle est reconnaissable par son aspect argenté et ses feuilles lancéolées (Coste Abbé, 1937; Quézel & Santa, 1963). Ses fleurs sont discrètes et sa pollinisation est anémophile (Soekarjo, 1992). Sa base rhizomateuse porte des rejets qui assurent sa survie durant la période sèche (Puech *et al.*, 1998) et sa régénération durant la période de croissance (Pontanier *et al.*, 2003).

C'est une espèce largement répandue suivant un large éventail altitudinal (0-1300 mètres) (Veiga-Barbosa & Pérez-García, 2014). En Espagne, elle pousse dans les lieux incultes, les pentes, les pâturages caillouteux et dans les sols secs et exposés au soleil (Pedrol, 2009). Moins fréquente en Italie, elle est restreinte aux habitats secs et sablonneux (Pignatti, 1982). En Afrique du Nord, *P. albicans* colonise les lieux ouverts et secs dans des milieux très hétérogènes (Puech *et al.*, 1998) et se rencontre sur différents types de sols (Vernet, 1958). Elle fait partie des cortèges floristiques de *Stipa tenacissima* sur glaciis caillouteux du Tafoughatl dans l'Est du Maroc (Acherkouk *et al.*, 2011) et croit sur les dépôts éoliens sableux dans les zones côtières d'Égypte (El-Nahrawy, 2011).

En Algérie, *P. albicans* est parmi une vingtaine d'espèces du genre *Plantago* poussant dans différents habitats et conditions bioclimatiques (Quézel & Santa, 1963). Elle est moins commune dans le Tell littoral et croit à moins de 400 mm de précipitations (Le Houérou, 1995) sur des croûtes avec des sables plus ou moins fixés au niveau des matorrals, des steppes à alfa et à armoise blanche (Pouget, 1980 ; Djebaili, 1984) et peut atteindre la lisière Nord du Sahara (Ozenda, 2004).

Les études en caryologie du genre *Plantago* ont fait ressortir des niveaux élevés de ploïdie, considérée comme un processus majeur de l'évolution des plantes (Petit & Thompson, 1999) et de la spéciation (Levin, 2002). Elle est souvent reliée à la pérennité, la reproduction végétative (Lumaret *et al.*, 1997) et confère aux plantes un important pouvoir de compétitivité

avec des fréquences élevées dans les latitudes Nord et les hautes altitudes (Grant 1981; Brochmann *et al.*, 2004). Sur la base d'études antérieures, Van Dijk & Delden (1990) ont conclu que les deux tiers des espèces de *Plantago* sont polyploïdes. Vamosi *et al.* (2007) confirment que les polyploïdes sont plus fréquents que les diploïdes dans ce genre et peuvent atteindre des niveaux de 16-ploïde dans des spécimens collectés dans la région du lac Sylvestre en Nouvelle Zélande à 1317 m d'altitude (Groves & Hair, 1971).

#### **4.2. Objectifs de l'étude**

La caractérisation cytotaxonomique visait au départ l'étude de plusieurs espèces de Fabacées et de Poacées, surtout pérennes, à forts indices de qualité spécifique dans le but d'identifier leurs niveaux de ploïdie. Cependant, le manque de moyens et le temps nécessaire pour adapter les protocoles expérimentaux ne nous ont permis d'étudier qu'une seule espèce, à savoir *Plantago albicans*.

Plusieurs raisons expliquent le choix de cette plante. La première est liée à l'espèce elle-même. C'est une vivace qui offre deux caractéristiques primordiales pour la production fourragère : (i) son système végétatif capable de produire plusieurs rosettes à partir de la première, et moyennant un apport hydrique, peut persister de la même manière que la luzerne pérenne ; (ii) sa production très prolifique en graines par épi. De surcroît, la plante possède un fort indice de qualité spécifique (7/10) ainsi que d'autres performances que nous avons notées sur le terrain ou recueillies auprès des agropasteurs.

Par ailleurs, les études cyto-taxonomiques sur le genre *Plantago*, nombreuses à travers le monde, sont inexistantes en Algérie. L'objectif principal de la présente étude est, par conséquent, de détailler les caractéristiques des chromosomes somatiques de *Plantago albicans*, y compris leur morphologie et leur nombre, dans huit populations issues la steppe centrale Algérienne collectées dans diverses conditions éco-géographique. Nos résultats peuvent fournir des informations utiles pour améliorer la gestion et la conservation des ressources génétiques de cette espèce en Algérie.

### 4.3. Données bibliographiques

Les études cytogénétiques des espèces à intérêt pastoral et/ou fourrager restent timides et sporadiques en Algérie. L'intérêt accordé à la recherche des formes polyploïdes reste en deçà de leur valeur économique potentielle. Toutefois, des investigations portant principalement sur le dénombrement chromosomique ont été menées depuis fort longtemps.

Parmi les espèces appartenant à la famille des Astéracées, *Calendula arvensis* L. possède un indice de qualité spécifique (IS) de 3/10 et un nombre chromosomique  $n = 22$ ,  $2n = 44$  (Aparicio, 1989). Les autres espèces de ce genre (*Calendula suffruticosa* Vahl spp. *Fulgida* (Rafin.) Ohle; *Calendula stellata* Cav. et *Calendula tripterocarpa* Rupr.), sont caractérisées par des garnitures chromosomiques de  $n = 16$ ;  $n = 7$  et  $2n = 14$  et  $n = 15$ , respectivement. *Leontodon maroccanus* (Pers.) Ball. (IS= 4) et *Hedypnois cretica* (L.) Willd. (IS= 2) possèdent respectivement 8 et 10 chromosomes ( $2n = 8$ ;  $2n = 10$ ). Les Astéracées étudiées par Reese (1957) comprennent les espèces *Launaea nudicaulis* (L.) Hook. *Picris saharae* (Coss. et Kralik) Hochr. spp. *coronopifolia*, considérées comme palatables (IS de 3 à 6/10) et ont des nombres de  $2n = 44$ ,  $2n = 28$ ,  $2n = 14$ ,  $2n = 18$  et  $2n = 10$ , respectivement. Cette étude rapporte le nombre gamétophytique  $n = 12$  chez *Rhanterium suaveolens*

Le nombre d'espèces le plus grand concerné par le dénombrement chromosomique est celui des Fabacées. Le genre *Hedysarum* représenté par les espèces *Hedysarum aculeolatum* Munby., *H. carnosum* Desf., *H. coronarium* L., *H. flexuosum* L., *H. glomeratum* F. G. Dietr., *H. naudinianum* Coss., *H. pallidum* Desf. et *H. spinosissimum* L., pour la plus part hautement palatables (IS=8), sont dotées de  $n = 8$  et  $2n = 16$  pour la dernière espèce (Abdelguerfi-Berrekia *et al.*, 1986). Pour *H. pallidum* Desf. et *H. coronarium* L., en plus du nombre  $2n = 16$ ,  $2n = 18$  a été également signalé (Abdelguerfi-Berrekia, 1985; Abdelguerfi-Berrekia *et al.*, 1986, 1988 ; Sadoudi, 1999 ; Issolah *et al.*, 2006 ; Goudjil-Benhizia, 2013).

Reese (1957) puis Abdelguerfi & Guittonneau (1979) ont, auparavant, entrepris des études similaires sur le genre *Medicago* dont les représentants d'Algérie, sont tous hautement palatables (IS > 4) et possèdent  $2n = 16$  et . Ce dernier nombre a été également rapporté pour *Ornithopus compressus* L. (IS=3) et pour *Medicago truncatula* (IS=7) (Humphries *et al.* (1978). Le nombre  $2n = 16$  *Astragalus caprinus* L. ssp. *lanigerus* (Desf.) Maire (IS=4), *Astragalus sinaicus* Boiss. (IS=5) et *Astragalus cruciatus* (IS= 4) a été rapporté par plusieurs

auteurs (Guittonneau ,1978 ; Djerdjour & Guittonneau, 1976 et Baziz *et al.*, 2014). Le dénombrement chromosomique a été également réalisé sur dix espèces du genre *Trifolium* (Issolah & Abdelguerfi, 1999) ; avec  $2n = 14$  pour *T. arvense* L. (IS= 6), *T. bocconeii* Savi (IS= 6), *T. campestre* Schreb. (IS= 6) et *T. striatum* L. (IS= 5) ;  $2n = 16$  pour *T. fragiferum* L. (IS= 6), *T. glomeratum* L. (IS= 6), *T. resupinatum* L. (IS= 7) et  $2n = 10$  et  $12$  pour *T. scabrum* L. (IS= 4).

Les Poacées à intérêt pastoral et/ou fourrager ont été peu étudiées sur le plan cytogénétique. Parmi les espèces étudiées figurent *Avena sterilis* L. (IS=4) et *Phalaris paradoxa* L. (IS=8) avec  $2n = 42$  et  $2n = 14$ , respectivement (Labadie, 1979). *Stipagrostis obtusa* (Delile) Nees (IS=5), *Bromus rubens* L. (IS=4) et *Cutandia memphitica* (Sprengel) k. Richter (IS=6) ont respectivement les nombres chromosomiques  $2n = 44$ ,  $2n = 28$  et  $2n = 14$  (Reese, 1957).

S'ajoutent à celles-ci les espèces structurantes telles que *Stipa tenacissima* L. (IS=1) et *Lygeum spartum* L. (IS=2) avec  $2n = 12$  pour la première espèce (Abdelkrim & Bensettiti, 1988) et  $2n = 4x = 40$  et  $2n = 2x = 16$  pour la seconde (Benmansour & Harche-Kaid, 2001).

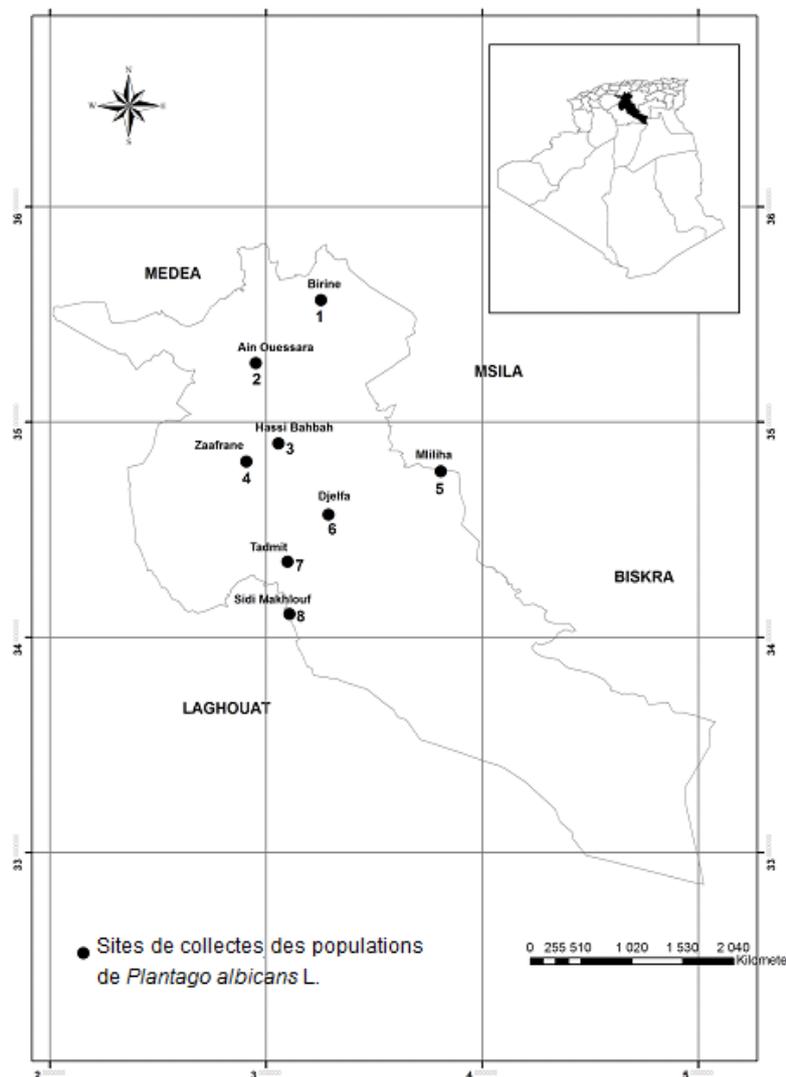
Les plus récentes études sur les espèces à forts indices concernent les genres *Dactylis* et *Aegilops*. Le premier très largement représenté en Algérie et ses populations montrent une grande plasticité morphologique et écologique (Amirouche & Misset, 2009). Deux niveaux de ploïdie ( $2n = 14$  et  $2n = 28$ ) ont été confirmés avec la supériorité morphologique d'une sous-espèce (*Dactylis glomerata* ssp. *glomerata* Hayek) (Amirouche & Misset, 2007).

Le genre *Aegilops* est représenté par les tétraploïdes (*A. triuncialis* L., *A. geniculata* Roth., *A. biuncialis* Vis., et *A. ventricosa* Tausch.). *Aegilops neglecta* Req. présente des diploïdes et des hexaploïdes (Bandou, 2005 ; Bandou *et al.*, 2009). Les nombres  $2n = 14$  ont été trouvés dans des populations spontanées d'Algérie de *Lolium perenne* (IS= 10) et *Lolium multiflorum* (IS=9) (Nait Merzoug, 2007).

#### 4.4. Matériel et méthodes

##### 4.4.1. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude consiste en des échantillons prélevés dans des populations de *Plantago albicans* lors de prospections réalisées durant la période Mai-juin 2013 dans la région de Djelfa (steppes centrales algériennes) suivant un transect Nord-Sud (Figure 61). De chaque population choisie, au moins 30 plants ont été aléatoirement prélevés.



**Figure 61.** Sites d'origine des populations étudiées de *Plantago albicans* L.

Les méthodes de cytogénétique de Jahier *et al.* (1992) et la technique de Feulgen (1924) ont été utilisées pour le dénombrement chromosomique sur des plaques métaphasiques.

Les graines de *Plantago albicans*, prélevées aléatoirement de chaque plant, ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri stériles pendant 48 heures à température du laboratoire. Après germination (longueur des racicules de 1 à 1,5 cm), les extrémités racinaires ont subi un traitement à l' $\alpha$ -bromonaphthalène pendant 2 heures puis fixées dans une solution d'éthanol absolu et d'acide acétique (3:1, v:v) à température ambiante pendant 24h.

Les extrémités racinaires ont été rincées à l'eau distillée et hydrolysées à 60°C pendant 10 minutes dans une solution de HCl 1N avant d'être trempées dans le réactif de Schiff pendant 1 à 2 h à l'obscurité.

Après rinçage à l'eau distillée, pour éliminer l'excès du colorant, les extrémités racinaire colorées en rouge vif, ont été écrasées entre lames et lamelles, dans une goutte d'acide acétique à 45% pour augmenter le contraste des chromosomes et du cytoplasme. Les observations ont été faites au microscope photonique au grossissement  $\times 40$  et les meilleures préparations (d'au moins 3 plaques métaphasiques) présentant des chromosomes bien individualisés ont été photographiées à l'aide d'un microscope équipé d'un appareil photo numérique (Zeiss-Axiostar photomicroscope, Zeiss, Allemagne).

#### **4.4.2. Traitement des données**

Les mesures des longueurs du bras court (S), du bras long (L) et longueur totale (C) de chaque paire chromosomique ainsi que les caryogrammes ont été établis sur la base de trois réplifications par le biais du logiciel de cytogénétique (MicroMeasure software package, Version 3.3, 1993). La moyenne des longueurs totales de tous les chromosomes (X), les ratios bras long/bras court (R) et les indices d'asymétrie (CI) ont été calculés.

Différentes bases en ligne (IPCN, CCDB, IATP/IOPB, Chromosome data, CHROBASE, Flora Iberica, Flora Europaea) de données chromosomiques et flores ont été utilisées pour la recherche des nombres chromosomiques publiés de *P. albicans* et pour la comparaison des résultats

## 4.5. Résultats

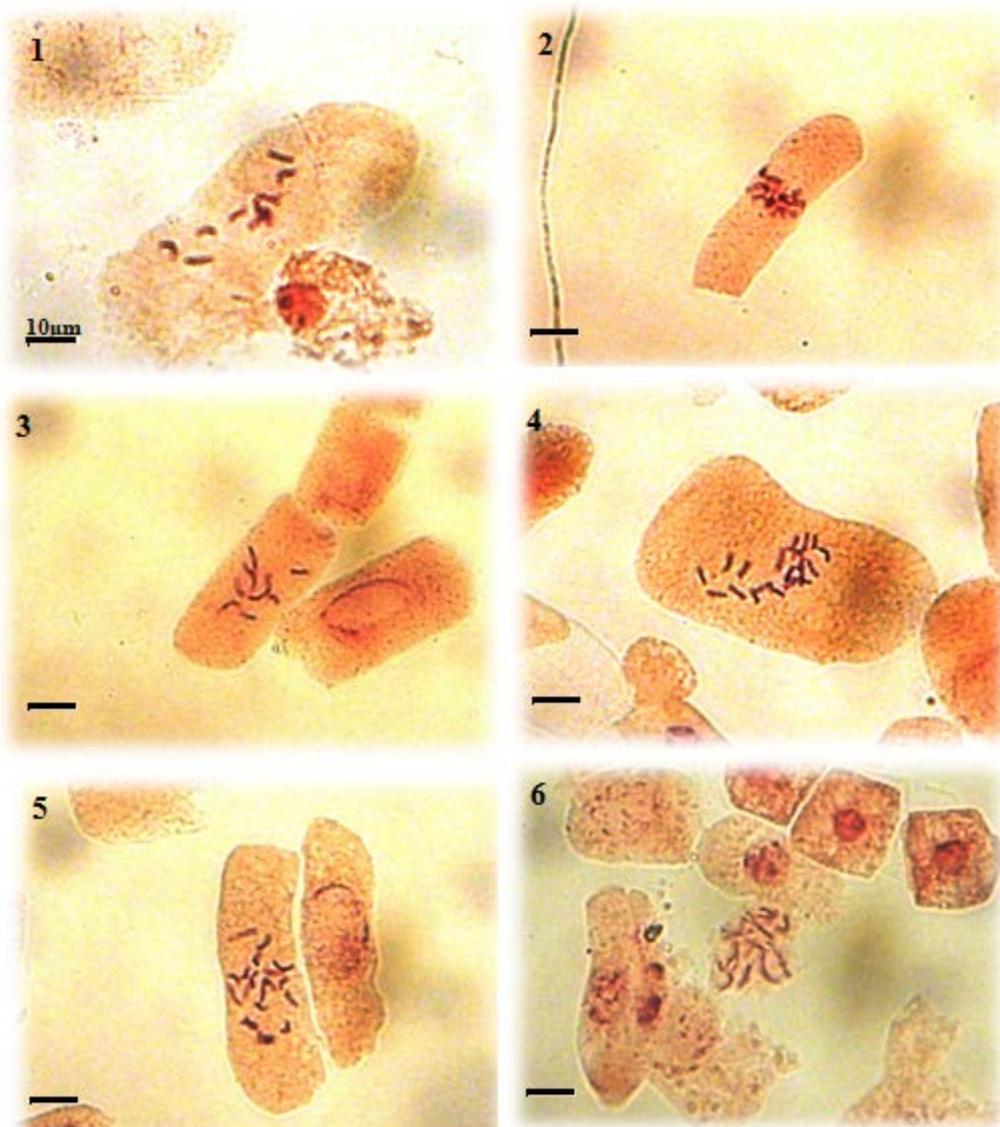
### 4.5.1. Variation du nombre chromosomique

Les numérations chromosomiques effectuées sur l'ensemble des plaques métaphasiques (Tableau 30) font ressortir deux nombre chromosomiques prédominants  $2n = 10$  et  $2n = 20$  (Figure 62) présents dans toutes les populations, avec des fréquences respectives de 17–62% et 25–82%. D'autres nombres ( $2n = 6, 8, 9, 12, 14, 15, 17$  and  $18$ ) ont été rencontrés et peuvent être considérés comme des erreurs d'observation ou probablement des aneuploïdes.

**Tableau 30.** Nombre de cellules, fréquences absolues (FA) et fréquences relatives (FR) des différents nombres chromosomiques des populations de *Plantago albicans* L. originaires des steppes centrales algériennes.

Populations	Nombre de cellules	2n	Fréquences absolues	Fréquences Relatives (%)
1	24	20	06	25,00
		18	03	12,50
		10	15	62,50
2	28	20	23	82,14
		18	05	17,85
		10	10	35,71
3	58	20	35	60,34
		15	13	22,41
		10	10	17,24
4	56	20	20	35,71
		10	32	57,14
		09	04	07,14
5	50	20	22	44,00
		17	12	24,00
		10	16	32,00
6	44	20	25	56,81
		12	06	13,63
		10	13	29,54
7	30	20	14	47,00
		18	09	30,00
		14	07	23,33
8	44	10	30	68,18
		08	12	27,27
		20	02	04,54
		06	06	13,63

D'autre part, les fréquences des nombres trouvés sont différentes. Le nombre  $2n = 10$ , moins fréquent, semble se cantonner aux basses altitudes (600-900 m) avec six populations, alors que le nombre  $2n = 20$  est présent dans toutes les populations dont les échantillons proviennent d'altitudes plus élevées (1000-1300 m).



**Figure 62.** Micrographies de quelques plaques métaphasiques de *Plantago albicans* L.  $2n = 10$  (1 à 3) et  $2n = 20$  (4 à 6).

#### 4.5.2. Etude des caryotypes et établissement des caryogrammes

Les paramètres morpho-métriques des deux cytotypes révèlent également des différences (Tableaux 31 et 32). Dans le cytotype diploïde, la longueur des chromosomes varie de 3,50 à 7,07  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de 5,15  $\mu\text{m}$ . Les valeurs de l'indice centromérique IC montrent que tous les chromosomes sont métacentriques. Pour le cytotype tétraploïde, les longueurs oscillent entre 2,21 et 5,95  $\mu\text{m}$  et une moyenne de 5,23  $\mu\text{m}$  (Figure 63).

**Tableau 31.** Caractéristiques morpho-métriques des chromosomes homologues du cytotype diploïde ( $2n = 2x = 10$ ) de *Plantago albicans* L. originaire des steppes centrales algériennes.

No. de Paires	Chromosomes Homologues	S (µm)	L (µm)	C (µm)	R	IC	Type
1	01	3,45	3,62	7,07	1,06	48,79	m
	02						
2	09	2,52	2,97	5,49	1,15	45,90	m
	10						
3	03	2,40	2,70	5,10	1,14	47,05	m
	04						
4	07	2,25	2,37	4,62	1,13	48,70	m
	08						
5	05	1,62	1,87	3,50	1,10	46,28	m
	06						

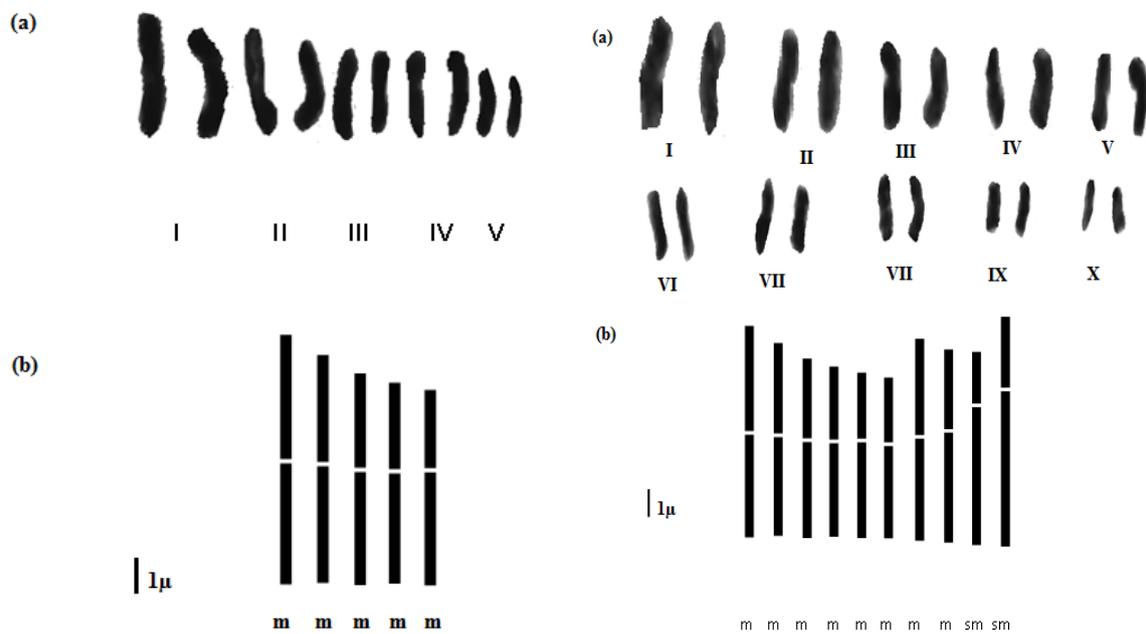
Abréviations: S : longueur du bras court ; L : longueurs du bras long; C : longueur totale du chromosome; R : ratio bras long/bras court ; IC : indice centromérique ; m : métacentrique.

Les valeurs des indices centromériques indiquent que huit paires chromosomiques sont métacentriques et deux sont sub-métacentriques. Les formules sont :  $5m + 0sm + 0st$  pour les diploïdes et  $8m + 2sm + 0st$  pour les tétraploïdes.

**Tableau 32.** Caractéristiques morpho-métriques des chromosomes homologues du cytotype diploïde ( $2n=2x=10$ ) de *Plantago albicans* L. originaire des steppes centrales algériennes.

No. de Paires	Chromosomes Homologues	S (µm)	L (µm)	C (µm)	R	IC	Type
1	01	2,05	3,90	5,95	1,75	34,45	Sm
	03						
2	15	2,42	3,51	5,92	1,08	40,87	m
	16						
3	09	2,81	3,05	5,86	1,32	47,95	m
	18						
4	07	2,42	3,35	5,77	1,26	41,94	m
	17						
5	04	2,40	3,35	5,75	1,05	41,73	m
	06						
6	14	2,22	3,37	5,59	1,73	39,71	m
	19						
7	08	2,12	3,42	5,54	1,76	38,26	m
	11						
8	13	2,55	2,90	5,45	1,27	46,78	m
	20						
9	05	1,60	2,70	4,30	1,33	37,20	Sm
	12						
10	02	0,86	1,35	2,21	1,15	38,91	m
	10						

Abréviations: S : longueur du bras court ; L : longueurs du bras long; C : longueur totale du chromosome; R : ratio bras long/bras court ; IC : indice centromérique ; m : métacentrique; Sm : sub-métacentrique.



**Figure 63.** Caryotypes (a) et idiogrammes (b) des cytotypes diploïdes ( $2n = 10$ ) et tétraploïdes ( $2n = 20$ ) des populations de *Plantago albicans* L. originaires des steppes centrales algériennes.

#### 4.5.3. Etude de l'asymétrie des caryotypes

Les valeurs des deux indices d'asymétries appliqués aux cytotypes diploïdes et tétraploïdes de *P. albicans* sont indiquées dans le tableau 33.

**Tableau 33:** Valeurs des indices d'asymétries des cytotypes diploïdes et tétraploïdes de *Plantago albicans* L. originaires des steppes centrales algériennes.

Ploïdie	LM	LT	Romero-Zarco (1986)		Paszko (2006)		
			A1	A2	CVcl	CVci	AI
2x	3,50-7,07	5,15	0,10	0,23	23,97	4,11	0,99
4x	2,21-5,95	5,23	0,29	0,11	11,80	11,75	1,39

Abréviations: LM, longueurs moyennes des chromosomes; LT, longueur totales des chromosomes

Les valeurs de l'index d'asymétrie intra-chromosomique A1 (Romero-Zarco 1986) étaient dans le cas des diploïdes inférieures à celles des tétraploïdes, contrairement à celles de l'indice inter-chromosomique A2 qui étaient plus élevées. L'indice d'asymétrie de Paszko (2006) AI était plus bas dans le cas des diploïdes comparé à celui des tétraploïdes.

## 4.6. Discussion

Cette recherche constitue la première étude caryologique de populations de *P. albicans* originaires d'Algérie et la majorité des échantillons étudiés comportaient les nombres  $2n = 10$  et  $2n = 20$ . Le tableau 34 regroupe les nombres chromosomiques reportés pour *P. albicans* dans le monde. McCullagh (1934) avait considéré le genre *Plantago* comme monophylétique avec un nombre de base original  $x=6$  à partir duquel ont dérivé d'autres nombres de base ( $x=5, x=4$ ).

Il existe donc trois niveaux de ploïdie ( $2x, 4x$  et  $6x$ ) qui caractérisent les populations de *P. albicans* issues de la région Méditerranéenne avec une prévalence d'une distribution septentrionale (Italie, Espagne, Grèce et Nord de l'Égypte, le Maroc et la Tunisie) pour les hexaploïdes. À l'inverse, les tétraploïdes ( $2n = 4x = 20$ ) ont été retrouvés dans les régions arides d'Espagne, de Tunisie et d'Algérie (dans la présente étude). Enfin, les diploïdes ( $2n = 2x = 10$ ) sont uniquement présents dans les pays du Maghreb (Maroc, Tunisie) et Algérie (dans la présente étude).

**Tableau 34.** Nombres chromosomiques de *Plantago albicans* L.<sup>(1)</sup>

Nombre chromosomique	Pays/ Région	Références
$2n = 12$	Europe	McCullagh 1934
$2n = 20$	Espagne (Aragon)	Lorenzo-Andreu 1951
$2n = 30$	Espagne	Fernandez Casas 1977
$2n = 30 ; 12^*, 15^*$	Espagne (Cadix, Grenade Huelva, Séville)	Gonzalez et Silvestre 1980
$2n = 30$	Italie (Calabre, Sicile)	Bartolo <i>et al.</i> 1978
$2n = 30$	Italie (Calabre, Sicile)	Bartolo <i>et al.</i> 1980
$2n = 30$	Italie (Calabre, Sicile)	Brullo <i>et al.</i> 1985
$2n = 30$	Italie (Calabre, Sicile)	Peruzzi et Cesca 2002
$2n = 20$	Grèce (Iles de la mer Egée)	Runemark 1967
$2n = 30$	Afrique du Nord	Humphries <i>et al.</i> 1978
$2n = 30 ; 12^*, 15^*$	Égypte	Badr 1980
$2n = 30$	Égypte (Alexandrie)	Badr <i>et al.</i> 1987
$2n = 30$	Égypte (Burg Al Arab, Sinai: El-Arish)	Badr et El-Kholy 1987
$2n = 30$	Tunisie (Sud)	Fahmy 1955
$2n=10, 2n = 30$	Tunisie (Gabès, El-Kef)	Puech 1987
$2n=10, 2n=20, 2n = 30$	Tunisie (Gabès, Zougrata, Neffatia, Choucha, Bir Lahmar, Tozeur, Chebika: Kairouan)	Puech 1988
$2n=30, 2n=10$	Maroc (Taza, Targuits, Goulmima)	Puech 1992
$2n=10, 2n=20, 2n = 30$	Tunisie (Séliana, Maktar, Chehbania, El Fedje: Médénine, Gafsa)	Puech <i>et al.</i> 1998
$2n=10$	Maroc (monts Beni-Snassen)	Vogt et Oberprieler 2009
$2n=12$	Iran, Sarha: Hormozgan	Mohsenzadeh <i>et al.</i> 2008

<sup>(1)</sup> Reportés de diverses bases de données et flores disponibles en ligne: IPCN, CCDB, IAPT/IOPB, CHROBASE, Flora Iberica, Flora Europaea. Les régions et les localités sont indiquées entre parenthèses. \*gamétophyte (n)

Nos résultats étayent ceux de Puech (1987, 1988, 1992) et Puech *et al.* (1998) sur des spécimens originaires d'Afrique du Nord et d'Espagne. Mohsenzadeh *et al.* (2008) ont rapporté  $2n = 8$  et  $2n = 10$  pour des populations d'Iran. Nous n'avons détecté aucun hexaploïde ( $2n = 6x = 30$ ) parmi les populations étudiées. Ceux-ci existent dans des populations des régions à fortes pluviométries de Tunisie et du Maroc (Puech 1988), des régions sèches du Sud d'Italie (Peruzzi & Cesca, 2002) et du littoral Nord d'Égypte (Badr and El-Kholy, 1987 ; Badr *et al.*, 1987).

Par ailleurs, nos résultats suggèrent que les tétraploïdes proviennent d'altitudes plus importantes comparés aux diploïdes et font partie des cortèges floristiques des steppes à alfa ou de leurs faciès de dégradation qui se rencontrent toutes à plus de 600 mètres d'altitude (sauf le bassin du Hodna : 400 m) favorisant une pluviométrie plus élevée et des températures plus basses comparée aux basses altitudes (Le Houérou *et al.*, 1977; Pouget, 1980). Ceci pourrait expliquer la présence des tétraploïdes à des altitudes importantes. Les polyploïdes sont connus pour leur adaptation et leur tolérance à une large gamme de conditions environnementales (Schulz-Schaeffer, 1980). Des exemples de cette tendance existent dans des espèces du genre *Plantago*. Bala & Gupta (2011) ont retrouvé des hexaploïdes ( $2n = 36$ ) de *P. depressa* à 1500 m d'altitude, et ont collecté deux tétraploïdes ( $2n = 24$ ) à 1300 m. Puech (1987, 1988, 1992), sur des populations de *P. albicans*, a rapporté que les hexaploïdes sont plus fréquents dans les zones à hautes altitudes du nord tunisien alors que les tétraploïdes et les diploïdes sont en majorité originaires du sud. L'adaptabilité des polyploïdes signifie également leur large distribution. Ceci est étayé par l'analyse de la distribution des cytotypes de *P. media* en Europe où les formes diploïdes ancestrales ont une distribution plus étroite que celle des tétraploïdes (Van Dijk *et al.*, 1992).

L'aneuploïdie et la polyploïdie sont deux phénomènes impliqués dans le processus de l'évolution des caryotypes des Angiospermes (Levin & Wilson, 1976). Bien que rare et mettant en œuvre un grand nombre de générations (Levin, 2002), l'aneuploïdie est connue dans le genre *Plantago* et semble même être commune chez *P. coronopus* qui affiche des garnitures chromosomiques de 8, 9, 10, 11, 12 et 13 (Gorenflot, 1985). Ces nombres et d'autres ont été reportés dans des études antérieures (Böcher *et al.*, 1953, 1955 ; Fernandes & Frana, 1972).

Des aneuploïdes ( $2n = 12$  et  $2n = 31$ ) ont été observés chez *Plantago albicans* (McCullagh, 1934; Puech, 1987). Ce qui laisse penser que les déviants trouvés dans notre étude peuvent

être considérés comme aneuploïdes qui sont, selon Jones (1970), surtout issus de polyploïdies réductionnelles ; caractéristiques de nombreux groupes d'espèces à pollinisation croisée, pionnières des nouveaux habitats (Stebbins, 1966).

D'autre part, l'aneuploïdie pourrait contribuer à la variabilité phénotypique et l'adaptation à de nouvelles conditions du milieu ; conférant aux populations néopolyploïdes une transition entre les euploïdes (Ramsey & Schemske, 2002).

Les changements des conditions du milieu et les hybridations ont permis aux polyploïdes de coloniser des habitats nouvellement disponibles durant les différentes glaciations (Stebbins, 1950, 1984) en leur conférant ainsi des capacités adaptatives (Otto & Whitton, 2000). Les steppes Nord africaines occupent une position transitionnelle entre deux aires très contrastées (la Méditerranée et le Sahara) et offrent ainsi, la possibilité d'étudier les processus d'évolution pour toute la flore qu'elles hébergent.

En perspectives, et afin d'approfondir le statut cytotaxonomique de *P. albicans* ainsi que d'autres espèces à intérêt pastoral en Algérie, une caractérisation génétique utilisant les outils moléculaires est nécessaire pour une meilleure connaissance et préservation de la biodiversité des parcours steppiques de notre pays.

# **Conclusion Générale**

## Conclusion générale

La première partie de notre travail a concerné une étude phytoécologique temporelle de quelques unités de végétation suivant un transect d'aridité croissante. Les résultats obtenus ont mis l'accent sur l'importance des quantités de pluies sur l'état de la végétation dans un milieu déjà fortement perturbé. Elle a fait ressortir qu'au niveau des dix-sept stations étudiées, l'année pluvieuse de 2009 a apporté des effets bénéfiques sur divers plans : le couvert végétal, la valeur des pâturages, la richesse floristique et le taux d'espèces palatables ( $IS > 5$ ). Ces dernières variaient du simple presque au double, bien que les proportions des espèces moins appréciées sont restées prépondérantes durant les deux dates (2000 et 2009). L'analyse factorielle des correspondances a fait ressortir plusieurs gradients séparant les unités de végétation selon le type dominant ou l'origine géographique des stations.

Les unités d'arboise blanche, quelle que soit l'année d'investigation, se sont démarquées des unités se trouvant à une latitude sud à dominance d'alfa et de remt de l'année sèche. Ce qui peut être retenu de ce volet est que le suivi des années à fortes précipitations est aussi décisif sur les qualités herbagères et le maintien des écosystèmes que l'est la succession plus nombreuse des années sèches dans le processus de désertification et de la disparition des espèces pérennes, en particulier.

Ceci a des répercussions sur la gestion des parcours. En effet, en années à fortes précipitations, le HCDS et dans le cadre de ses missions, n'enregistre pas beaucoup de bénéfices financiers par la location des mises en défens et des plantations pastorales. L'herbe relativement abondante aux printemps, les agropasteurs pâturent leurs troupeaux ailleurs que dans les espaces sous la responsabilité du HCDS. A travers ce volet et bien que déjà entreprise par des études majeures antérieures, l'identification des unités de végétation auxquelles appartiennent les espèces spontanées à intérêt pastoral constitue une actualisation permettant plusieurs actions de sauvegarde et de préservation. Dans le cadre des nouveaux textes législatifs sur les ressources biologiques<sup>1, 2, 3</sup>, la mise en place de collections dans plusieurs étages bioclimatiques aura des retombées non négligeables sur leurs utilisations futures. Outre leur préservation, leurs évaluations (phéno-morphologique, valeur nutritive...) permettraient d'identifier les potentialités des différentes espèces et d'envisager l'intégration

des écotypes locaux prometteurs les plus performants dans des programmes de production et d'intensification fourragère.

Dans la seconde partie nous avons étudié la morpho-phénologie de sept espèces de Fabacées et de deux espèces de Poacées originaires des steppes centrales. Les résultats obtenus ont révélé l'existence d'une grande variabilité intra et interspécifiques. Les résultats globaux font état du regroupement des espèces appartenant au genre *Medicago* avec une précocité marquée dans l'établissement et le démarrage de la végétation et de la mise en fruit (*M. minima*) ainsi qu'une fin de cycle tardive (*Hippocrepis multisiliquosa*). *Medicago secundiflora*, *M. laciniata* et *M. littoralis* sont dotées des floraisons les plus étalées. Les populations d'*H. multisiliquosa*, *M. laciniata* et *Trigonella polycerata* se caractérisent par de grands entre-nœuds à un stade juvénile ce qui peut laisser penser à une installation rapide et réussie. *Medicago minima* et *M. secundiflora* possèdent les branches primaires les plus nombreuses ce qui peut représenter un effet compensatoire de leurs tailles relativement petites. *Medicago secundiflora* et *Astragalus hamosus* produisent plus de gousses. Le nombre et le poids des graines les plus élevés ont été notés dans les populations d'*A. hamosus*, *T. polycerata* et *H. multisiliquosa*.

L'étude des deux Poacées *Lolium rigidum* et *Cutandia dichotoma* a montré que, globalement deux populations se singularisent, l'une (LO1, *L. rigidum*) par ses grandes feuilles, l'autre (CU3, *C. dichotoma*) par ses petites mensurations et sa précocité. Les résultats ont fait ressortir une large amplitude des différents paramètres étudiés ce qui pourrait être une solution pour parer aux insuffisances des systèmes pratiqués, vesce-avoine en particulier, par la mise en culture de mélanges d'espèces à phénologies échelonnées assurant ainsi une production continue de l'herbe. Des exemples de changements d'espèces et même de systèmes ont été positifs sur les productions des parcours. Tel fut le cas de l'Australie où la pratique du Ley-farming à base d'annuelles (Trèfle souterrain et Medics) est devenue non rentable en raison des faibles performances (faible nutrition, présence de pathogènes, changement dans les systèmes et technologies de culture, faible nodulation et facteurs édaphiques limitants). Il a été remplacé par le système « phase farming » qui consiste à alterner de longues périodes de mise en culture avec des périodes de pâturages de longueurs similaires.

Les autres bénéfices de ce système sont les coûts plus réduits de la production de semences par le resemis régulier et les taux plus bas des graines dures, la tolérance aux herbicides et aux maladies ainsi que la vigueur de la croissance. Les nouvelles ressources utilisées avec réussite

dans ce systèmes sont *Trifolium glanduliferum*, *Ornithopus sativus* et *Trigonella balansae*. L'introduction de cultivars de *Medicago laciniata*, *M. littoralis*, *M. polymorpha* L. et *M. truncatula* dans les pâturages de la région d'Arizona (moins de 250 mm/an) ont également montré que moins de 5% des graines étaient capables de germer pendant l'été, et progressivement avec l'occurrence des précipitations automnales la dureté des semences a décru permettant l'établissement de ces plantes.

La composition chimique et la digestibilité *in-vitro* de jeunes plants de trois Fabacées (*Medicago littoralis*, *M. minima* et *A. hamosus*), de deux Poacées (*Lolium rigidum* et *Phalaris minor*) et de *Plantago albicans* représentées chacune par deux populations ont été également étudiées. Il ressort des résultats de cette étude que la cellulose brute (CB), les parois et les minéraux (P et Ca) ne changent pas au sein du groupe étudié. Les Fabacées ont apporté la part la plus importante en matière grasse et en protéines (MG, MAT) suivies de *P. albicans* qui présentait le taux de matière minérale le plus élevé. Par ailleurs, les Poacées ont présenté les proportions en matière organique les plus digestibles alors que les Fabacées avaient les taux de matières protéiques dégradables et digestibles les plus forts ; les plus basses valeurs de tous ces paramètres ont été notées chez les populations de *P. albicans*. Les modèles de prédiction développés à partir de ces données nous ont amenés à conclure que la gamme d'espèces analysée est complémentaire et pourrait être proposé au développement de plans d'intensification.

Un autre volet a concerné une étude cytogénétique de huit populations d'une espèce hautement palatable, *Plantago albicans*. Les résultats représentent le premier dénombrement chromosomique sur les populations de cette espèce originaires d'Algérie et font ressortir que les populations des hautes élévations ont les taux en tétraploïdes les plus importants<sup>1</sup>. Les diploïdes sont, vraisemblablement, plus abondants dans les steppes à basses altitudes. Ceci pourrait indiquer que les polyploïdes sont plus résistants aux basses températures et les retombées de leurs utilisations futures dans les milieux où les températures hivernales constituent un obstacle sont à entrevoir. Rappelons également que cette étude devait, au départ, porter sur plusieurs petites pérennes (chaméphytes, géophytes et hémicryptophytes) et thérophytes ayant un indice spécifique élevé et appartenant aux Fabacées et Poacées pour la recherche de polyploïdes (particulièrement au sein des pérennes) en raison de leurs

---

<sup>1</sup>Maamri F. et al. 2016. Caryologia: International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cyto genetics. Volume 69, Issue 2, 2016. Pages : 102-110

performances phénotypiques et leurs facultés adaptatives à diverses conditions extrêmes du milieu. Cependant, le manque de moyens (matériel et consommables) ainsi que les délais nécessaires pour adapter les protocoles expérimentaux à chaque espèce étant fastidieux et particulièrement longs, ont limité notre recherche sur une seule espèce, à savoir *Plantago albicans*.

Globalement, les résultats de cette recherche ont fait ressortir l'abondance relative des espèces palatables, plus particulièrement les annuelles, en année favorable et laissent supposer l'existence d'un stock semencier de bonnes espèces pastorales enfouies dans le sol des milieux steppiques. La grande variabilité sur les plans phéno-morphologique, valeur nutritive et cytogénétique des espèces étudiées met en relief les capacités adaptatives et les performances jusque là méconnues d'une infime partie de la flore spontanée steppique à intérêt pastoral et/ ou fourrager.

La connaissance profonde des milieux de production et des caractéristiques intrinsèques des ressources végétales à intérêt fourrager permettra de dégager les solutions aux problèmes posés aux productions fourragères. Des études similaires et complémentaires participatives (tolérance aux stress biotiques et abiotiques) sur d'autres espèces et sur le comportement des ruminants vis-à-vis de la composition floristique des parcours permettraient de recueillir des données qui viendraient en appui aux programmes de préservation et d'évaluation. Subséquemment, les insuffisances en matière de connaissance seront comblées par la mise en place progressive de bases de données sur les espèces prometteuses pour la réhabilitation des parcours steppiques.

## Références bibliographiques

- Abdelguerfi A. 2001. Ressources Génétiques d'Intérêt Pastoral et/ou fourrager: Distribution et Variabilité chez les Légumineuses Spontanées (*Medicago*, *Trifolium*, *Scorpiurus*, *Hedysarum* et *Onobrychis*) en Algérie. Thèse de Doctorat d'Etat, Institut National Agronomique., Alger, 432p. + annexes.
- Abdelguerfi A. 1978. Contribution à l'étude écologique des luzernes annuelles en Algérie. Thèse Magister. Alger, Institut National Agronomique., Alger, 105p.
- Abdelguerfi A. Guittonneau GG. 1979. Chromosome number reports LXIV In: Love A. (ed.), IOPB. Taxon 28: 391-408.
- Abdelguerfi-Berrekia R. 1985. Contribution à l'étude du genre *Hedysarum* L. en Algérie. Thèse de Magister, option phytotechnie. I Institut National Agronomique., Alger, 131p.
- Abdelguerfi-Berrekia R, Abdelguerfi A, Bounaga N, Guittonneau GG. 1986. IOPB. Chromosome Number Reports XC. Taxon, 35 (1): 197p.
- Abdelguerfi-Berrekia R, Abdelguerfi A, Bounaga N, Guittonneau G.G., 1988. Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Hedysarum* L. en Algérie. III. Dénombrement chromosomique chez 29 populations de huit (8) espèces. Annales de l'Institut National Agronomique, (El-Harrach) 12(1): 233-247.
- Abdelguerfi A, Laouar M. 2000. Effet des conditions bioclimatiques d'origine sur le comportement et la floraison des populations de *Medicago ciliaris* (L.) Krock. In: Sulas L. (ed.). Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Zaragoza: CIHEAM, p. 241-244 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 45).
- Abdelkefi A, Marrakchi M. 2000. Les ressources phytogénétiques fourragères et pastorales : de l'érosion à la conservation. In: Sulas L. (Ed.). Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Zaragoza : CIHEAM, p. 15-27 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 45).
- Abdelkrim H. 1984. Approche phytoécologique et phytosociologique de quelques nappes alfatières de la région de Djelfa et Tébessa. Thèse Magister, Institut National Agronomique., Alger, 128 p. + annexes.
- Abdelkrim, H, Bensettiti F. 1988. Contribution à la connaissance autoécologique caryologique, syntaxonomique de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.). Annales de l'Institut National Agronomique, (El-Harrach) 12(1): 405-41.
- Acherkouk M, Maatougui A, El Houmaiz MA. 2011. Communautés végétales et faciès pastoraux dans la zone Taourirt-Tafoughalt du Maroc oriental: Ecologie et inventaire floristique. Acta Botanica Malacitana. 36: 125-136.
- Achour H. 1983. Etude phytoécologique des formations à alfa (*Stipa tenacissima* L.) du Sud-oranais (Wilaya de Saïda). Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 216 p + annexes.
- Aidoud A. 1983. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais. Phytomasse, Productivité Primaire et applications pastorales. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle Université Sciences et Technologie H. Boumediene, Alger, 245 p.
- Aidoud A. 1989. Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des haute plaines Algéro-oranaises. fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse Doctorat. USTHB, Alger, 240p.
- Aidoud A, Nedjraoui D, Djebaili S, Poissonnet J. 1982. Evaluation des ressources pastorales dans les Hautes plaines steppiques du sud oranais: productivité et valeur pastorale des parcours, Biocénose, 1, 2 : 43-62.
- Aidoud, A, Nedjraoui D, Djebaili S, Poissonnet, J. 1982. Evaluation des ressources pastorales dans les Hautes plaines steppiques du sud oranais: productivité et valeur pastorale des parcours, Biocénose, 1(2): 43-62.

- Aidoud A., Touffet, J. 1996. La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 3: 187-193
- Aïdoud A, Le Floc'h E, Le Houérou HN. 2006. Les steppes arides du nord de l'Afrique, *Sécheresse*, 17 (1-2): 19-30.
- Aidoud A, Slimani H, Rozé F. 2011. La surveillance à long terme des écosystèmes arides méditerranéens : quels enseignements pour la restauration ? Cas d'une steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.) en Algérie. *Ecologia Mediterranea*, 37 (2).
- Aidoud-Lounis F. 1997. Le complexe alfa-armoïse-sparte (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba alba* Asso., *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie: structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de Doctorat, Université d'Aix -Marseille, Marseille, 263 p.
- Ainouche M. 1993. Les populations diploïdes et tétraploïdes du genre *Bromus* L., section *Bromus* SM. (*Poaceae*). Analyse de la diversité génétique. Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1, Rennes.
- Ainouche M, Misset MT, and Huon A. 1995. Genetic diversity in Mediterranean diploid and tetraploid *Bromus* U (section *Bromus* SM.) populations. *Genome* 38: 879-888.
- Ainouche M, Bayer RJ. 1997. On the origins of the tetraploid *Bromus* species (section *Bromus*, *Poaceae*): insights from internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA. *Genome* 40: 730-743.
- Ainouche M, Misset MT, Huon A. 1996. Patterns of genetic differentiation in two annual Bromegrasses, *Bromus lanceolatus* and *B.hordeaceus* (*Poaceae*). *Plant Systematics and Evolution*, 199:(1/2) 65-78.
- Ainouche M L, Bayer RJ, Gourret JP, Defontaine A, Misset MT. 1999. The Allotetraploid Invasive weed *Bromus Hordeaceus* L. (*Poaceae*): Genetic Diversity, Origin And Molecular Evolution. *Folia Geobotanica* 34: 405-419.
- Akrimi N, Nefati M. 1993. Détérioration du couvert végétale en Afrique du Nord : Causes et conséquences. Désertification et aménagement. Projet Med-Campus N°8, Institut des régions arides 4119 Médenine, 18p.
- Amghar F. 2012. Restauration et réhabilitation des écosystèmes steppiques: effet de la mise en défens et de l'introduction des espèces fourragères sur la biodiversité le sol et l'état de sa surface, Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 180 p + Annexes.
- Amghar F, Kadi-Hanifi H. 2004 Effet du pâturage sur la biodiversité et l'état de la surface du sol dans cinq stations à alfa du Sud Algérois. In: Ferchichi A, (comp.), Ferchichi A, (collab.), Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens, Zaragoza: CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes; N62, p. 399-402.
- Amghar F, Forey E, Margerie P, Langlois E, Brouri L, Kadi-Hanifi H. 2012. Grazing enclosure and plantation: a synchronic study of two restoration techniques improving plant community and soil properties in arid degraded steppes (Algeria). *Revue d'Ecologie*, 67(3) 257-269.
- Amghar F, Forey E, Richard B, Touzard B, Laddada S, Brouri L, Langlois E, Margerie P. 2016. Old nurses always die: impacts of nurse age on local plant richness. *Plant Ecology*, 217:407-419.
- Amghar F, Langlois E, Forey E, Margerie P. 2016. La mise en défens et la plantation fourragère: deux modes de restauration pour améliorer la végétation, la fertilité et l'état de la surface du sol dans les parcours arides algériens. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 20(3) (sous-presses).
- Amirouche N. 2005. Diversité génétique de populations diploïdes et tétraploïdes de *Dactylis glomerata* L. (*Poaceae*). *Recherche Agronomique*, 16: 53-63.
- Amirouche N Misset MT. 2007. Morphological variation and distribution of cytotypes in the

- diploid-tetraploid complex of the genus *Dactylis* L. (*Poaceae*) from Algeria. *Plant Systematics and Evolution*, Vol. 264, No. 3/4 (), pp. 157-174.
- Amirouche N, Misset MT. 2009. Flore spontanée d'Algérie : différenciation éco-géographique des espèces et polyploidie. *Cahiers Agricultures*, vol. 18•N° 6, 474-480.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) .1990. *Official Methods of Analysis*. 15th edition. Washington DC, USA.
- Aparicio A. 1989. Numeros cromosomaticos de plantas occidentales. *Anales Jardin. Botanico. Madrid*, 487-507. 45: 483-494
- Arbouche Y, Arbouche HS, Arbouche F, Arbouche R. 2012. Valeur fourragère des espèces prélevées par *Gazella Cuvieri* Ogilby, 1841 au niveau du djebel Metlili (Algérie). *Short Note. Archivos de Zootecnia.*, 61 (233): 145-148. 2012.
- Arhab R, Macheboeuf D, Doreau M, Bousseboua H. 2006. Nutritive value of date palm leaves and *Aristida pungens* estimated by chemical, *in vitro* and *in situ* methods. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 6: 167-175.
- Arzani H, Bashiri M, Khatibi ., Ghorbani G. 2006. Nutritive value of some Zagros Mountain rangeland species. *Small Rum. Res.*, 65: 126-135.
- Aufrère J. 1982 Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Annales De Zootechnie* 31 (2):111-129.
- Aufrère J, Cartailier D. 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. *Annale de Zootechnie* 37 (4) 255-270.
- Aufrère J. and Michalet-Doreau B. 1988. Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. *Animal Feed Science and Technology* 20: 203-218.
- Aufrère J, Graviou D. 1996. Prévision de la digestibilité des fourrages et aliments concentrés et composés des herbivores par une méthode enzymatique pepsine-cellulase. *Note du Bureau Inter Professionnel d'études Analytiques, France* 278 p126.
- Aufrère J, Pelletier P, Brandon G, Hardy A, Andueza D, Dulphy JP, Baumont R. 2006. Prévision de la digestibilité *in vivo* de la matière organique de foin de mélanges prairiaux par différentes méthodes de laboratoire. *Rencontres Recherches Ruminants* 13, p 105.
- Augustin B, Lacroix N. 1906. L'évolution du nomadisme en Algérie. *Annales de Géographie*, T. 15, n°80, 1906.pp. 152-165.
- Azrek Ben Friha F. 2008. Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse de Doctorat, Université Toulouse III Paul Sabatier, p. 255 + annexes.
- Badr A. 1980. Chromosome counts of six Egyptian plants. *United Arab Republic Journal of Botany*. 23: 127-129.
- Badr A, El-Kholy MA. 1987. Chromosomal studies in the Egyptian flora. 2. Karyotype studies in the genus *Plantago* L. *Cytologia*. 52: 725-731.
- Badr A, Labani R, Elkington TT. 1987. Nuclear DNA variation in relation to cytological features of some species in the genus *Plantago* L. *Cytologia*. 52: 733-737.
- Badri M., Lazreg F., Aouani M.E. Huguet T. 2004. Polymorphisme génétique des populations naturelles de *Medicago truncatula* et *M. laciniata* issues des régions arides de la Tunisie. In: Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. Zaragoza: CIHEAM, p. 51-54. *Cahiers Options Méditerranéennes*. n. 62.
- Badri M, Arraouadi S, Huguet T, Aouani ME. 2013. Comparative effects of water deficit on *Medicago laciniata* and *Medicago truncatula* lines sampled from sympatric populations. *African Journal of Plant Breeding* 1(3), pp. 037-043.
- Bala S, Gupta RC. 2011. Chromosomal diversity in some species of *Plantago* (*Plantaginaceae*).

- International Journal of Botany. 7(1): 82-89.
- Bandou H 2005. Les populations d'*Aegilops*: diversité morphologique et diversité biochimique. Recherche Agronomique; 16 : 28-35.
- Bandou H, Rodriguez-Quijano M, Carrillo JM, Branlard G, Zaharieva M, Monneveux P. 2009. Morphological and genetic variation in *Aegilops geniculata* from Algeria. Plant Systematics and Evolution; 277 : 85-97.
- Bartolo G, Brullo S, Pavone P. 1978. Numeri cromosomici per la flora italiana: 484-493. Informatore Botanico Italiano. 10(2): 267-277.
- Bartolo G, Brullo S, Pavone P, Terrasi MC. 1980. Contributo alla cariologia del genere *Plantago* in Sicilia e Calabria meridionale. Giornale Botanico Italiano. 114: 100.
- Batello C, Brinkman R, Mannetje L, Martinez A, Suttie J. 2008. Plant Genetic Resources of Forage Crops, Pasture and Rangelands. Thematic Background Study, FAO, 62p.
- Baumont R, Aufrère J, Niderkorn V, Andueza D, Surault F, Peccatte JR, Delaby L, Pelletier P. 2008. La diversité spécifique dans le fourrage: conséquences sur la valeur alimentaire. Fourrages 194: 198-206.
- Baziz K, Benamara-Bellagha M, Pustahija F, Brown SC, Siljak-Yakovlev S, Khalfallah N. 2014 First karyotype analysis, physical rDNA mapping, and genome size assessment in 4 North African *Astragalus* taxa (Fabaceae). Turkish Journal of Botany. Turkish Journal of Botany, 38: 1248-1258
- Bechet G, Nedjraoui D. avec la collaboration de Djebaili S. 1982. Valeur énergétique des principales espèces des Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saïda. Biocénoses. Bulletin d'écologie terrestre, 61 (1): 79-94.
- Bedrani S. 1993. Les aspects socio-économiques et juridiques de la gestion des terres arides dans les pays méditerranéens. Etat de l'Agriculture en Méditerranée. Les sols dans la région méditerranéenne: Utilisation, gestion et perspectives d'évolution. Zaragoza: CIHEAM. p.69-77(Cahiers Options Méditerranéennes; n. 1(2).
- Bedrani S. 1996.- Foncier et gestion des ressources naturelles en Afrique du Nord. Cas de l'Algérie. Actes de l'atelier : Le foncier et la gestion des ressources naturelles dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord. OSS., 3-32.
- Behrendt S, Hanf M. 1979. Grass weeds in world agriculture. Identification in the flawless state. BASF AG, Ludwigshafen and Rhein, 160pp.
- Belhacini F. 2011. Contribution à une étude floristique et biogéographique des matorrals du versant sud de la région de Tlemcen. Thèse Magister. Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, 137p.+ annexes.
- Belloum A, Dekhil S. 1993. La gestion des terres de parcours et l'aménagement de l'espace steppique algérien: un enjeu pour le développement. Medit, 3 : 93 p.32-35.
- Benabdeli K, Mohammedi H. 2001. Evolution de la population et de l'élevage dans la commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abbes) et leur impact sur la gestion des espaces. Séminaire International sur l'Écodéveloppement, CRSTRA-Université de Ouargla. Ghardaïa, 6-7/02/2001, .83-93.
- Benabdellah MA, Amrani S M, Elhaitoum A, Ollier S. 2010. Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). Ecologia Mediterranea, Vol 36: (2), 97-120.
- Bencherif. S. 2011. L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne. Evolution et possibilités de développement. Thèse de Doctorat, L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement(AgroParisTech). 269 p. + annexes.
- Benmansour N, Harche-Kaid M. 2001. Caryological study of two *Lygeum spartum* L. (Gramineae) populations in W Algeria. - Bocconeia 13: 371-376. ISSN 1120-4060.
- Bennett SJ. 1997. A phenetic analysis and lateral key of the genus *Lolium* (Gramineae)

- Genetic resources and Crop Evolution 44: 63-72.
- Benrebaha A. 1984. Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques: cas de la coopérative pastorale d'Aïn Oussera. Thèse de Magister, INA., El Harrach, Alger, 160 p + annexes.
- Benseghir L, Amghar F, Tazaïrt K, Kadi-Hanifi H. 2008. Effects of drought and anthropism on vegetation and soil elements in the station of Tadmit (Wilaya of Djelfa, Algeria). In: López Francos A. (ed.). Drought management: scientific and technological innovations. Zaragoza: CIHEAM, p.87-92 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 80).
- Bhatty RS, Christison GI, Sosulski FW, Harvey BL, Hughes GR, Berdahl JD. 1974. Relationships of various physical and chemical characters to digestible energy in wheat and barley cultivars. Canadian Journal of Animal Science 54(3): 419-427. <http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjas74-057>.
- Bilbao E, Cid MS, Brizuela MA. 2007. Utilización por vacunos de *Plantago lanceolata* L. cv. Ceres Tonic en una pastura polifítica. Revista Argentina de Producción Animal, 27:17-28.
- Böcher TW, Larsen K, Rahn K. 1953. Experimental and cytological studies on plant species I. *Kohlrauschia prolifera* and *Plantago Coronopus*. Hereditas. 39 (1-2): 289-304.
- Böcher W, Larsen K, Rahn K. 1955. Experimental and cytological studies on plant species III. *Plantago coronopus* and allied species. Hereditas. 41: 423-453.
- Bouallala M, Chehma A, Bensetti M. 2011. Variation de la composition chimique de principales plantes broutées par le dromadaire du Sud-ouest Algérien. Livestock Research for Rural Development. Volume 23, Article #107. Retrieved February 2, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd23/5/Boua23107.htm>.
- Boudelaa M. 2007. Evaluation d'un germoplasme de graminées fourragères dans la région d'Annaba. Approche biologique, agronomique et biochimique. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 154 pages.
- Boudelaa M, Slimani S, Boutebba TO, Boussora S. 2007. Five Years of phenologic observations and agronomic features of three local *Poaceae* fodder in North East Algeria. Agricultural Journal, 2: 87-92.
- Boudelaa M, Slimani S, Ladjama A, Benkadour M., Nadjeh I. 2012. Growth rates, biomass yield and forage quality of three local *Poaceae* in Annaba's region, North East Algeria. In : Acar Z. (ed.), López-Francos A. (ed.), Porqueddu C. (ed.). New approaches for grassland research in a context of climate and socio-economic changes. Zaragoza : CIHEAM, 2012. p. 187-190 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 102).
- Boufennara S, Lopez S, Bousseboua H, Bodas R, Bouazza L. 2012. Chemical composition and digestibility of some browse plant species collected from Algerian arid rangelands. Spanish Journal of Agricultural Research 10(1): 88-98. <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/1598/1616>.
- Boughani A. 2014. Contribution à l'étude phytogéographique des steppes algériennes (Biodiversité et endémisme). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Biologiques, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 291 p.+ Annexes.
- Boukhobza M. 1982. L'agropastoralisme traditionnel en Algérie: De l'ordre tribal au désordre colonial, Office des Publications Universitaires, Alger 1982, 457p.
- Boutonnet JP. 1989. Spéculation ovine en Algérie. Un produit de la céréaliculture. Série Notes et Documents n° 10, Economie et Sociologie Rurales, ENSAM/INRA, Montpellier, Vol 3, 52 p.
- Boutonnet JP. 1992. Production de viande ovine en Algérie Est-elle encore issue des parcours ? In : A. Gaston M, Kernick et HN. Le Houérou (Edits): Comptes rendus du IV<sup>ème</sup> Congrès International des Terres de parcours. Vol II CIRAD, Montpellier, 906-908.

- Briane J.P., 1992. Le traitement des données phytosociologiques sur micro-ordinateurs compatibles IBM-PC. ANAPHYTO, manuel d'utilisation. Univ. Paris XI (II), Orsay, 32 p.
- Brochmann C, Brysting AK, Alsos IG, Borgen L, Grundt HH, Scheen AC, Elven R. 2004. Polyploidy in arctic plants. *Biological Journal of the Linnean Society*. 82: 521-536.
- Brouri L. 2011. Impacts des changements climatiques sur la gestion durable des ressources pastorales et des parcours dans les zones arides et semi arides de l'Algérie. Séminaire international « L'effet du Changement Climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb » Université Kasdi Merbah Ouargla Algérie, 21-24 novembre 2011, pp. 29-38.
- Brullo S, Pavone P, Terrasi MC. 1985. Considerazioni cariologiche sul genere *Plantago* in *Sicilia*. *Candollea*. 40: 217-230.
- Bulinska-Radomska Z, Lester RN. 1985. Relationships between five species of *Lolium* (*Poaceae*). *Plant Systematics and Evolution*, Vol. 148, No. 3/4 169-175.
- Bullitta S, Floris R, Hayward MD, Loi A, Porqueddu C, Veronesi F. 1994. Morphological and biochemical variation in Sardinian populations of *Medicago polymorpha* L. suitable for rainfed Mediterranean conditions. *Euphytica* 77: 263-268.
- Bullitta SM., Falcinelli M, Lorenzetti S, Negri V, Pardini, A, Piemontese S, Porqueddu C, Roggero PP, Talamucci P, Veronesi F. 1995. Produzione di seme di leguminose foraggere annuali in tre ambienti italiani. *Rivista di agronomia*, Vol. 29 (1), p. 83-93. ISSN 0035-6034.
- Bureau National d'Etude et Développement Economique et Rural. B.N.E.D.E.R. 2006. Identification et cartographie des zones potentielles à l'agriculture en steppe, Etude diachronique du climat et du bioclimat de la steppe algérienne, Bureau National D'étude pour le Développement Rural. Alger, 47p + annexes.
- Caballero R. 1972. Ecología, valor agronómico y zootécnico de las especies y variedades de interés pascícola en España. II. Géneros: *Lolium*, *Phalaris*, *Phleum* y *Poa*. *Pastos*, 2(1): 5-19.
- Celles JC. 1975. Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie). Thèse de doctorat d'État, faculté des sciences, université de Nice, 366p + annexes.
- Centre de Recherche sur les Biologies Terrestres. CRBT. 1978. Rapport phytoécologique et pastoral sur les hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. CRBT, Alger. 256p. +ann+cartes
- Cevheri C, Küçük Ç, Avcı M, Atamov V. 2013. Element content, botanical composition and nutritional characteristics of natural forage of Şanlıurfa, Turkey *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11: 790-794.
- Chakroun M, Zouaghi M. 2000. Conservation et valorisation des ressources génétiques fourragères et pastorales du Nord tunisien. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 123:46-51.
- Chebouti A, Abdelguerfi A. 2000. Effet du stress hydrique sur la production de gousses et de graines chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertner. In: Sulas L. (ed.). *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses*. Zaragoza: CIHEAM, p. 237-240. *Cahiers Options Méditerranéennes*; n. 45.
- Chebouti A, Abdelguerfi A, Mefti M. 2001. Effet du stress hydrique sur le rendement en gousses et en graines chez trois espèces de luzernes annuelles: *Medicago aculeata*, *Medicago orbicularis* et *Medicago truncatula*. In: Delgado I. (ed.), Lloveras J. (ed.). *Quality in lucerne and medics for animal production*. Zaragoza: CIHEAM, p. 163-166. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*; n. 45.
- Chebouti A, Abdelguerfi A. 2004. Effect of water stress on growth and forage yield of three species of medics. In: Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. Zaragoza : CIHEAM, p. 319-321.

- (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 62). 11. Réunion du Sous-Réseau Ressources Fourragères Méditerranéennes du Réseau Coopératif Interrégional FAO-CIHEAM de Recherche et Développement sur les Pâturages et les Cultures Fourragères, 2002/10/29-2002/11/01, Djerba (Tunisia).
- Chebouti A, Maamri F, Brouri L, Bekai F, Rahmani D. 2006. Etude phytoécologique et valeur pastorale des parcours de la région de Messaad (W. de Djelfa). Actes des Journées Internationales sur la désertification. CRSTRA-Université Khider, Biskra, 10 au 12 juin, pp. 205-208.
- Cehma A. 2004. Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas de la région d'Ouargla et Ghardaïa. Thèse Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). [http://camelides.cirad.fr/fr/science/pdf/these\\_chehma.pdf](http://camelides.cirad.fr/fr/science/pdf/these_chehma.pdf).
- Cehma A, Youcef F. 2009. Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du sud est algérien. Sécheresse 20: 373-81. [http://jle4.jle.test.doloforge.com/e-docs/00/04/51/6A/vers\\_alt/VersionPDF.pdf](http://jle4.jle.test.doloforge.com/e-docs/00/04/51/6A/vers_alt/VersionPDF.pdf).
- Cehma A, Faye B, Bastianelli D. 2010. Valeurs nutritionnelles des plantes vivaces des parcours sahariens algériens pour dromadaires. Fourrages 204: 263-268.
- Chellig R. 1969. La steppe, le pays du mouton. Rapport MARA, production animale, 9p.
- Chenost M. 1985. Estimation de la digestibilité de l'herbe ingérée au pâturage à partir de l'azote fécal et de quelques autres paramètres fécaux. Annales de Zootechnie 34 (2): 205-228.
- Clements RJ. 1971. Nutritive value and perenniality of pasture grasses. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 32: 76-86.
- Cook D.R. 1999. *Medicago truncatula* a model in the making. Current Opinion in Plant Biology, 2: 301-304.
- Coste Abbé H. 1937. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Paris. Librairie des Sciences et des Arts. 3:141-143.
- Crawford EJ, Lake AWH, Boyce KJ. 1989. Breeding annual *Medicago* species in semiarid conditions in southern Australia. In Advances in agronomy. Vol. 42, N.C. Brady, 399-434.
- Cremer-Bach M. 1992. Caractéristiques morphologiques et agronomiques de *Medicago* spp. annuelles autochtones au Maroc provenant de sites non alcalins. Al Awamia, 79, 35-49.
- Daget P, Poissonnet J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des Prairies. Ann. Agron. pp5-41.
- Daget P, Poissonnet J. 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. Fourrages, 49: 31-39.
- Daget P, Poissonnet J. avec la collaboration de Huguenin J. 2010. Prairies et pâturages, Méthodes d'étude de terrain et interprétation. 955p.
- Danin A, Orshan G. 1990, The Distribution of Raunkiaer Life Forms in Israel in Relation to the Environment, Journal of Vegetation Science, Vol, 1:(1), 41-48.
- Dangi R, Tamhankar S, Kumar Choudhary R, Rao S. 2015. Molecular phylogenetics and systematics of *Trigonella* L. (Fabaceae) based on nuclear ribosomal ITS and chloroplast trnL intron sequences. Genetic Resources and Crop Evolution, 62(3). DOI: 10.1007/s10722-015-0236-4.
- Das TK, Ahlawat I, PS, Yaduraju NT. 2014. Littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) resistance to clodinafop-propargyl in wheat fields in northwestern India: Appraisal and management. Weed Biology and Management., 14, 11-20.
- Davis AM. 1973. Protein, crude fiber, tannin, and oxalate concentrations of some introduced *Astragalus* species. Agronomy Journal, 65(4): 613-615.
- Del Pozo1 A, Ovalle C, Aronson J, Avendaño J. 2002. Ecotypic differentiation in *Medicago polymorpha* L. a long an environmental gradient in central Chile. I. Phenology, biomass production and reproductive patterns. Plant Ecology 159: 119-130.

- Djebaili S. 1970. Etude phytoécologique des parcours de Tadmit. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. 61: 3-4, 175-225.
- Djebaili S. 1978. Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doctorat. Montpellier, 229p.
- Djebaili S. 1983. Carte de l'occupation des terres de l'Algérie, Carte pastorale de l'Algérie, Biocénose, 2, 1-2, 1-132 + annexes.
- Djebaili S. 1984. Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. Office Publ. Univ., Alger. 177 p. + Annexes.
- Djebaili S, Achour H, Aidoud F., Khelifi H. 1982. Groupes écologiques édaphiques dans les formations steppiques du Sud-oranais, Biocénose, 1, pp. P 7-61.
- Djebaili S, Djellouli Y, Daget P. 1989. Les steppes pâturées des Hauts Plateaux algériens. Fourrages 120: 393-400.
- Djellouli Y. 1990. Flore et climat en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doctorat, Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene, Alger. 2 tomes, 262 p + annexes.
- Djerdjour B, Guittonneau GG. 1976. IOPB Chromosome Number Reports LII In: Löve A. Taxon, Vol. 25, No. 2/3 pp. 341-346.
- Dunbier MW. 1972. Genetic Variability in *Medicago lupulina* L. across a Valley in the Weka Pass, New Zealand, New Zealand Journal of Botany, 10:1, 48-58.
- Ebrahimzadeh H, Niknam V, Maassoumi AA. 1999. Nitro compounds in *Astragalus* species from Iran. Biochemical Systematics and Ecology., 27: 743-751.
- Ehrman T, Cocks P S. 1996. Reproductive patterns in annual legume species on an aridity gradient Vegetatio 122: 47-59.
- El Hansali M, Zinelabidine LH, Haddioui A. 2007. Variabilité des caractères morphologiques des populations naturelles de *Medicago truncatula* Gaertn. au Maroc, Acta Botanica Gallica: Botany Letters, 154:4, 643-649, DOI: 10.1080/12538078.2007.10516085.
- El-Nahrawy MA. 2011. Egypt: Country pasture/forage resources profile. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- El-Sahhar KF, Emar KS Ali WA. 2013. Comparative Systematic Studies of *Astragalus* in Flora of Arab Republic of Egypt and Syrian Arab Republic: Plant Morphology, SEM of Lamina Surface and SDS-PAGE of Proteins. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 9(6): 271-286, 2013.
- El-Zanaty RIA, Abdel-Hafez AA, Abdel-Gawad KI, El-Morsy MHM, Abusaief, HMA. 2010. Effect of location and growth season on the productivity and quality of some range plants in Wadi Halazien in the North Western Coast in Egypt. Nature and science, :8(7), 50-70.
- Emberger L. 1955.- Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci., Ser. Bot, Montpellier, 7: 3-43.
- Essad S. 1954. Contribution a la systématique du genre *Lolium*. Annales de l'amélioration des plantes série B, 3: 325-351.
- Fahmy TY. 1955. La cytologie du *Plantago albicans* en Tunisie. Recueil des Travaux du Laboratoire de Botanique, Géologie et de Zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier. 7: 115-126.
- Fedorenko DEF, Cocks PS, Bowden JW. 2004. Genetic variation in seed softening of the annual pasture *Medicago minima*. In: Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens . Zaragoza: CIHEAM, p. 69-72 .Cahiers Options Méditerranéennes n. 62.
- Fernandez-Casas J. 1977. Recuentos cromosomicos en plantas vasculares españolas. Saussurea. 8: 33-55.
- Fernandes A, Frana F. 1972. Contribution la connaissance cytotoxinomique des

- spermatophyta du Portugal. VI. Plantaginaceae. Boletim da Sociedad Brotiana ser. 246: 465-501.
- Floret C, Pontanier R. 1982, L'aridité en Tunisie présaharienne, Climat, sol, végétation et aménagement, Travaux et documents de l'ORSTOM n°150, Paris, p, 544,
- Franca A, Loi A, Porqueddu C. 1993. *Lolium rigidum* Gaudin: prime acquisizioni su popolazioni collezionate in Sardegna. Rivista di Agronomia, 2: 142-148.
- Franca A, Loib A, Davies WJ. 1998. Selection of annual ryegrass for adaptation to semi-arid conditions. European Journal of Agronomy 9 ( 1998) 71–78.
- Franca, A; Porqueddu, S, Caredda C; Roggero, PP, Sulas L. 1995. Adattamento e produttività di alcune graminacee da prato e da pascolo in ambiente semi-arido mediterraneo. Rivista di Agronomia, Vol. 29 (2), p. 171-177. ISSN 0035-6034.
- Franca A, Seddaiu G, Caredda S. 2005. Morphological adaptation of *Lolium rigidum* Gaudin. to Different conditions of the Mediterranean semi-arid environment Agricoltura Mediterranea,. Vol. 135,202-208.
- Fresnillo Fedorenko DE, Fernández OA, Busso CA, Elia OE. 1996. Phenology of *Medicago minima* and *Erodium cicutarium* in semi-arid Argentina. Journal of Arid Environments 33: 409–41.
- Fulkerson WJ, Neal JS, Clark CF, Horadagoda A, Nandra KS, Barchia I. 2007. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. Livestock Science, 107, 253-264.
- Gamoun M, Chaïeb M, Ouled Belgacem A. 2010. Évolution des caractéristiques écologiques le long d'un gradient de dégradation édaphique dans les parcours du sud tunisien. Ecologia Mediterranea, Vol, 36:(2) 5-16.
- Gamoun M, Ouled Belgacem A, Hanchi B, Neffati M, Gillet F. 2012. Impact of grazing on the floristic diversity of arid rangelands in South Tunisia. Revue d'Écologie (Terre Vie), 67: 271–282.
- Gamoun M, Zemmouri J. 2014. Effect of drought on plant communities in the desert rangelands of Tunisia. In: R.K. Gaur and P. Sharma (eds.), Approaches to Plant Stress and their Management, p. 207-2017.
- Ghazi A, Lahouati R. 1997. Algérie 2010, Sols et Ressources biologiques, Doc, I.N.E.S.G., Alger, 38 p.
- Ghiloufi W, Quéro Pérez JL, García-Gómez M, Chaïeb M. 2015. Assessment of species diversity and state of *Stipa tenacissima* steppes. Turkish Journal of Botany, 39:1-11p.
- Giger-Reverdin S, Aufrère J, Sauvant D, Demarquilly C, Vermorel M, Pochet S. 1990. Prédiction de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants. Productions Animales 3 (3): 181-188.
- Giscard R. 1963. Améliorations pastorales en régions semi-arides. Fourrages, 13. 80-94 p.
- Givens DI, Moss AR, Adamson AH. 1992. The chemical composition and energy value of high temperature dried grass produced in England. Animal Feed Science and Technology, 36, 215-228.
- Gosselink JMJ, Dulphy JP, Poncet C, Jailler M, Tamminga S, Cone JW. 2004 Prediction of forage digestibility in ruminants using in situ and *in vitro* techniques. Animal Feed Science and Technology 115: 227–246.
- Gonzalez F, Silvestre S.1980 Numeros cromosomicos para la flora española, 141-149. Lagasalia. 9 (2): 261-266.
- Gorenflot R. 1985. Niveaux et diversité des variations intra-individuelles. Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques. 132(2): 7-17.
- Goudjil-Benhizia H. 2014. Caractérisation cytogénétique classique et moléculaire de trois espèces endémiques du genre *Hedysarum* L. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Constantine 1, 73p.

- Gounot M. 1969. Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson et C<sup>ie</sup>. Paris, 314 p.
- Grant V. 1981. Plant speciation. 2<sup>nd</sup> Edition. Columbia University Press, New York.
- Greuter WR, Burdet HM, Long G. 1984-89. Med-Checklist. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève.
- Groves BE, Hair JB. 1971. Contributions to a chromosome Atlas of the New Zealand Flora. 15 Miscellaneous Families, New Zealand Journal of Botany. 9(4): 569-575.
- Grouzis M. 1981. Méthodes d'étude des pâturages naturels. ORSTM, Ouagadougou, 28p.
- Guillon GG. 1978. IOPB Chromosome Number Reports LX. In: Löve Taxon, Vol. 27, 2/3pp. 223-231
- Haddouche I, Saidi S, Mederbal K. 2011. Remote Sensing and Dynamic Landscapes in Arid and Semi Arid Area in Algeria: Cases of the Region of Nâama. TS08D - Regional and Local Structure Planning, FIG Working Week 2011. Bridging the Gap between Cultures. Marrakech, Morocco, 18-22 May 2011, 12 p.
- Halitim A. 1988. Sols des régions arides, Office des Publications Universitaires, Alger, 384p.
- Hamadache A. 2001. Les ressources fourragères actuelles en Algérie. Situation et possibilité d'amélioration. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. ITGC, 79p.
- Hébrard JP, Loisel R, Gomila M, Roux C, Bonin G. 1995. Incidence of clearing cutting on phanerogamic and cryptogamic vegetation in South-Eastern France: disturbance indices, in: Bellan D., Bonin G., Emig C. (Eds.), Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems, Lavoisier, Paris 1995, pp. 747-758
- Henni M, Mehdadi Z. 2012. Évaluation préliminaire des caractéristiques édaphiques et floristiques des steppes à armoise blanche dégradées réhabilitées par la plantation d'*Atriplex* dans la région de Saïda (Algérie occidentale). Acta Botanica Gallica, 159:1, 43-52.
- Heyn C. 1963. *Scripta Hierosolomytana*, The annual species of *Medicago*. Publications of the Hebrew University, Magnes, Jerusalem, pp. 12:1-154.
- Hirche A, Boughani B, Salamani M 2007 Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. Sécheresse, 18(4): 314-20.
- Houmani M. 1999. Situation alimentaire du bétail en Algérie. Revue Recherche agronomique, INRAA 4:35-45.
- Holloway JW, Estell II R E, Butts Jr WT. 1981 Relationship between fecal components and forage consumption and digestibility. Journal of Animal Sciences 52:836-848.
- Humphries CJ, Murray BG, Bocquet G, Vasudevan K. 1978. Chromosome numbers of phanerogams from Morocco and Algeria. Botaniska Notiser. 131: 391-406.
- International Union for the Protection of New Varieties of Plants UPOV. 2006. Luzernes annuelles: Principes directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction de l'homogénéité et de la stabilité. (TG/228/1 du 05/04/2006, 1-26), 34 p.
- Issolah R, Abdelguerfi A. 1999. Chromosome numbers within some spontaneous populations of 10 *Trifolium* species in Algeria, Caryologia, 52:3-4, 151-154.
- Issolah R, Benhizia H, Khalfallah N. 2006. Karyotype variation within some natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria. Genetic Resources and Crop Evolution, 53: 1653-1664.
- Jahier J, Chevre AM, Delourme R, Eber F, Tangay AM. 1992. Techniques de cytogénétique végétale. Editions de l'INRA, Paris. 184 p.
- Jauffret S, 2001. Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides. Application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien. Thèse Doctorat en Sciences (PhD), Université Aix-Marseille III, 360p.+ annexes.

- Jones K. 1970. Chromosome changes in Plant Evolution. *Taxon*. 19(2): 172 – 179.
- Julier B, Huguet T, Chardon F, Ayadi R, Pierre JB, Prosperi JM, Barre P, Huyghe C. 2007. Identification of quantitative trait loci influencing aerial morphogenesis in the model legume *Medicago truncatula*. *Theoretical Applied Genetics*. 114:1391–1406.
- Kaabèche M. 1990. Les groupements végétaux de la région de Bousaâda (Algérie). Contribution à la synsystème des groupements steppiques du Maghreb. Thèse de Doctorat Es-Sciences. Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, France, 2 Volumes: 104 p. + annexes.
- Kadi-Hanifi H. 1998. L'alfa en Algérie: Syntaxonomie, relation: milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene, Alger, 267 p.
- Kadi-Hanifi H, Sadji A, Amghar F. 2005. The impact of anthropic action and aridity on the pastoral production in the *Stipa tenacissima* L. steppes of Algeria. In: Molina Alcaide E. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Biala K. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.). Sustainable grazing, nutritional utilization and quality of sheep and goat products. Zaragoza: CIHEAM, 2005. p. 61-66 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 67).
- Kadik L, Hazerchi A, Akacha T. 2006. Etude phytoécologique et la diversité floristique d'une steppe à alfa au sud de la wilaya de Djelfa. Journées Internationales sur la Désertification et le Développement Durable, CRSTRA-Université de Mohamed Khider, Biskra, 10-12 juin 2006.
- Kanoun A, Kanoun M, Yakhlef H, Cherfaoui MA. 2007. Pastoralisme en Algérie: Systèmes d'élevage et stratégies d'adaptation des éleveurs ovins. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 14:181-184.
- Keshavarzi M, Khaksar M, Seifali M. 2007. Systematic study of annual weed *Phalaris minor* Retz in Iran. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10(8): 1336-1342.
- Khan R, Khan MA, Sultan S, Marwat KB, Khan I, Hassan G, Shah HU. 2013. Nutritional quality of sixteen terrestrial weeds for the formulation of cost-effective animal feed *Journal of Animal and Plant Science*, 23, 75-79.
- Koull N. 2015. Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ), Thèse Doctorat, Université Ouargla, 165 p.
- Labadie P. 1979. IOPB Chromosome Number Reports LXV Vol. 28, 5/6 pp. 627-637.
- Lachachi S. 2010. Contribution à l'étude des populations du *Lygeum spartum* L. dans les régions Sud et Nord de l'Ouest algérien. Thèse de Magister, Université Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen, 189p.
- Laouar M, Abdelguerfi A. 1999. Variability in pod and seed production in some spontaneous *Medicago intertexta* populations. In: Etienne M. (ed.). Dynamics and sustainability of Mediterranean pastoral systems. Zaragoza: CIHEAM, p. 111-117. Cahiers Options Méditerranéennes; n. 39.
- Lazergui H. 2014. Contribution à l'étude phytoécologique des groupements à matorrals de Hameïane (Daïra de Youb, Wilaya de Saida). Thèse de Master, Université Dr. Tahar Moulay, Saïda, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 84p.
- Le Floc'h E. 2001. Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides Méditerranéennes du Nord de l'Afrique, *Bocconea*, 13:223-237.
- Le Houérou HN. 1969 La végétation de la Tunisie steppique. *Annales de Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie*. Tunis, 42(5), 620 p. + annexes et carte au 1/500 000 en couleurs.
- Le Houérou HN. 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité biologique, développement durable et désertisation. In : Le Houérou HN. (éd.). Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité

- biologique, développement durable et désertisation. Montpellier : CIHEAM, 1995. p. 1-396 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 10).
- Le Houérou HN. 2005 Les problèmes écologiques du développement de l'élevage en région sèche. *Sécheresse*, 16(2) : 89-96.
- Le Houérou HN, Ionesco T. 1973. L'appétabilité des espèces de la Tunisie steppique. 68 p., Division de Production et Protection des Plantes, FAO, Rome.
- Le Houérou HN, Claudin J, Haywood M, Donadieu P. 1975. Etude phytoécologique du Hodna (Algérie). 154p. 1 carte, 3 feuilles 1/200 000. AGS:DP/ALG/66/509, Rapport Technique N°3, FAO, Rome.
- Le Houérou HN, Pouget M, Claudin J. 1977. Etude bioclimatique des steppes algériennes. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*. 68:37-74 (3 cartes 1/1000 000<sup>ème</sup>).
- Levin DA. 2002. *The role of chromosomal change in plant evolution*. Oxford University Press. 226 p.
- Levin DA, Wilson AC. 1976. Rates of evolution in seed plants: net increase in diversity of chromosome numbers and species numbers through time. *Proceeding of the National Academy of Science. USA*. 73: 2086-2090.
- Li X, Kellaway RC, Ison RL, Annison G. 1992. Chemical composition and nutritive value of mature annual legumes for sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 37 (3-4): 221-231.
- Licitra G., Carpino S., Schadt I, Avondo M., et Barresi S. 1997. Forage quality of native pastures in a Mediterranean area. *Animal Feed Science and Technology*. 69:315–328.
- Longo H.F, Siboukeur O, Chehma A. 2007. Aspect nutritionnels des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie. *Cahiers Agricultures* 16: 477 -83.
- Loos BP. 1993. Morphological variation in *Lolium (Poaceae)* as a measure of species relationships. *Plant Systematics and Evolution*, Vol. 188, No. 1/2, pp. 87-99.
- Lorenzo-Andreu A. 1951. Cromosomas de plantas de la estepa de Aragon, III., A. *Anales Estacion. Experimentale de Aula Dei*. 2: 195-203.
- Lumaret R, Guillermin JL, Maillet J, Verlaque R. 1997. Plant species diversity and polyploidy in islands of natural vegetation isolated in extensive cultivated lands. *Biodiversity and Conservation*. 6: 591-613.
- McCullagh D. 1934. Chromosomes and chromosome morphology in Plantaginaceae I. *Genetica*. 16: 1-44.
- McIntosh RP. 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology* 48.3, p. 392–404.
- Magurran AE. 2004 *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing Science. 215p.
- Maire R. 1955. Flore de l'Afrique du Nord. (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Volume III. *Monocotyledonae Glumiflorae (Gramineae : sf. Potidé)*. Paul Lechevalier (Edi.), Paris, 395 p.
- Marcon E. 2016. Mesures de la Biodiversité. Version 19 janvier 2016. UMR Écologie des forêts de Guyane, AgroParisTech, CIRAD. 192 p.
- Marqués X, Puig E, Puiggros JM, Saus J, Taberner A, Vilà-Hors JP. 1983. Manual de les Males Herbes dels Conreus de Catalunya. *Obra Agrícola de la Caixa de Pensions. Barcelona*. (Manual de las malas hierbas de los cultivos de Catalunya). 208 p.
- Martinson K, Jung H, Hathaway M, Sheaffer C. 2012. The effect of soaking on carbohydrate removal and dry matter loss in orchard grass and alfalfa hays. *Journal of Equine Veterinary Sciences*, 32, (6) 332-338.

- Mayouf R, et Arbouche F. 2014. Chemical composition and relative feed value of three Mediterranean fodder shrubs. *African Journal of Agricultural Research* 9(8):746-749. [http://www.academicjournals.org/article/article1392303652\\_Mayouf%20and%20Arbouche.pdf](http://www.academicjournals.org/article/article1392303652_Mayouf%20and%20Arbouche.pdf).
- Médail F, Quézel P. 1999. Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Conservation Priorities. *Conservation Biology*, Vol. 13, No. 6, p.1510–1513.
- Mefti M. 2001. Etude du comportement et de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago polymorpha* L. et *Medicago truncatula* Gaertn. Thèse Magister INA. El Harrach. 129 p.
- Mefti M, Abdelguerfi A, Chebouti A. 2001. Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn.. In: Delgado I. (ed.), Lloveras J. (ed.). Quality in lucerne and medics for animal production. Zaragoza: CIHEAM, p. 173-176. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 45.
- Meloni MC, Piluzza G, Bullitta S. 2000. The potential role of alternative legumes from Asin Ara island for multiple uses in difficult environments. In: Sulas L. (ed.). Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Zaragoza: CIHEAM, p.427-430. Cahiers Options Méditerranéennes; n. 45.
- Melzi S. 1986. Approche phytoécologique du processus de la désertification dans un secteur présaharien: Messaâd-Djelfa. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 133 p.
- Melzi S. 1990. Evaluation du processus de la désertification dans une région présaharienne du sud Algérois. *Biocénoses* 5(1.2) :85-102.
- Melzi S. 1993. Evolution de la végétation et d milieu dans la région présaharienne de la steppe algérienne. *Sécheresse*, 4 : 113-6.
- Merouane A, Noura A, Khelifa Zoubir M. 2014. Estimation *in vitro* de la valeur énergétique de l'arganier en Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26, <http://www.lrrd.org/lrrd26/5/abde26092.html>.
- Messen N, Bague H, Zaidi C, Bouzenbouah Z. 2006. Cadre climatique et dynamique des vents de sable dans la région de Ain-Oussera. Journées Internationales sur la Désertification et le Développement Durable. CRSTRA, Université Mohamed Khider, Biskra, p, 193-199.
- Mirjalili SA, Bennett S, 2006. Morphological variation in population of the genus *Lolium* (Poaceae) in Iran. *International Journal of Botany*. 2(3) 285-292.
- Mirjalili SA, Bennett S, Poorazizi E. 2008. A phenetic analysis on the genus *Lolium* (Poaceae) in Iran. *Plant Syst Evol* (2008) 274:203–208.
- Mohguen Khalissa K, Abdelguerfi A. 2004. Seasonal changes of quantitative and qualitative performances of 72 tall fescue populations in Algeria. In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, p. 113-114 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 62)
- Mohsenzadeh S, Nazeri V, Mirtadzadini SM. 2008. Chromosome numbers of fifteen species of *Plantago* L. (*Plantaginaceae*) From Iran. *Iranian Journal of Botany*. 14: 47-53.
- Molle G, Decandia M, Fois N, Ligios S, Cabiddu A, Sitzia M. 2003. The performance of Mediterranean dairy sheep given access to sulla (*Hedysarum coronarium* L.) and annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin.) pastures in different time proportions. *Small Ruminant Research*., 49, 319-328.
- Mossab-Bouaboub K. (2001). Comportement de variétés et populations de luzerne pérenne *Medicago sativa* L. dans la région d'Adrar. Thèse de Magister, Institut National Agronomique., Alger, p. 1-150 +t annexes.
- Nait Merzoug S. 2007. Analyse de la variabilité génétique de quelques espèces du genre

- Lolium* L. Etude morphologique et caryologique. Thèse de Magister, Institut National Agronomique., Alger, p. 1-31 +t annexes.
- Nedjraoui D. 1981. Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation (*Artemisia herba-alba*, *Lygeum spartum* et *Stipa tenacissima*) des Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saïda. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 156 p.
- Nedjraoui D. 1990. Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) aux conditions écologiques stationnelles. Contribution à l'étude du fonctionnement de l'écosystème steppique. Thèse Doctorat d'Etat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 256 p.
- Nedjraoui D. 1997. Etat, conservation et gestion des écosystèmes forestiers steppiques et sahariens en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 89p.
- Nedjraoui D. 2003: country pasture, forage resource profiles. (ed.). FAO. Grassland and pasture crops Algérie, pp: 1-29.
- Neffar S, Beddiar A, Redjel N, Boukheloua J. 2011. Effets de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) sur les propriétés du sol et la végétation à Tébessa (zone semi-aride de l'Est algérien). *Ecologia Mediterranea*, 37(1):5-15.
- Neffati M, Akrimi N, Behaegue T. 1993, Etude de quelques caractéristiques germinatives des semences de *Salsola vermiculata* var. *villosa* (Delile) Moq. Tan., *Ecologia Mediterranea* XIX (314) 1993: 61-69).
- Nouad M. A. 2001. Alternatives fourragères en zone semi arides. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. ITGC. 79p
- Observatoire du Sahel et Sahara. 2012. La Surveillance environnementale dans le circum-Sahara: Synthèse régionale Ecologie (Algérie - Burkina Faso - Kenya - Mali Niger - Sénégal - Tunisie) 128p.
- ONFAA Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires. 2015. Bilan du commerce extérieur algérien des céréales. 06p.
- Ouhammou A, Muller S, M'Hirit O. 1996. Impact des activités pastorales sur la biodiversité floristique dans une thuriferaie limitrophe du Parc national de Toubkal, Haut Atlas de Marrakech, Maroc, *Acta Botanica Gallica: Botany Letters*, 143:4-5, 393-401.
- Otto S, Whitton J. 2000. Polyploid incidence and evolution. *Annual Review of Genetics*. 34: 401-437.
- Ovalle C, Avendaño J, Arredondo S, del Pozo A, Porqueddu C. 2000. Ten new annual legumes tested for unirrigated lands of the Mediterranean-climate region of Chile. In: Sulas L. (ed.). *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses*. Zaragoza : CIHEAM, p. 161-165(Cahiers Options Méditerranéennes; n. 45).
- Ozenda P. 1954. Observations sur la végétation d'une région semi-aride: Les hauts plateaux sud-algérois. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 45(3-4): 189-223.
- Ozenda P, Keraudren J. 1958. Feuilles de Guelt-es-Stel et Djelfa au 1/200 000. Carte de la végétation IGN, Paris.
- Ozenda P. 2004. Flore et végétation du Sahara. Centre National de Recherche Scientifique Editions, Paris, p. 566.
- Patanè C, Gresta F. 2006. Germination of *Astragalus hamosus* and *Medicago orbicularis* as affected by seed-coat dormancy breaking techniques. *Journal of Arid Environment.*, 67: 165-173.
- Paszko B. 2006. A critical review and a new proposal of karyotypes asymmetry indices. *Plant Systematics and Evolution*. 258: 39-48.
- Pedrol J. 2009. *Plantago* L. In *Flora Iberica*. Vol. XIII. Benedi C, Rico E, Güemes J, Herrero

- (eds.) A. 4-38. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Peruzzi L, Cesca G. 2002. Chromosome numbers of flowering plants from Calabria, S Italy. *Willdenowia*. 32: 33-44.
- Petit C, Thompson JD. 1999. Species diversity and ecological range in relation to ploidy level in the flora of the Pyrenees. *Evolutionary Ecology*. 13: 45-66.
- Piélou EC. 1966. The measures of diversity in different types of biological collections, J. *Theor. Biol.*,13: 131-144.
- Pignatti S. 1982. Flora d'Italia. Edagricole, Bologna.
- Polok K. (2007). Molecular Evolution of the Genus *Lolium* L. Studio Poligrafii Komputerowej SQL, Olsztyn. 317p.
- Porqueddu C, González F. 2006. Role and potential of annual pasture legumes in Mediterranean farming systems. In: Sustainable grassland productivity, Lloerveras J., González-Rodríguez, Vázquez-Yañez O., Piñeiro J., Santamaría O., Olea L., Polaciones M.J. (eds.) *Grassland Science in Europe* vol. 11, 221-231.
- Quézel P, Santa S. 1962-1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques. CNRS., Paris, 2 tomes, 1170 p.
- Pontanier R, Diouf M, Zaafouri MS. 2003. Ecologie et régime hydrique de deux formations à *Acacia raddiana* au Nord et au sud du Sahara (Tunisie, Sénégal) In : Un arbre au désert: *Acacia raddiana*. Grouzis M. and Le Floc'h E. (eds.). 79-101. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) Paris.
- Pouget M. 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes Sud algéroises [Thèse Doctorat d'Etat]. Paris: ORSTOM; p. 555.
- Pouget M. 1971. Etude agro-pédologique du bassin du Zahrez Gharbi au 1/100 000<sup>ème</sup> (Feuille Rocher de sel), Alger, D.E.M.R.H., 160 p. +5 cartes.
- Pouget M. 1973. Etude écologique et pédologique de la région de Messaâd, Etude D.E.M.R.H., Alger, 50 p.
- Pouget M. 1980. Les relations sol- végétation dans les steppes Sud algéroises. Thèse Doctorat d'Etat. Eds. O.R.S.T.O.M. Paris. 555 p.
- Pramanik S, Sen Raychaudhuri S. 1997. DNA content, chromosome composition, and isozyme patterns in *Plantago* L. *Botanical Review*. 63(2): 124-139.
- Puech S. 1987. Fertilité, aptitudes germinatives et caryotype dans deux populations de *Plantago albicans* L. (Plantaginacée) en Tunisie. *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*. 135: 145-154.
- Puech S. 1988. Graines, aptitudes germinatives et caryotype de populations de *Plantago albicans* L. (Plantaginacée) de Tunisie. *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres botaniques*. 135(4/5): 353-359.
- Puech S. 1992. Productions inflorescentielles, aptitudes germinatives et garnitures chromosomiques de populations de *Plantago albicans* L. (Plantaginacée) du Maroc, *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*. 139 (2): 155-160.
- Puech S, Rascol JP, Michel V, Andary C. 1998. Cytogenetics and adaptation to increasingly arid environments: the example of *Plantago albicans* L. (Plantaginaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*. 26: 267-283.
- Rafay M., Khan R. A., Yaqoob S. et Ahmad M. 2013. Nutritional evaluation of major range grasses from Cholistan Desert. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12 (1): 23-29.
- Ramsey J., Schemske DW. 2002. Neopolyploidy in Flowering Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 33: 589 – 639.
- Raunkiaer C., 1904. Om biologiske typer, med Hensyn til Planternes Tilpasning til at overle ugunstige Aarister. *Bot. Tidsskrift*,26. Announcement XIV.
- Raunkiaer C., 1908. Livsformernes Statistik som Grundlag for Plantegeografi. *Bot. Tidsskr*, 29. p. 42-84.

- Raunkiaer C. 1934. The life-forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford. 147p.
- Reese G. 1957. Über die polyploidiespektren in den nordsaharischen wuistenpflanzen flora 144: 598-634.
- Regagba Z. 2012. Dynamique des populations végétales halophytes dans la région Sud-est de Tlemcen. Aspects phytoécologiques et cartographiques. Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Bellaid, Tlemcen, 169 p.
- Rekis A. 2012. Etude spatio-temporelle du changement de la végétation de la région ouest de Biskra, Approche cartographique par télédétection, Thèse Magister, Université Mohamed Khider Biskra, 98p. + annexes.
- Rodin L, Vinogradov B, Botschantzev V, Kalenov H, Mirochnitchenko Y, Pelt N. 1970. Etudes géobotaniques des pâturages du secteur ouest du département de Médéa, 124 p, Atlas 2 cartes, 1/200 000, Nauka, Lénigrad.
- Romero Zarco C. 1986. A new method for estimating karyotype asymmetry. Taxon. 35(3): 526-530.
- Rønsted N, Chase MW, Albach DC, Bello MA. 2002. Phylogenetic relationship within *Plantago* (Plantaginaceae): evidence from nuclear ribosomal ITS and plastid trnL-F sequence data. Botanical Journal of the Linnean Society. 139(4): 323-338.
- Runemark H. 1967. Studies in the Aegean flora X. Cytologic and morphologic notes on *Plantago*. Botaniska Notiser. 120: 9-16.
- Sadaoui S. 1999. Contribution à l'étude de l'espèce *Hedysarum aculeolatum* Munby (Papilionacée) en Algérie. Morphologie, caryologie, biologie florale et mode de reproduction. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiène (USTHB) Alger, 102p.
- Saïdi S, Gintzburger G. 2013. A spatial desertification indicator for Mediterranean arid rangelands: a case study in Algeria. The Rangeland Journal. 35: 47–62.
- Sauvant D., Perez JM, Tran G. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons, INRA Editions et AFZ, Paris p301.
- Scehovic J. 1979. Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. Annales de Zootechnie, 31(2), 111-130.
- Scholtz GDJ, Van der Merwe HJ, Tylutki TP. 2009. The nutritive value of South African *Medicago sativa* L. hay. South African Journal of Animal Science, 39 (Supplement 1), 179-182.
- Schulz-Schaeffer J. 1980. Cytogenetics. Plants, Animals, Humans. New York, Springer-Verlag. 446 p.
- Seltzer P. 1946. Le climat de l'Algérie, 219p. Carbonnel, Alger.
- Semsar S, Akkache S, Slimani O, Amrane R, Aired S. 2008. Etablissement des équations de prévision de la composition chimique et de la digestibilité des fourrages cultivées dans la région de Kabylie (Algérie). Rencontre Recherche Ruminants 15: 289. [http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2008\\_09\\_alimentation\\_16\\_Semsar.pdf](http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2008_09_alimentation_16_Semsar.pdf).
- Singh S, Kirkwood, R.C, Marshall G. 1999. A review of the biology and control of *Phalaris minor* Retz. (littleseed canarygrass) in wheat. Crop Protection., 18:1–16.
- Singh V, Gaur RD, Bohra B. 2008. A survey of fodder plants in mid-altitude Himalayan rangelands of Uttarakhand, India. Journal of Mountain Science, 5, 265-278.
- Sirjaev G. 1933. Generis *Trigonella* L. Revisio Critica. Publication de la Faculté des Sciences, Université de Masaryk, Brno, pp 124-269.
- Si Ziani Y, Abdelguerfi A. 1995. Comportement de populations de *Medicago truncatula*

- Gaertn. Dans deux zones différentes ; relation avec les facteurs du milieu d'origine. Systèmes sylvopastoraux. Pour un environnement, une agriculture et une économie durables . Zaragoza : CIHEAM, p. 29-32 (Cahiers Options Méditerranéennes; n . 12).
- Slimani S, Boudelaa M, Boutebba A, Tahar A. 2008. Phenologic observations and agronomic features of three local Poaceae fodder grasses in North East Algeria. In: Porqueddu C. (ed.), Tavares de Sousa M.M. (ed.). Sustainable Mediterranean grasslands and their multi-functions. Zaragoza: CIHEAM /FAO/ENMP/SPPF,2008. p.237-240 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 79)
- Slimani H, Aidoud A, Rozé F. 2010. 30 Years of protection and monitoring of a steppic rangeland undergoing desertification. *Journal of Arid Environments*, 74: 685–691.
- Small E. 2011. Alfalfa and relatives. Evolution and classification of *Medicago*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 727 pp.
- Small E, Lassen P, Brookes B. 1987. An expanded circumscription of *Medicago* (*Leguminosae, Trifolieae*) based on explosive flower tripping. *Willdenowia* 16 : 415–437.
- Soekarjo R. 1992. General morphology in *Plantago*. In *Plantago: A multidisciplinary study*, Kuiper PJC and Bos M. (eds.), Springer-Verlag. Berlin. 6-12.
- Soltis DE, Soltis PS, Morgant DR, Susan Swensent M, Mullin BC, Dowdi JM, Martin PG. 1995. Chloroplast gene sequence data suggest a single origin of the predisposition for symbiotic nitrogen fixation in angiosperms. *Proceedings of the National Acadademy of Science, USA*, Vol. 92, pp. 2647-2651.
- Souri EG, Farsam AH, Jalalizadeh H, Barezi S. 2008. Screening of thirteen medicinal plant extracts for antioxidant activity. *Iran. Journal Pharmaceutical Research*, 2008; 7 (2):149-154.
- Stebbins GL. 1950. *Variation and Evolution in Plants*. New York Columbia University Press.
- Stebbins GL. 1966. Chromosomal Variation and Evolution. *Science*. 152: 1463 - 1469.
- Stebbins GL. 1984. Polyploidy and the distribution of the arctic-alpin flora: New evidence and a new approach. *Botanica Helvetica*. 94: 1 - 13.
- Tadmor NH, Evenari M, Katznelson J. 1968. Seeding Annuals and Perennials in Natural Desert Range. *Journal of Range Management*, Vol. 21, No. 5, pp. 330-331.
- Terrell EE. 1968. A taxonomic revision of the genus. *Lolium*. Technical Bulletin 1392. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.60 p.
- Tutel B, Kandemir I, Kus S, Kence A. 2005. Classification of Turkish *Plantago* L. species using numerical taxonomy. *Turkish Journal of Botany*. 29: 51-61.
- Unité de Recherches sur les Ressources Biologiques Terrestre URBT, 1987. Rapport phyto-écologique et pastoral, Wilaya de Djelfa, Unité, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 159 p. +Cartes
- Vamosi JC, Goring SJ, Kennedy BF, Mayberry RJ, Moray CM, Neame LA, Tunbridge ND, Elle E. 2007. Pollination, floral display, and the ecological correlates of polyploidy. *Functional Ecosystems and Communities*. 1: 1-9.
- Van Dijk P, Van Delden W. 1990. Evidence for autotetraploidy in *Plantago media* and comparisons between natural and artificial cytotypes concerning cell size and fertility. *Heredity*. 65: 349-357.
- Van Dijk P, Hartog, MV, Van Delden W. 1992. Single cytotype areas in autopolyploid *Plantago media* L. *Biological Journal of the Linnean Society*. 46: 315-331.
- Van-Soest PJ, Wine R.N. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV- Determination of plant cell-wall constituents. *Journal Association of Agricultural Chemistry* 50: 50-55.
- Veiga-Barbosa L, Pérez-García F. 2014. Germination of mucilaginous seeds of *Plantago albicans* (Plantaginaceae): effects of temperature, light, pre-sowing treatments, osmotic stress and salinity. *Australian Journal of Botany*. 62: 141-149.

- Vernet A. 1958. Climates and vegetation. *Arid Zone Research, Climatology, Review of Research*, 75 - 101, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Vogt R, Oberprieler C. 2009. Chromosome numbers of North African Phanerogams. IX. In: Marhold, K. (ed.), *IAPT/IOPB chromosome data 8*. *Taxon* 58: 1282-1283. E3-E9.
- Weiss P, Demarquilly C. 1970. Valeur alimentaire des fourrages verts. *Fourrages*, 42, 3-22.
- Wittaker RH. 1972. Evolution and measurements of species diversity, *Taxon*, (21), 213-51.
- Yahiaoui S. Abdelguerfi A. 2000. Etude comparative de la phénologie et croissance de trois espèces de luzernes annuelles: relation avec le milieu d'origine. In: Sulas L. (ed.). *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses*. Zaragoza, CIHEAM, p. 255-259. *Cahiers Options Méditerranéennes*; n. 45.
- Zoghlami A, Nefzaoui A, Seklani H. 1995. Etude de trois associations luzerne-graminée pérenne en zone semi-aride de Tunisie. *Fourrages*, 142, 181-190.
- Zohary M. 1959. On the hydro ecological relations, UNESCO-Spain Symposium on Plant-water relationships in arid and semi-arid conditions, Madrid, 24-30 September, 18p.

## TABLE DES MATIERES

Résumés	1
Sommaire	6
 Introduction Générale	 15
Chapitre I: Phytoécologie de quelques unités de végétations des steppes centrales algériennes	19
1.1.Introduction	20
1.2.Objectif de l'étude	21
1.3.Données bibliographiques	22
1.3.1. Etat des connaissances	22
1.3.2. Causes de dégradation de parcours steppiques	23
1.4.3.1.Causes écologiques et naturelles	23
<b>1.4.3.1.1.</b> La sécheresse	23
<b>1.4.3.1.2.</b> L'érosion éolienne	24
<b>1.4.3.1.3.</b> La salinisation des sols steppiques	24
1.4.3.2.Causes anthropozoïques	24
<b>1.4.3.2.1.</b> Changements des pratiques de gestion des parcours	24
<b>1.4.3.2.2.</b> Evolution des populations	24
<b>1.4.3.2.3.</b> Le surpâturage	25
<b>1.4.3.2.4.</b> Les effets du surpâturage	25
<b>1.4.3.2.5.</b> Evolution des superficies cultivées dans les régions steppiques	26
1.5. Matériels et Méthodes	27
1.4.1. Présentation de la zone d'étude	27
1.4.1.1. Etude bioclimatique	27
1.4.1.2. Evolution des paramètres climatiques	28
a- Les précipitations moyennes annuelles	28
b- Les températures	29
c- Régimes saisonniers	29
d- Les quotients pluviothermiques d'Emberger (1955)	30
2.4.1.3.La végétation	31
1.4.2. Echantillonnage et paramètres étudié	31
1.4.2.1. La richesse floristique globale : FR(R)	33
1.4.2.2. Le recouvrement global de la végétation : RGV (%)	33
1.4.2.3. La contribution des espèces annuelles au recouvrement global de la végétation : CA (%).	34
1.4.2.4. La contribution des espèces pérennes au recouvrement global de la végétation : CP (%).	34
1.4.2.5 La valeur pastorale pondérée : VP' (Daget et Poissonnet, 1972 ; 2010)	34
1.4.2.6 1.2.4.6. L'indice de perturbation (Hébrard <i>et al.</i> , 1995) : IP (%)	35

1.4.2.7 L'indice de diversité de Shannon : H' (In : Magurran, 2004)	35
1.4.2.8 L'indice d'Equitabilité de Piélou (1966) : E	35
1.4.2.9 Les types biologiques	36
1.4.2.9.1 Le nombre de chaméphytes : CH	36
1.4.2.9.2 Le nombre de thérophytes : TH	36
1.4.2.10.1. Le taux d'éléments biogéographiques Méditerranéens : MED (%) (Quézel et Santa, 1962)	36
1.5.2.10.1. Le taux d'éléments biogéographiques Sahariens : SAH (%) (Quézel et Santa, 1962)	36
1.5.2.11. Les indices de qualité spécifique	36
1.5.2.11.1. Le nombre des espèces ayant des indices spécifiques de palatabilité inférieurs à 5 : IS<5	37
1.5.2.11.2. Le nombre des espèces ayant des indices spécifiques de palatabilité supérieurs ou égaux à 5 : IS≥5.	37
1.5.3. Traitement des données	37
1.6. Résultats et discussions	38
5.5.1. Evolution des unités de végétation en 2000 et 2009	38
5.5.2. Phytoécologie et Caractéristiques floristiques en 2000 et 2009	40
Analyses de la variance	40
1.5.2.1 La richesse floristique	40
1.5.2.2. Les types biologiques	41
1.5.2.3. Les Indices de diversité	43
1.5.2.4 Les Eléments biogéographiques	47
1.5.2.5. La valeur pastorale et les indices spécifiques	48
e- Le recouvrement global de la végétation	48
f- La contribution des espèces pérennes et annuelles	48
g- Les indices de qualité spécifiques	50
h- La valeur pastorale	51
5.5.3. Analyse factorielle des Correspondances	
1.5.3.1. Carte des relevés	53
1.5.3.2. Carte des espèces	57
1.6. Synthèse	

## **Chapitre II: Caractérisation morpho-phénologiques de quelques ressources spontanées à intérêt pastoral et/ ou fourrager originaires des steppes centrales algériennes**

	64
2.1. Introduction	65
2.2. Objectifs de l'étude	66
2.3. Données bibliographiques, classification des ressources pastorales étudiées	67
2.4. Matériel et Méthodes	69
2.4.1 Le matériel végétal	69
2.4.2 Conditions d'essai	70
2.4.3 Les caractères étudiés	71
2.4.3.1 Les Fabaceae	71
2.4.3.2 Les Poaceae	72
2.4.4 Traitements statistiques	73
2.5. Résultats	74
2.5.1. Etude de la variabilité intraspécifique des Fabacées étudiées	74
2.5.1.1. Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Medicago laciniata</i>	74
2.5.1.2. Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Medicago littoralis</i>	76
2.5.1.3 . Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Medicago minima</i>	79
2.5.1.4 Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Medicago secundiflora</i>	81
2.5.1.5 Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Trigonella polycerata</i>	85
2.5.1.6 Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	87
2.5.1.7 Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Astragalus hamosus</i>	90
2.5.2. Etude de la variabilité interspécifique des Fabacées étudiées	93
2.5.2.1. Analyse de la variance	93
2.5.2.2. Analyse multivariée	97
2.5.3 Discussion	101
2.5.4 Etude de la variabilité intraspécifique des Poacées étudiées	106
2.5.4.1. Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Lolium rigidum</i>	106
2.5.4.2. Etude de la variabilité intraspécifique de <i>Cutandia dichotoma</i>	109
2.5.5. Etude de la variabilité interspécifique des Poacées étudiées	111
2.5.5.1. Analyse de la variance	111
2.5.5.2. Analyse multivariée	113
2.5.6. Discussion	116
2.6. Synthèse	119

## **Chapitre III: Valeur nutritive et prédiction de la digestibilité de quelques ressources pastorales spontanées originaires des steppes centrales algériennes**

121

3.1. Introduction	122
3.2. Objectif de l'étude	124
3.3. Matériel et Méthodes	124
3.3.1. Conduite de l'essai	124
3.3.2. Les analyses fourragères	125
3.3.3. Les traitements des données	126
3.4. Résultats	126
3.4.1. La valeur nutritive des espèces étudiées	126
3.4.1.1. La composition chimique	126
Analyse de la variance	126
3.4.1.2. Les paramètres de la Digestibilité <i>in vitro</i>	129
Analyse de la variance	129
3.4.1.3 Analyse en composantes principales	131
3.4.1.4. Classification hiérarchique ascendante	133
3.4.2. Discussion	134
3.4.3. Prédiction des paramètres de la digestibilité des espèces étudiées	138
3.4.3.1. Elaboration des modèles	138
3.4.3.2. Discussion	140
3.5. Synthèse	142
Chapitre IV : Etude caryologique de quelques populations de <i>Plantago albicans</i>	
L. originaires des steppes centrales algériennes	144
4.1. Introduction	145
4.2. Objectifs de l'étude	146
4.3. Données bibliographiques	147
4.4. Matériel et Méthodes	149
4.6.1. Le matériel végétal	149
4.6.2. Traitement des données	150
4.5. Résultats	151
4.5.1. Variation du nombre chromosomique	151
4.5.2. Etude des caryotypes et établissement des caryogrammes	152
4.5.3. Etude de l'asymétrie des caryotypes	154
4.6. Discussion	155
Conclusion générale	159
Références bibliographiques	163
Table des matières	181
Annexes	185

## Annexes

### Annexe 1.1. Précipitations moyennes mensuelles des trois stations étudiées pour les trois périodes.

Stations	Mois Périodes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		Djelfa	1913-1938	34,00	28,00	29,00	21,00	<b>35,00</b>	22,00	<b>6,00</b>	10,00	31,00	23,00
	1971-2001	33,80	32,80	<b>35,40</b>	29,30	32,30	21,90	<b>8,50</b>	16,90	32,10	26,60	33,20	27,40
	1995-2006	<b>38,73</b>	24,94	26,87	29,00	27,13	20,28	<b>6,91</b>	13,41	<b>36,13</b>	22,28	22,70	32,56
Ksar Chellalah	1913-1938	<b>33,50</b>	24,00	26,00	29,00	<b>36,00</b>	21,00	<b>5,00</b>	8,00	21,00	22,00	<b>33,50</b>	31,00
	1971-2001	15,00	15,00	17,00	26,00	<b>33,00</b>	12,00	<b>8,00</b>	12,50	26,00	16,00	13,00	16,00
	1995-2006	25,80	18,00	18,50	24,20	28,30	13,01	8,51	<b>7,80</b>	<b>33,50</b>	29,42	21,25	29,70
Laghouat	1913-1938	12,00	12,00	16,00	12,00	19,00	12,00	<b>5,00</b>	7,00	<b>23,00</b>	17,00	18,00	11,00
	1971-2001	12,00	13,00	15,00	15,00	<b>18,00</b>	8,00	<b>2,00</b>	5,00	15,50	17,50	15,50	6,50
	1995-2006	17,83	5,00	15,70	24,92	10,75	10,00	<b>3,63</b>	11,50	<b>25,75</b>	15,10	10,60	10,90

### Annexe 1.2.1 Moyennes mensuelles des températures minimales du mois le plus froid « m » des stations étudiées pour les trois périodes.

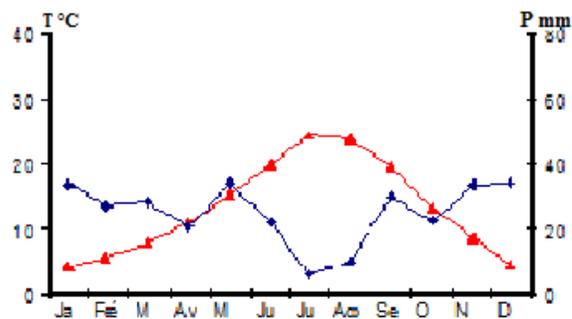
Station	Mois Périodes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		Djelfa	1913-1938	-0,80	0,10	2,10	4,10	7,80	12,10	15,10	15,00	12,10	7,20
	1971-2001	<b>0,10</b>	1,10	2,70	5,50	9,80	14,80	<b>17,90</b>	17,50	8,10	8,50	3,90	1,10
	1995-2006	<b>0,15</b>	1,20	3,57	6,08	10,82	15,54	<b>18,84</b>	18,34	14,00	10,00	4,50	1,86
Ksar Chellalah	1913-1938	1,60	2,30	4,30	6,40	10,20	14,20	17,60	18,10	15,80	9,90	5,50	2,40
	1971-2001	<b>2,70</b>	3,40	5,30	8,00	12,60	16,90	<b>20,30</b>	20,20	16,00	10,90	7,20	3,70
	1995-2006	<b>2,81</b>	3,40	<b>6,41</b>	8,58	13,67	18,16	<b>21,13</b>	20,92	16,58	12,44	7,23	4,21
Laghouat	1913-1938	<b>2,30</b>	3,60	6,50	9,40	13,20	18,10	<b>21,20</b>	20,40	16,80	11,60	5,90	3,10
	1971-2001	<b>2,90</b>	3,80	6,40	9,30	13,80	19,60	<b>22,60</b>	22,30	17,90	11,90	6,40	3,20
	1995-2006	<b>2,90</b>	3,20	6,78	16,87	15,28	20,01	22,67	<b>22,92</b>	17,91	13,40	6,45	3,14
Aïn Oussera	1982-2008	<b>1,60</b>	2,30	5,10	7,80	12,80	17,90	21,20	20,40	16,50	12,00	6,10	2,70

### Annexe 1.2.2 Moyennes mensuelles des températures maximales du mois le plus chaud « M » des stations étudiées pour les trois périodes.

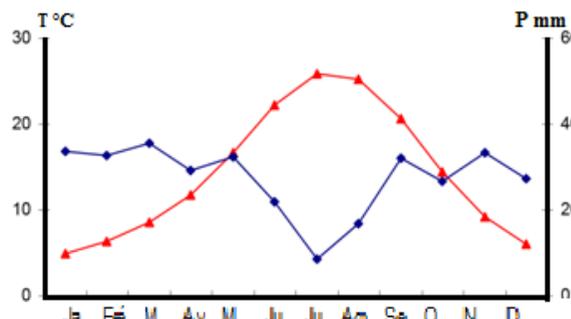
Station	Mois Périodes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		Djelfa	1913-1938	<b>9,30</b>	11,00	14,30	18,70	23,40	28,50	<b>33,50</b>	32,90	27,50	20,10
	1971-2001	<b>9,90</b>	11,50	14,50	18,00	23,60	29,50	<b>33,80</b>	32,90	27,50	20,50	14,40	10,80
	1995-2006	<b>9,39</b>	11,64	15,92	17,38	24,18	30,32	<b>34,23</b>	33,01	26,74	22,01	14,50	10,45
Ksar Chellalah	1913-1938	<b>12,20</b>	14,20	17,60	21,60	26,60	31,70	<b>36,70</b>	<b>36,70</b>	30,80	23,40	16,60	12,40
	1971-2001	<b>12,60</b>	14,70	17,60	19,90	26,60	31,90	<b>36,50</b>	36,00	29,30	23,10	17,70	13,70
	1995-2006	<b>12,29</b>	14,45	18,77	21,52	27,30	33,48	<b>37,44</b>	36,56	30,10	24,92	16,70	12,83
Laghouat	1913-1938	<b>12,50</b>	15,10	18,40	22,80	26,20	31,80	<b>36,00</b>	35,20	30,00	24,00	16,90	13,00
	1971-2001	<b>13,60</b>	19,80	18,20	22,30	27,60	33,80	<b>37,10</b>	36,80	31,40	24,10	17,70	14,30
	1995-2006	<b>14,16</b>	17,81	21,13	24,42	29,63	35,30	<b>39,33</b>	38,12	32,20	27,56	19,34	15,23
Aïn Oussera	1982-2008	12,70	14,90	18,30	22,00	27,70	35,30	<b>37,60</b>	36,30	30,50	24,60	17,50	<b>12,20</b>

**Annexe 1.3.** Diagrammes ombrothermiques des stations de Djelfa, Ksar Chellalah et Laghouat durant les trois périodes étudiées.

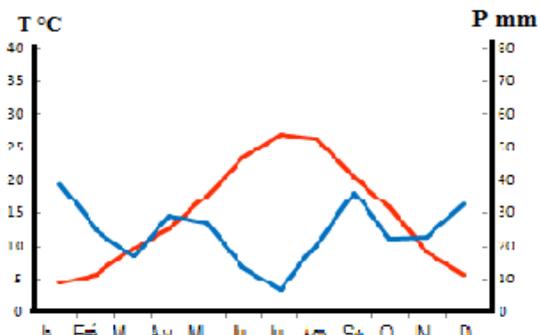
**Djelfa 1913-1938 (Seltzer, 1946)**



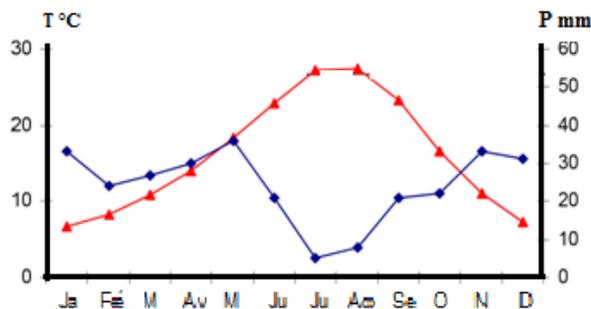
**Djelfa 1971-2001 (BNEDER, 2006)**



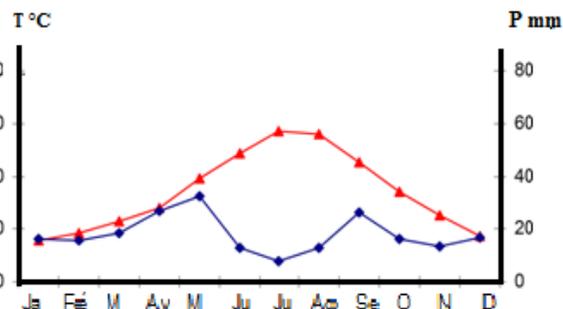
**Djelfa 1995-2006 (ONM, 2006)**



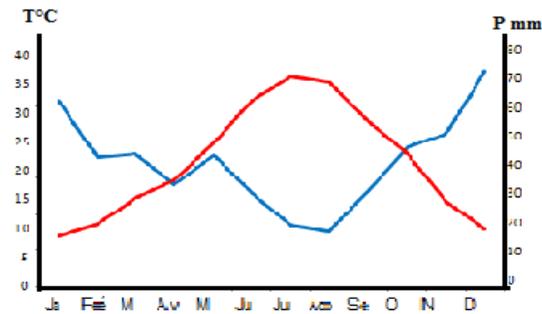
**Ksar Chellalah 1913-1938 (Seltzer, 1946)**



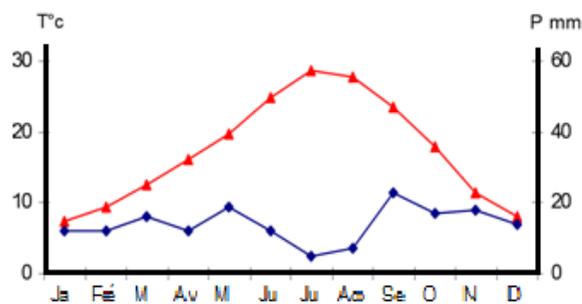
**Ksar Chellalah 1971-2001 (BNEDER, 2006)**



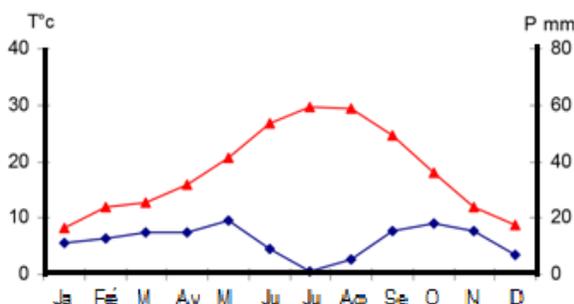
**Ksar Chellalah 1995-2006 (ONM, 2006)**



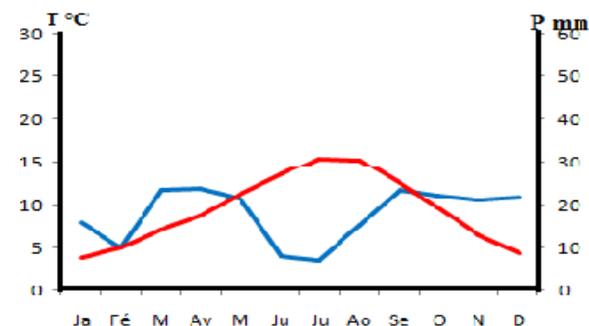
**Laghouat 1913-1938 (Seltzer, 1946)**

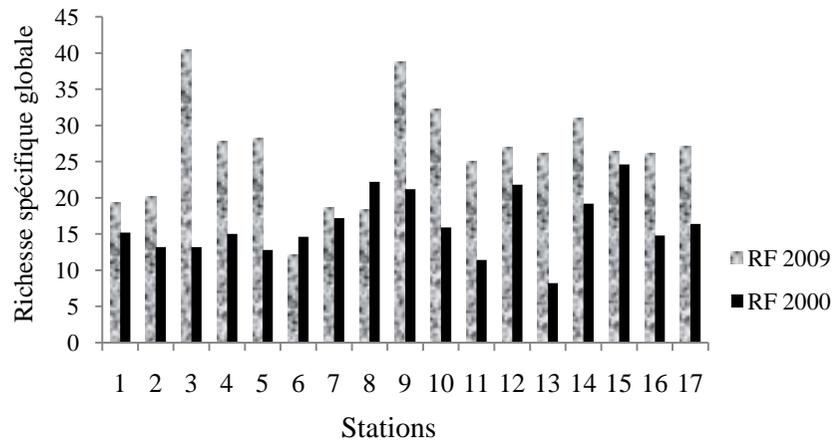


**Laghouat 1971-2001 (BNEDER, 2006)**

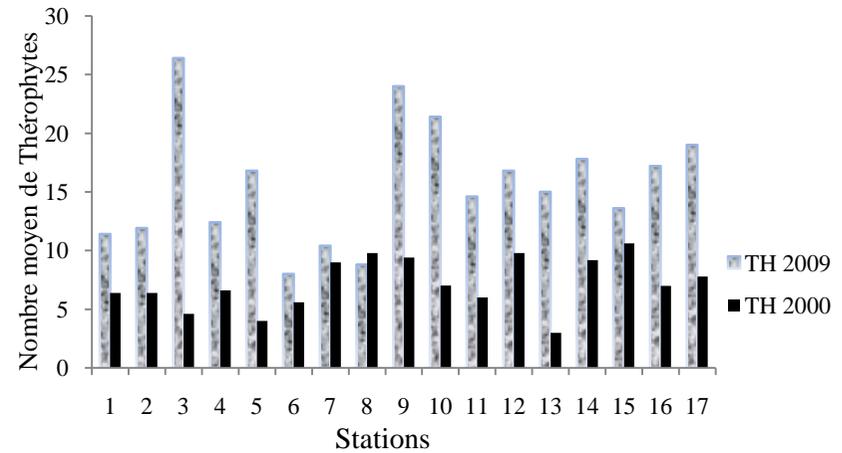


**Laghouat 1995-2006 (ONM, 2006)**

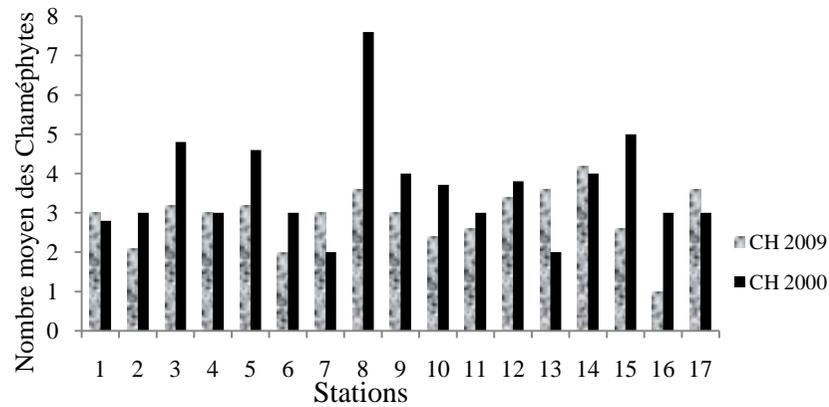




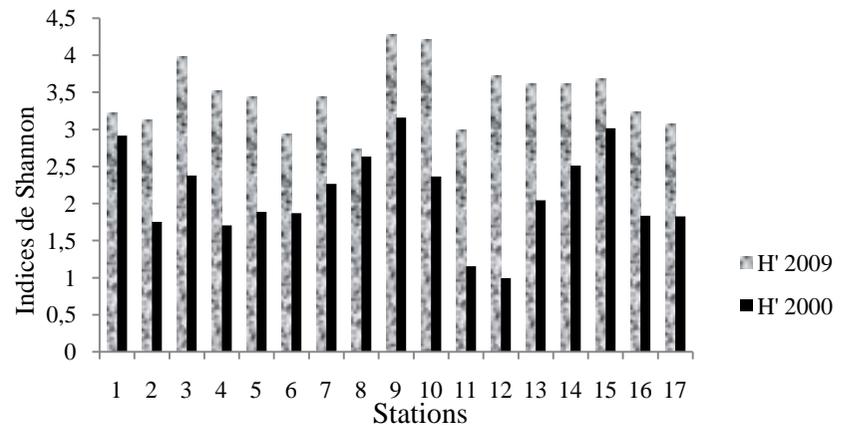
**Annexe 1.4.** Moyennes des richesses floristiques globales...



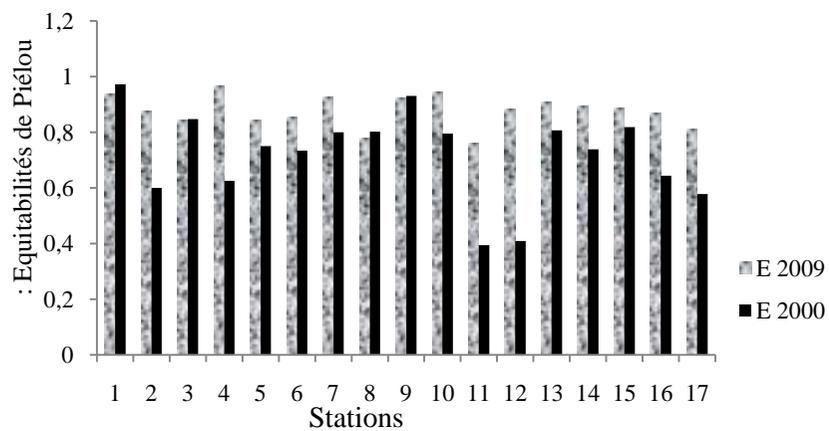
**Annexe 1.5.** Nombre moyen des Thérophytes des stations étudiées en 2000 et en 2009.



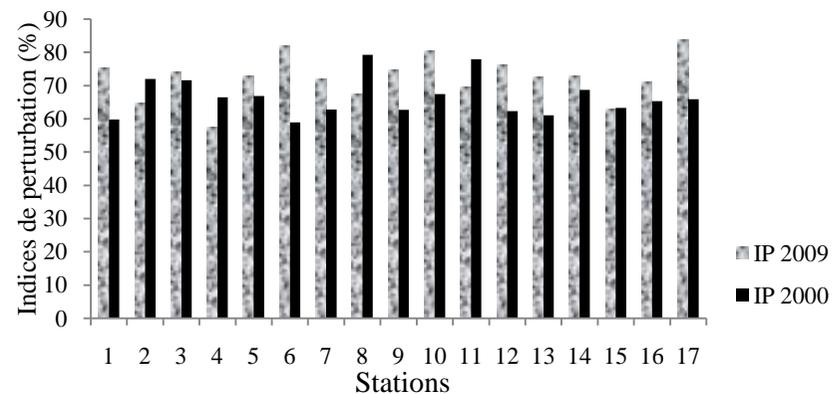
**Annexe 1.6.** Nombre moyen des Chaméphytes des stations étudiées en 2000 et 2009.



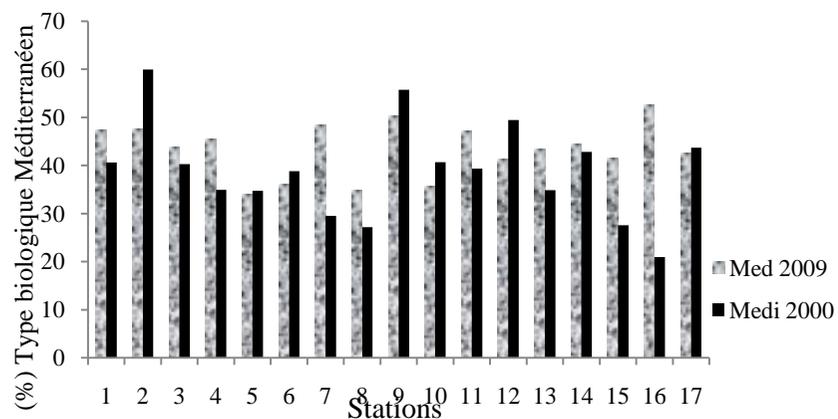
**Annexe 1.7.** Indices de Shannon moyens des stations étudiées en 2000 2009.



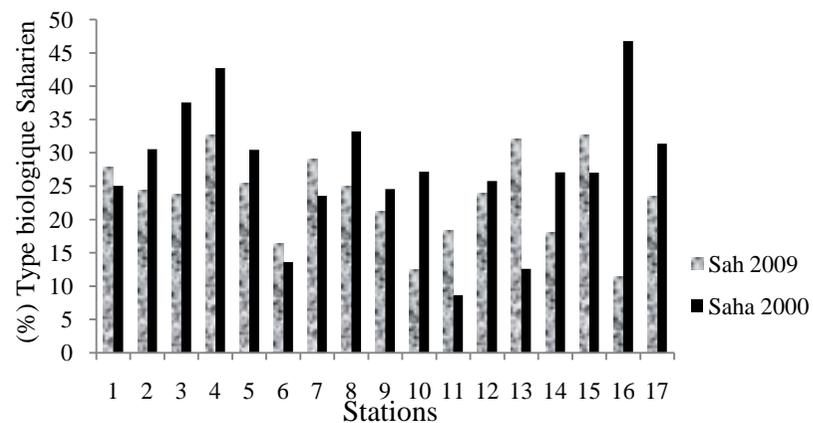
**Annexe 1.8.** Equitabilité de Piélou moyennes des stations étudiées en 2000 et 2009.



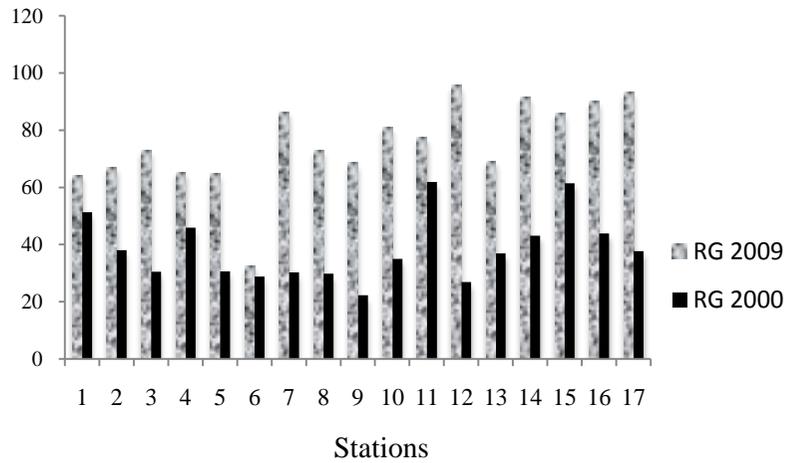
**Annexe 1.9.** Indices de perturbation moyens des stations étudiées en 2000 et 2009.



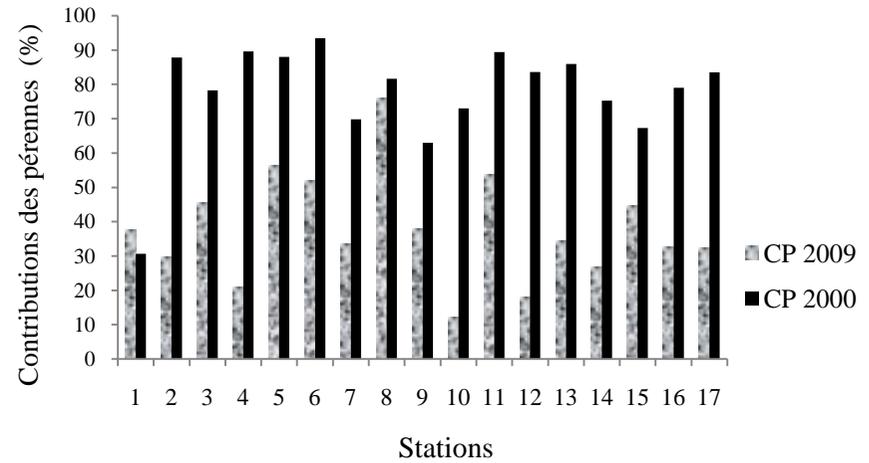
**Annexe 1.10.** Taux moyen du type biologique Méditerranéen des stations étudiées en 2000 et 2009.



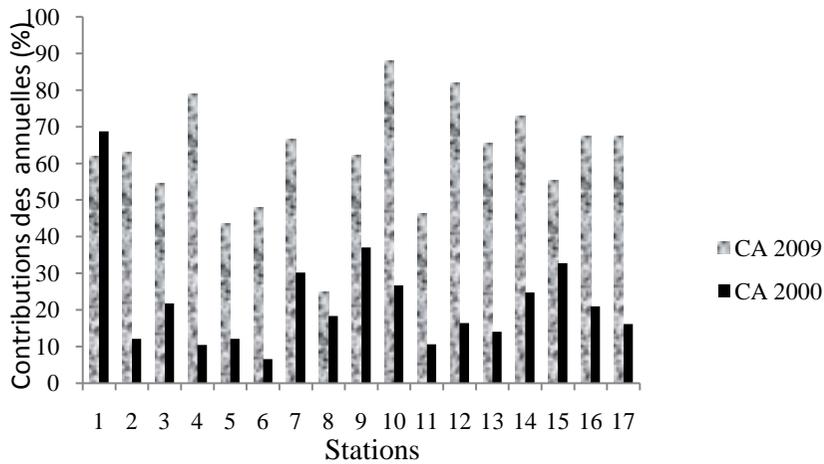
**Annexe 1.11.** Taux moyen du type biologique Saharien des stations étudiées en 2000 et 2009.



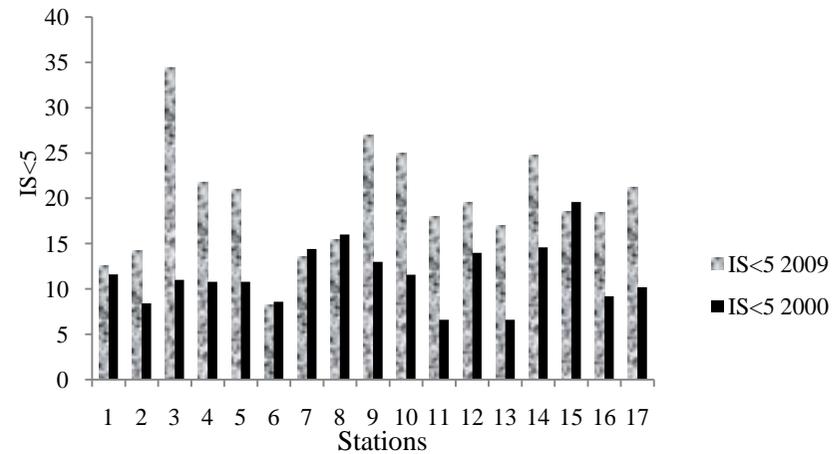
**Annexe 1.12.** Moyennes des recouvrements globaux de la végétation des stations étudiées en 2000 et 2009.



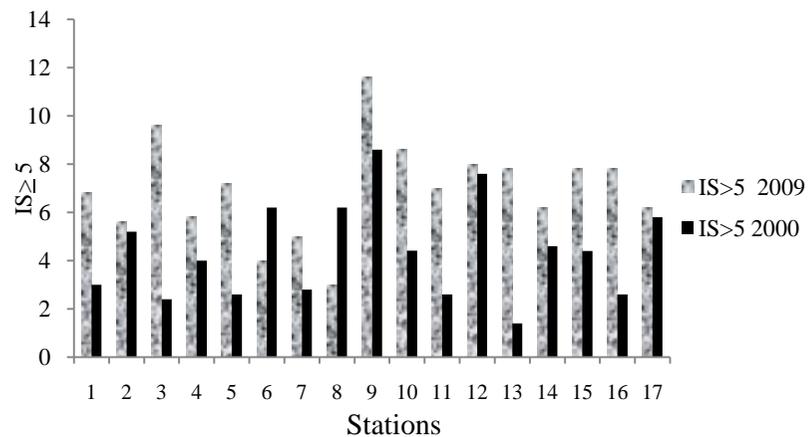
**Annexe 1.13.** Moyennes des contributions des espèces pérennes des stations étudiées en 2000 et 2009.



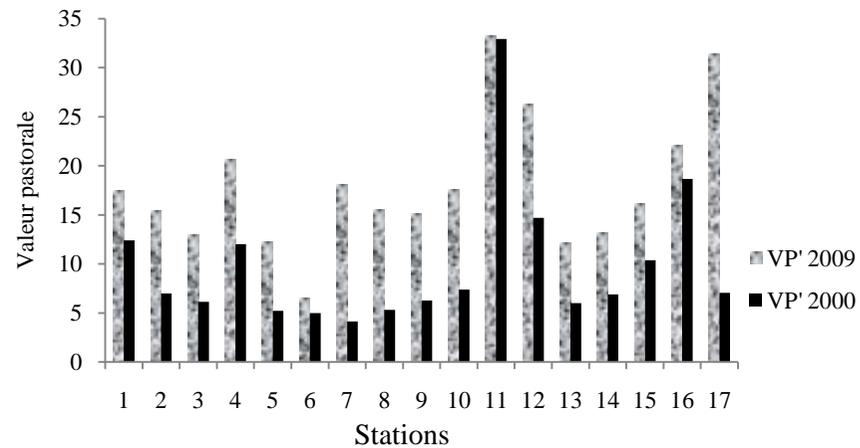
**Annexe 1.14.** Moyennes des contributions des espèces annuelles des stations étudiées en 2000 et 2009.



**Annexe 1.15.** Nombre moyen des indices spécifiques inférieurs à 5 des stations étudiées en 2000 et 2009.



**Annexe 1.16.** Nombre moyen des indices spécifiques supérieurs ou égaux à 5 des stations en 2000 et 2009.



**Annexe 1.17.** Valeurs pastorales moyennes des stations en 2000 et 2009.

**Annexe 1.18.** Liste des taxons.

Espèces	Famille classique	Famille Classification APGIII	Types-Morpho	Types biologiques	Type biogéographiques
<i>Achillea leptophylla</i> M. Bieb.	Compositae	Asteraceae	Annuelle Ou Vivace	TH	E. Méd.
<i>Achillea Santolina</i> L.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	E. Méd.
<i>Adonis dentata</i> Delile	Ranunculaceae	Ranunculaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Aegilops ventricosa</i> Tausch	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Médit-Ibéro-Maur.
<i>Aizoon hispanicum</i> L.	Aizoaceae	Aizoaceae	Annuelle	TH	Méd-Sind
<i>Allium Cupani</i> Raf.	Alliaceae	Amaryllidaceae	Vivace	G	E. Méd.
<i>Alyssum linifolium</i> Willd.	Cruciferae	Brassicaceae	Annuelle	TH	Méd.-Iran-Tour.
<i>Alyssum scutigerum</i> Durieu	Cruciferae	Brassicaceae	Annuelle	TH	End-NA.
<i>Anacyclus cyriolepidioides</i> Pomel	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	End-NA.
<i>Anabasis oropediurum</i> Maire	Chenopodiaceae	Amaranthaceae	Vivace	CH	End
<i>Argyrolobium uniflorum</i> (Decne.) Jaub. & Spach.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Vivace	CH	Sah. Méd.
<i>Aristida plumosa</i> L.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Sah. -Sind.
<i>Aristida pungens</i> Desf.	Poaceae	Poaceae	Vivace	H	Sahara, Afr. du Sud.
<i>Artemisia campestris</i> L.	Compositae	Asteraceae	Vivace	CH	Circumbor.
<i>Artemisia herba alba</i> Asso.	Compositae	Asteraceae	Vivace	CH	Canaries à l'Egypte, Asie Occ.
<i>Asphodelus microcarpus</i> Viv.	Asphodelaceae	Xanthorrhoeaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Asphodelus refractus</i> Boiss.	Asphodelaceae	Xanthorrhoeaceae	Annuelle	TH	Méd Sah-sind
<i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.	Asphodelaceae	Xanthorrhoeaceae	Annuelle	TH	Macar-Méd
<i>Asteriscus pygmaeus</i> (DC.) Coss & Durieu	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Sah. Sind.
<i>Astragalus armatus</i> Willd.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Vivace	CH	End. N. A.
<i>Astragalus cruciatus</i> Link.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Sah.
<i>Astragalus gombo</i> Bunge	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Vivace	H	Méd sah-sind
<i>Astragalus hamosus</i> L.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd
<i>Astragalus perigrinus</i> Vahl.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	E. Méd.
<i>Astragalus sesameus</i> L.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Médi-ibéro-maur
<i>Astragalus sinaicus</i> Boiss.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd.-Iran-Tour.
<i>Astragalus tenuifoliolosus</i> Maire	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Vivace	H	Ibé-Maur
<i>Atractylis cancellata</i> L.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Circumméd.
<i>Atractylis flava</i>	Compositae	Asteraceae	Vivace	H	Sah.
<i>Atractylis humilis</i> Auct.	Compositae	Asteraceae	Vivace	H	Ibéro.-Maur.
<i>Atractylis serratuloides</i> Sieber ex Cass.	Compositae	Asteraceae	Vivace	CH	Sah.
<i>Bassia muricata</i> (L.) Asch	Chenopodiaceae	Amaranthaceae	Vivace	CH	Sah.
<i>Brocchia cinerea</i> (Delile) Vis.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Méd
<i>Bromus rubens</i> L.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Paléo-subtrop
<i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Paléotemp.
<i>Bupleurum. spinosum</i> Gouan.	Umbelliferae	Apiaceae	Vivace	CH	Ibéro-Maur.
<i>Carduncellus Duvauxii</i>	Compositae	Asteraceae	Vivace	H	Alg. Mar.
<i>Carduus getutlus</i> Pomel	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Du Maroc à l'Egypte

<i>Centaurea calcitrapa</i> L.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Eur-méd.
<i>Centaurea diluta</i> Ait.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Alg. Mar.
<i>Centaurea infestans</i> Coss. et Dur.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Alg. Mar.
<i>Centaurea involucrata</i> Desf.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	End. Alg. Mar.
<i>Centaurea microcarpa</i> Coss. et Dur.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Alg. Tun.
<i>Centaurea Rianeae</i> Rechb. f.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Alg. Mar.
<i>Chrysanthemum fuscatum</i> Desf.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	N.A.
<i>Chrysanthemum multicaule</i> Desf.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	End.
<i>Chrysanthemum trifurcatum</i> Auct.	Compositae	Asteraceae	Vivace	H	End-NA
<i>Cleome arabica</i> Auct.	Capparaceae	Cleomaceae	Annuelle	TH	Sah.
<i>Cutandia dichotoma</i> (Forssk.) Trab.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Cutandia divaricata</i> (Desf.) Benth.	Poaceae	Poaceae	Annuelle		
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Poaceae	Vivace	G	Thermocosm.
<i>Daucus biseriartus</i> Murb.	Umbelliferae	Apiaceae	Vivace	G	End.
<i>Daucus sahariensis</i> Murb.	Umbelliferae	Apiaceae	Annuelle	TH	Sah.-Sind.
<i>Diplotaxis harra</i> (Forssk.) Boiss.	Cruciferae	Brassicaceae	Annuelle	TH	Méd.-Iran-Tour
<i>Echium pycnanthum</i> Pomel	Boraginaceae	Boraginaceae	Annuelle	TH	Méd-Sah.
<i>Echium trygorrhizum</i> Pomel	Boraginaceae	Boraginaceae	Annuelle	TH	End. Sah.
<i>Echiochilon fruticosum</i> Barrante	Boraginaceae	Boraginaceae	Vivace	G	Ib-Maur-Cen.
<i>Erodium glaucophyllum</i> (L.) L'Hér.	Geraniaceae	Geraniaceae	Vivace	H	E. MED.
<i>Erodium praecox</i> (Cav.) Willd.	Geraniaceae	Geraniaceae	Annuelle	TH	NA
<i>Erodium triangulare</i> Auct.	Geraniaceae	Geraniaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Cruciferae	Brassicaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Eryngium illicifolium</i> Lam.	Umbelliferae	Apiaceae	Annuelle	TH	Ibéro-Maur.
<i>Euphorbia falcata</i> L.	Euphorbiaceae	Euphorbiaceae	Annuelle	TH	Méd. As.
<i>Evax argentea</i> Pomel	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	N.A. Trip.
<i>Fagonia glutinosa</i> Delile	Zygophyllaceae	Zygophyllaceae	Annuelle	TH	End.
<i>Fagonia microphylla</i> Pomel	Zygophyllaceae	Zygophyllaceae	Vivace	H	End.
<i>Ferula communis</i> L.	Umbelliferae	Apiaceae	Vivace	H	Méd.
<i>Filago spathulata</i> C. Presl	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Hammada scoparia</i> (Pomel)	Chenopodiaceae	Amaranthaceae	Vivace	CH	Sah.-Méd.
<i>Hedysarum spinosissimum</i> L.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Helianthemum apertum</i> Pomel	Cistaceae	Cistaceae	Annuelle	TH	End. N.A.
<i>Helianthemum hirtum</i> auct.	Cistaceae	Cistaceae	Annuelle		N.A.
<i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum. Cours. Ok	Cistaceae	Cistaceae	Vivace	CH	M éd. Sah.
<i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers.	Cistaceae	Cistaceae	Vivace	CH	Ibéro-Maur
<i>Herniaria fontanesii</i> J. Gay	Illecebraceae	Caryophyllaceae	Vivace	H	Ib-Maur-Cen.
<i>Herniaria hirsuta</i> L.	Illecebraceae	Caryophyllaceae	Vivace	H	Paléo-Temp
<i>Hippocrepis bicontorta</i> Loisel	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Sah. Sind.
<i>Hippocrepis multisiiliquosa</i> L.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Hordeum murinum</i> L.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Circumbor.
<i>Launaea acanthoclada</i> Maire	Compositae	Asteraceae	Vivace	CH	Sah.
<i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook. f.	Compositae	Asteraceae	Vivace	H	Méd. Sah.-Sind.

<i>Launaea resedifolia</i> (L.) Kuntze	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Méd. Sah. Sind.
<i>Loeflingia hispanica</i> L.	Caryophyllaceae	Caryophyllaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Méd-Iran-Tour
<i>Lotus jolyii</i> Batt.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Sah.
<i>Lotus pusillus</i> Viv.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd.-Iran-Tour.
<i>Lygeum spartum</i> L.	Poaceae	Poaceae	Vivace	H	W. Méd.
<i>Malva aegyptiaca</i> L.	Malvaceae	Malvaceae	Annuelle	TH	Sah.-Sind. Méd.
<i>Malva sylvestris</i> L.	Malvaceae	Malvaceae	Annuelle	TH	Euras.
<i>Marrubium deserti</i> De Noé	Labiatae	Lamiaceae	Vivace	CH	Sah.
<i>Matricaria pubescens</i> Desf.) Sch. Bip.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Méd. Sah. Sind.
<i>Medicago laciniata</i> Mill.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd. Sah. Sind.
<i>Medicago littoralis</i> Loisel.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Medicago minima</i> (L.)L.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Eur.-Méd.
<i>Melilotus neapolitana</i> Ten.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Med.
<i>Noaea mucronata</i> (Forsk.) Asch & Schweinf.	Chenopodiaceae	Amaranthaceae	Vivace	CH	Méd.-Iran-Tour.
<i>Onobrychis argentea</i> Boiss.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Vivace	H	Ibéra-Maur.
<i>Onopordum arenarium</i> (Desf.) Pomel	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	A.N.
<i>Orobanche laevis</i> L.	Scrophulariaceae	Orobanchaceae	/	P	Med-Iran-Tour
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papaveraceae	Papaveraceae	Annuelle	TH	Paléo-temp.
<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	Illecebraceae	Caryophyllaceae	Annuelle	TH	E-Médi.
<i>Paronychia argentea</i> Lam.	Illecebraceae	Caryophyllaceae	Vivace	TH	Méd.
<i>Peganum harmala</i> L.	Zygophyllaceae	Nitrariaceae	Vivace	H	Iran-Tour.-Eur.
<i>Phalaris minor</i> L.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Paléo-subtrop.
<i>Picris coronopifolia</i> (Desf.) DC.	Compositae	Asteraceae	Annuelle	TH	Méd. Sah.
<i>Plantago albicans</i> L.	Plantaginaceae	Plantaginaceae	Vivace	H	Méd.
<i>Plantago ovata</i> Forsk.	Plantaginaceae	Plantaginaceae	Annuelle	TH	Med.
<i>Poa bulbosa</i> L.	Poaceae	Poaceae	Vivace	G	Ib-Maur-Cen.
<i>Polygonum equisetiforme</i>	Polygonaceae	Polygonaceae	Vivace	CH OU H	Méd.
<i>Reseda alba</i> L.	Resedaceae	Resedaceae	Annuelle	TH	Euras.
<i>Reseda lutea</i> L.	Resedaceae	Resedaceae	Annuelle	H	Eur.
<i>Salsola vermiculata</i> L.	Chenopodiaceae	Amaranthaceae	Vivace	CH	Sah.-Méd.
<i>Salvia verbenaca</i> L.	Labiatae	Lamiaceae	Vivace	H	Méd. Atl.
<i>Scabiosa stellata</i> L.	Dipsacaceae	Caprifoliaceae	Annuelle	TH	W Méd.
<i>Schismus barbatus</i> (Loefl. ex L.) Thell.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Macar. .-Méd.
<i>Scorzonera undulata</i> Vahl	Compositae	Asteraceae	Vivace	G	Méd.
<i>Silene setacea</i> Viv.	Caryophyllaceae	Caryophyllaceae	Annuelle	TH	E-Méd.
<i>Stipa tenacissima</i> L.	Poaceae	Poaceae	Vivace	H	Ibér.-Maur.
<i>Spergularia diandra diandra</i> (Guss.) Boiss.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Sah-Sind-Irano-Tour.
<i>Stipa barbata</i> Desf.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	W. Méd.
<i>Stipa lagascae</i> Roem. & Schult.	Poaceae	Poaceae	vivace	G	Med
<i>Stipa parviflora</i> Desf.	Poaceae	Poaceae	Vivace	H	Méd.
<i>Stipa retorta</i> Cav.	Poaceae	Poaceae	Annuelle	TH	Circumméd.
<i>Teucrium polium</i> L.	Labiatae	Lamiaceae	Vivace	H	Eur. Méd

<i>Thymelaea hirsuta</i> (L.) Endl.	Thymelaeaceae	Thymelaeaceae	Vivace	CH	Méd.
<i>Thymelaea microphylla</i> Coss. et Dur.	Thymelaeaceae	Thymelaeaceae	Vivace	CH	End. N.A.
<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut.	Labiatae	Lamiaceae	Vivace	CH	End. N.A.
<i>Trigonella monspeliaca</i> L.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Méd.
<i>Trigonella polycerata</i> L.	Leguminosae-Papilionoideae	Fabaceae	Annuelle	TH	Ibé1·0-Maur.
<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	Rhamnaceae	Rhamnaceae	Vivace	PH	Méd.

TH : thérophyte ; H : hémicryptophyte ; G : géophyte ; CH: chaméphytes; PH : phanérophyte

**Annexe 2.1.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations *Medicago laciniata* étudiés.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
1FV	24,30	22,00	28,00	1,24	5,09	0,91
1GV	89,17	84,00	99,00	4,09	4,58	0,88
1GM	117,83	112,00	122,00	2,42	2,06	-0,17
DF	83,37	77,00	89,00	3,11	3,73	-0,18
FF	127,50	124,00	138,00	3,25	2,55	1,44
EF	44,13	36,00	56,00	4,49	10,18	0,31
PM	31,27	22,00	41,00	4,30	13,75	0,40
DMP	139,93	131,00	145,00	4,84	3,46	-0,77
NBP	4,21	3,33	5,67	0,60	14,33	0,55
LEN	5,35	3,67	8,67	1,33	24,82	1,11
NEN	7,94	6,00	9,33	0,73	9,16	-0,73
NTG	66,41	44,04	96,55	13,79	20,76	0,41
P100 G	4,01	1,87	5,25	1,11	27,62	-0,81
PMG	1,34	0,85	1,90	0,26	19,41	-0,51
Ngr/P	565,9	306,15	895,30	154,86	27,36	0,44
Pgr/P	0,751	0,40	1,278	0,228	30,36	0,196
PGR/PG	0,31	0,152	0,508	0,106	34,7	0,171

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte ; 1GM : Date la première gousse mûre ; DF : Date de début de floraison ; FF : Date de la fin de la floraison ; EF : Etalement de la floraison ; PM : Période de maturation ; DMP : Date de la mort de la plantes ; NBP: nombre de rameaux primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ; NEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines ; P100G : Le poids de 100 gousses ; Ngr/P: nombre de graines par plants ; Pgr/P :Poids des graines par plant ; Pgr/PG : Rapport poids des graines par poids des gousses.

**Annexe 2.2.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago laciniata* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
1FV	13,90	5	2,78	2,19	0,088337	NS
1GV	158,2	5	31,6	2,33	0,073748	NS
1GM	108,2	5	21,6	8,4	0,000107	***
DF	78,6	5	15,7	1,86	0,138513	NS
FF	156,3	5	31,3	5,03	0,002722	**
EF	277,07	5	55,41	4,312	0,006107	**
PM	250,27	5	50,05	4,206	0,006913	**
DMP	673,8	5	134,8	531	0,00	***
NBP	4,1519	5	0,8304	3,114	0,026340	*
LEN	23,9002	5	4,7800	4,2106	0,006877	**
NEN	4,374	5	0,875	1,913	0,129521	NS
NTG	767,1	5	153,4	0,7752	0,577100	NS
P100G	34,74	5	6,9482	182,74	0,00	***
PMG	1,33079	5	0,26616	10,198	0,000025	***
Ngr/P	315881	5	63176	3,9947	0,008876	**
Pgr/P	0,863215	5	0,172643	6,3675	0,000676	***
PGR/PG	0,294628	5	0,058926	42,700	0,000000	***

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.3.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago laciniata* étudiées.

Caractères	IFV	IGV	IGM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG	<sup>1</sup> alt
IFV	1,000																	
IGV	-0,454	1,000																
IGM	-0,420	0,549	1,000															
DF	0,257	0,412	0,365	1,000														
FF	-0,251	0,710	0,253	-0,190	1,000													
EF	-0,326	0,314	-0,004	-0,676	<b>0,852*</b>	1,000												
PM	-0,482	0,391	0,652	-0,363	0,639	0,673	1,000											
DMP	-0,070	0,296	-0,565	-0,288	0,548	0,565	-0,175	1,000										
NBP	0,663	<b>-0,819*</b>	-0,800	-0,497	-0,290	0,047	-0,380	0,179	1,000									
LEN	<b>-0,845*</b>	0,674	0,681	0,129	0,332	0,180	0,426	-0,005	<b>-0,868*</b>	1,000								
NEN	-0,048	-0,760	-0,702	-0,562	-0,605	-0,155	-0,460	0,108	0,594	-0,329	1,000							
NTG	0,191	0,179	-0,708	-0,130	0,384	0,358	-0,389	<b>0,945*</b>	0,320	-0,264	0,131	1,000						
P100G	-0,186	-0,074	-0,566	0,068	-0,360	-0,307	-0,741	0,483	0,044	0,093	0,579	0,512	1,000					
PMG	0,002	-0,156	-0,165	0,504	-0,697	-0,792	-0,792	-0,108	-0,137	0,142	0,346	-0,023	0,759	1,000				
Ngr/P	0,089	<b>0,820*</b>	0,363	0,485	0,743	0,300	0,225	0,356	-0,455	0,283	<b>-0,878*</b>	0,332	-0,247	-0,253	1,000			
Pgr/P	0,082	0,588	0,154	0,794	0,114	-0,338	-0,429	0,258	-0,482	0,339	-0,476	0,305	0,392	0,549	0,669	1,000		
Pgr/PG	0,100	0,395	0,805	0,362	0,355	0,074	0,638	-0,538	-0,422	0,171	<b>-0,844*</b>	-0,555	<b>-0,882*</b>	-0,491	0,505	0,031	1,000	
<sup>1</sup> alt	-0,165	0,505	0,256	<b>0,848*</b>	-0,221	-0,617	-0,410	-0,085	-0,655	0,377	-0,289	0,004	0,451	0,675	0,301	0,777	-0,001	1,000
<sup>1</sup> pluv	0,241	-0,240	-0,173	0,647	-0,809	<b>-0,952*</b>	<b>-0,815*</b>	-0,306	-0,049	-0,137	0,264	-0,107	0,572	<b>0,903*</b>	-0,275	0,454	-0,317	0,712

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; IGV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; IGM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses..<sup>1</sup> : variable supplémentaire. R<sup>2</sup> = 0,811 à 5% ; R<sup>2</sup> = 0,917 à 1% ; R<sup>2</sup> = 0,974 à 0,1%

**Annexe 2.4.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago littoralis* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
IFV	23,48	22,00	25,00	1,00	4,28	0,19
IGV	96,44	68,00	99,00	6,18	6,41	-4,39
IGM	119,44	118,00	123,00	1,36	1,14	1,28
DF	90,48	88,00	95,00	1,85	2,05	0,63
FF	134,24	127,00	141,00	5,16	3,84	0,31
EF	41,80	0,00	52,00	9,94	23,77	-3,19
PM	28,68	24,00	32,00	2,30	8,03	-0,46
DMP	138,29	134,00	145,00	5,03	3,64	0,43
NBP	4,60	3,33	5,67	0,54	11,84	-0,41
LEN	4,52	3,10	6,07	0,91	20,18	0,14
NEN	8,96	7,33	12,00	1,10	12,27	0,90
NTG	74,53	44,06	109,33	16,411	22,02	0,09
P100G	3,66	2,50	4,50	0,63	17,32	-0,45
PMG	1,88	1,40	2,30	0,33	17,32	-0,36
Ngr/P	372,1178	195,1858	571,7959	91,5023	24,59	0,17459
Pgr/P	0,693367	0,283019	0,975375	0,182173	26,27	-0,27411
PGR/PG	0,2558	0,1976	0,2932	0,0253	9,88	-0,41268

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; IGV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; IGM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses..

**Annexe 2.5.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago littoralis* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
IFV	14,64	4	3,66	7,63	0,000668	***
IGV	246,6	4	61,6	1,841	0,160551	NS
IGM	24,2	4	6,0	6,0	0,002350	**
DF	35,8	4	9,0	3,86	0,017513	**
FF	614,6	4	153,6	128,0	0,000000	***
EF	450,56	4	112,64	21,531	0,000001	***
PM	40,64	4	10,16	2,341	0,090001	NS
DMP	578,2	4	144,6	99,2	0,000000	***
NBP	2,7111	4	0,6778	3,081	0,039584	*
LEN	4,9167	4	1,2292	1,6407	0,203224	NS
NEN	11,849	4	2,962	3,462	0,026402	*
NTG	2854,7	4	713,7	3,9550	0,015950	*
P100G	8,9580	4	2,2395	64,819	0,000000	***
PMG	2,37014	4	0,59254	70,98	0,000000	***
Ngr/P	114321	4	28580	6,5988	0,001482	**
PGR/P	0,474318	4	0,118579	7,3613	0,000815	***
PGR/PG	0,009180	4	0,002295	7,468	0,000752	***

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; IGV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; IGM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.6.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago littoralis* étudiées.

Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100 G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
1FV	1,000																
1GV	<b>-0,900*</b>	1,000															
1GM	-0,579	0,388	1,000														
DF	-0,566	0,861	0,181	1,000													
FF	-0,796	0,493	0,535	-0,010	1,000												
EF	<b>-0,903*</b>	0,700	0,472	0,247	<b>0,960*</b>	1,000											
PM	0,190	-0,556	0,470	-0,780	0,293	0,022	1,000										
DMP	-0,740	0,398	0,539	-0,118	<b>0,992***</b>	<b>0,921*</b>	0,391	1,000									
NBP	-0,698	0,348	0,525	-0,169	<b>0,987</b>	<b>0,903*</b>	0,430	<b>0,998***</b>	1,000								
LEN	0,738	-0,615	-0,083	-0,307	-0,566	-0,653	0,297	-0,553	-0,506	1,000							
NEN	-0,156	-0,222	0,148	-0,666	0,720	0,539	0,654	0,771	0,808	-0,132	1,000						
NTG	-0,678	0,345	0,266	-0,165	<b>0,905*</b>	0,850	0,244	<b>0,924*</b>	<b>0,914*</b>	-0,762	0,731	1,000					
P100G	-0,311	0,563	0,504	0,799	-0,185	-0,031	-0,359	-0,259	-0,294	0,152	-0,707	-0,470	1,000				
PMG	-0,378	0,646	0,454	0,870	-0,156	0,025	-0,461	-0,239	-0,279	0,050	-0,728	-0,419	<b>0,991***</b>	1,000			
Ngr/P	-0,781	0,513	0,266	0,018	<b>0,936*</b>	<b>0,935*</b>	0,082	<b>0,926*</b>	<b>0,912*</b>	-0,772	0,662	<b>0,973**</b>	-0,343	-0,277	1,000		
Pgr/P	<b>-0,948**</b>	<b>0,938*</b>	0,679	0,728	0,622	0,757	-0,251	0,552	0,506	-0,562	-0,087	0,422	0,595	0,645	0,548	1,000	
Pgr/PG	-0,811	0,848	0,058	0,590	0,640	0,820	-0,538	0,550	0,520	-0,660	0,146	0,572	0,105	0,208	0,740	0,707	1,000
*Alt	0,263	-0,046	0,153	0,212	-0,302	-0,263	-0,024	-0,357	-0,332	0,812	-0,254	-0,664	0,547	0,483	-0,546	-0,034	-0,165
*Pluv	0,677	-0,770	-0,438	-0,644	-0,510	-0,657	0,298	-0,408	-0,394	0,089	-0,027	-0,166	-0,544	-0,575	-0,368	-0,753	-0,729

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses..<sup>1</sup>: variable supplémentaire. R<sup>2</sup> = 0,878 à 5% ; R<sup>2</sup> = 0,959 à 1% ; R<sup>2</sup> = 0,991 à 0,1%.

**Annexe 2.7.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago minima* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
1FV	11,87	8,00	23,00	4,45	37,54	1,74
1GV	88,80	67,00	96,00	4,99	5,61	-2,84
1GM	106,13	96,00	110,00	5,57	5,25	-1,04
DF	85,60	81,00	91,00	3,50	4,09	0,15
FF	117,20	112,00	130,00	7,41	6,32	0,81
EF	35,37	26,00	50,00	6,44	18,20	0,40
PM	20,53	7,00	29,00	7,27	35,39	-0,52
DMP	137,66	133,00	145,00	3,87	2,81	0,83
NBP	5,12	3,57	6,33	0,78	15,28	-0,23
LEN	3,81	2,67	5,50	0,79	20,84	0,90
NEN	5,04	3,33	6,00	0,62	12,36	-0,65
NTG	119,09	70,58	233,0	38,28	32,15	1,36
P100 G	1,39	1,02	2,12	0,28	20,44	1,65
PMG	0,96	0,81	1,45	0,14	14,01	1,91
Ngr/P	672,38	382,34	1413,53	237,73	35,36	1,529
Pgr/P	0,637688	0,374695	1,201503	0,203864	31,97	1,370
PGR/PG	0,3997	0,240	0,540	0,065	16,31	-0,451

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP : nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.

**Annexe 2.8.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago minima* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
1FV	551,867	5	110,373	112,244	0,000000	***
1GV	242,8	5	48,6	2,44	0,063710	NS
1GM	762,7	5	152,5	26,76	0,000000	***
DF	198,0	5	39,6	6,05	0,000932	***
FF	1561,6	5	312,3	240,2	0,00	***
EF	754,57	5	150,91	8,114	0,000134	***
PM	1283,47	5	256,69	24,841	0,000000	***
DMP	45,8	5	9,2	0,57	0,725432	NS
NBP	8,2539	5	1,6508	4,175	0,007166	**
LEN	5,1329	5	1,0266	1,8803	0,135338	NS
NEN	3,6735	5	0,7347	2,320	0,074822	NS
NTG	10074,1	5	2014,8	1,4911	0,229732	NS
P100G	2,19587	5	0,43917	78,45	0,000000	***
PMG	0,32383	5	0,06477	7,548	0,000222	***
Ngr/P	550759	5	110152	2,4293	0,064465	NS
Pgr/P	0,226623	5	0,045325	1,1115	0,380507	NS
PGR/PG	0,093500	5	0,018700	15,102	0,000001	***

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP : nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.9.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago minima* étudiées.

Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG
1FV	1																
1GV	0,638	1															
1GM	-0,174	-0,576	1														
DF	<b>0,811</b>	0,668	-0,47	1													
FF	0,644	0,692	<b>-0,851</b>	0,757	1												
EF	0,105	0,431	-0,683	0,656	0,545	1											
PM	-0,409	-0,68	<b>0,944</b>	-0,732	<b>-0,921</b>	-0,799	1										
DMP	-0,113	0,427	<b>-0,896</b>	0,092	0,639	0,452	-0,722	1									
NBP	-0,425	-0,705	<b>0,946</b>	-0,714	<b>-0,921</b>	-0,746	<b>0,991</b>	-0,716	1								
LEN	0,007	0,343	-0,62	-0,143	0,512	-0,088	-0,4	<b>0,831</b>	-0,425	1							
NEN	-0,616	-0,58	0,019	-0,734	-0,233	-0,401	0,292	0,346	0,32	0,528	1						
NTG	-0,447	-0,455	0,352	-0,771	-0,505	-0,762	0,577	-0,152	0,484	0,196	0,433	1					
P100G	<b>0,979</b>	0,644	-0,041	0,767	0,509	0,046	-0,292	-0,245	-0,317	-0,111	-0,717	-0,396	1				
PMG	0,762	0,25	0,011	0,753	0,432	0,271	-0,267	-0,26	-0,201	-0,297	-0,423	-0,758	0,711	1			
Ngr/P	-0,428	-0,464	0,238	-0,73	-0,392	-0,714	0,475	-0,053	0,383	0,281	0,495	<b>0,986</b>	-0,41	-0,736	1		
Pgr/P	-0,161	-0,518	0,345	-0,577	-0,297	<b>-0,82</b>	0,51	-0,219	0,431	0,216	0,474	<b>0,881</b>	-0,171	-0,402	<b>0,914</b>	1	
Pgr/PG	-0,703	-0,689	-0,107	-0,488	-0,183	0,067	0,081	0,313	0,145	0,179	<b>0,811</b>	0,106	<b>-0,822</b>	-0,267	0,19	0,15	1
<sup>1</sup> Alt.	0,66	0,708	-0,221	<b>0,869</b>	0,43	0,618	-0,503	-0,118	-0,491	-0,387	<b>-0,927</b>	-0,724	0,714	0,586	-0,764	-0,729	-0,693
<sup>1</sup> Pluv.	-0,507	-0,479	0,629	-0,289	-0,786	0,048	0,554	-0,614	0,594	<b>-0,824</b>	-0,177	-0,032	-0,373	-0,128	-0,143	-0,259	0,113

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plante (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. <sup>1</sup>: variable supplémentaire.  $R^2 = 0,811$  à 5% ;  $R^2 = 0,917$  à 1% ;  $R^2 = 0,974$  à 0,1%.

**Annexe 2.10.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques populations de *Medicago secundiflora* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
1FV	25,95	25,00	28,00	1,00	3,85	0,81
1GV	99,90	96,00	104,00	2,40	2,41	0,33
1GM	124,10	123,00	125,00	1,02	0,82	-0,22
DF	93,90	90,00	98,00	2,57	2,74	-0,08
FF	134,60	131,00	138,00	2,30	1,71	0,26
EF	40,70	35,00	46,00	2,87	7,04	-0,23
PM	31,00	26,00	38,00	3,18	10,25	0,63
DMP	137,60	134,00	141,00	2,70	1,96	-0,24
NBP	5,57	4,67	7,33	0,62	11,16	1,07
LEN	3,42	2,50	4,33	0,45	13,18	-0,23
NEN	4,92	4,00	5,67	0,43	8,75	-0,30
NTG	378,5	276,0	482,0	64,22	16,97	-0,37
P100G	0,330	0,24	0,479	0,081	24,55	1,075
PMG	2,075	1,87	2,62	0,188	9,041	1,498
Ngr/P	378,50	276,0	482,0	64,22	16,97	-0,367
Pgr/P	0,788429	0,529920	1,050760	0,162173	20,57	-0,436
PGR/PG	0,66	0,40	0,87	0,146	22,08	-0,84

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.

**Annexe 2.11.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Medicago secundiflora* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
1FV	4,15	3	1,38	1,50	0,253714	NS
1GV	64,6	3	21,5	7,62	0,002191	**
1GM	10,2	3	3,4	5,7	0,007684	**
DF	73,0	3	24,3	7,37	0,002544	**
FF	38,8	3	12,9	3,34	0,045947	*
EF	34,60	3	11,53	1,518	0,248192	NS
PM	90,00	3	30,00	4,706	0,015369	*
DMP	26,8	3	8,9	1,28	0,316224	NS
NBP	1,5333	3	0,5111	1,405	0,277890	NS
LEN	1,4597	3	0,4866	3,244	0,049787	*
NEN	0,3278	3	0,1093	0,546	0,657711	NS
NTG	74109	3	24703	92,83	0,000000	***
P100G	0,123071	3	0,041024	390,52	0,000000	***
PMG	0,47559	3	0,15853	13,137	0,000139	***
Ngr/P	74109	3	24703	92,83	0,000000	***
Pgr/P	0,451177	3	0,150392	49,591	0,000000	***
PGR/PG	0,375135	3	0,125045	72,595	0,000000	***

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.12.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Medicago secundiflora* étudiées.

Caractères	IFV	IGV	IGM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	P100G	PMG	Ngr/p	Pgr/P	PGR/PG
IFV	1,000																
IGV	-0,153	1,000															
IGM	-0,200	-0,693	1,000														
DF	0,006	<b>0,987</b>	-0,726	1,000													
FF	-0,063	0,735	<b>-0,965</b>	0,725	1,000												
EF	-0,075	-0,656	0,032	-0,684	0,005	1,000											
PM	-0,404	-0,824	0,858	-0,896	-0,758	0,498	1,000										
DMP	-0,740	0,654	-0,508	0,538	0,713	-0,026	-0,265	1,000									
NBP	-0,226	-0,612	0,054	-0,664	0,023	<b>0,988</b>	0,542	0,092	1,000								
LEN	-0,479	0,388	0,395	0,326	-0,289	-0,779	0,061	0,208	-0,691	1,000							
NEN	0,159	0,190	-0,817	0,206	0,800	0,549	-0,438	0,378	0,518	-0,795	1,000						
NTG	-0,326	-0,681	0,223	-0,748	-0,123	<b>0,956</b>	0,684	0,068	<b>0,983</b>	-0,561	0,356	1,000					
P100G	0,165	0,203	-0,826	0,220	0,807	0,536	-0,452	0,380	0,504	-0,790	<b>1,000</b>	0,341	1,000				
PMG	0,228	-0,002	-0,703	0,023	0,668	0,675	-0,303	0,231	0,630	-0,894	<b>0,981</b>	0,475	<b>0,978</b>	1,000			
Ngr/p	-0,326	-0,681	0,223	-0,748	-0,123	<b>0,956</b>	0,684	0,068	<b>0,983</b>	-0,561	0,356	<b>1,000</b>	0,341	0,475	1,000		
Pgr/P	-0,640	-0,516	0,288	-0,630	-0,110	0,799	0,730	0,311	0,877	-0,261	0,199	0,934	0,185	0,274	0,934	1,000	
PGR/PG	-0,427	-0,085	0,777	-0,143	-0,687	-0,520	0,474	-0,117	-0,448	0,885	<b>-0,959</b>	-0,274	<b>-0,960</b>	<b>-0,970</b>	-0,274	-0,036	1,000
<sup>1</sup> alt.	-0,786	-0,050	-0,104	-0,184	0,325	0,611	0,360	0,720	0,719	-0,164	0,410	0,733	0,401	0,394	0,733	0,878	-0,169
<sup>1</sup> Pluv.	0,600	-0,607	-0,133	-0,525	-0,010	0,752	0,111	-0,491	0,643	<b>-0,950</b>	0,567	0,547	0,561	0,710	0,547	0,214	-0,718

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; IGV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; IGM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.<sup>1</sup>: variable supplémentaire.  $R^2 = 0,811$  à 5% ;  $R^2 = 0,917$  à 1% ;  $R^2 = 0,974$  à 0,1%.

**Annexe 2.13.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Trigonella polycerata* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
IFV	23,20	22,00	24,33	0,67	2,87	0,13
IGV	109,97	106,33	113,67	2,43	2,21	-0,21
IGM	124,36	119,67	129,33	3,61	2,91	-0,02
DF	93,21	89,00	96,67	2,74	2,94	-0,43
FF	118,92	113,33	122,67	3,27	2,75	-0,60
EF	25,76	23,67	27,33	1,03	4,00	-0,40
PM	31,07	28,67	33,67	1,53	4,94	0,24
DMP	155,32	153,33	157,33	1,14	0,73	0,19
NBP	4,37	2,00	6,33	1,23	28,02	-0,25
LEN	5,75	2,07	11,27	2,90	50,37	0,53
NEN	4,92	4,00	6,11	0,56	11,41	0,56
NTG	103,15	52,67	171,33	36,15	35,05	0,47
Ngr/P	1249,399	718,3010	1963,940	390,25	31,23	0,497
Pgr/P	0,763869	0,476240	1,158725	0,202706	26,54	0,34
PGR/PG	0,559	0,4320	0,667	0,0820,	14,67	-0,201
P100G	1,39	0,92	1,64	0,23	16,86	-1,16
PMG	0,62	0,52	0,73	0,05	8,73	0,10

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; IGV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; IGM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.

**Annexe 2.14.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Trigonella polycerata* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
IFV	8,36	4	2,09	18,2	0,000002	***
IGV	137,2	4	34,3	164	0,000000	***
IGM	310,3	4	77,6	522	0,00	***
DF	178,6	4	44,6	474	0,00	***
FF	255,5	4	63,9	754	0,00	***
EF	20,14	4	5,03	18,90	0,000001	***
PM	51,05	4	12,76	47,01	0,000000	***
DMP	27,7	4	6,9	39	0,000000	***
NBP	21,5805	4	5,3951	7,455	0,000759	***
LEN	154,4003	4	38,6001	16,3497	0,000004	***
NEN	3,5125	4	0,8781	4,349	0,010823	*
NTG	16486,2	4	4121,5	6,0668	0,002297	**
Ngr/P	1857822	4	464455	5,1685	0,005026	**
Pgr/P	0,440646	4	0,110161	4,0389	0,014669	**
PGR/PG	0,150840	4	0,037710	71,30	0,000000	***
P100G	1,31140	4	0,32785	642,84	0,00	***
PMG	0,058584	4	0,014646	24,25	0,000000	***

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; IGV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; IGM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.15.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Trigonella polycerata* étudiées.

Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG	P100G	PMG
1FV	1,000																
1GV	-0,315	1,000															
1GM	0,075	0,849	1,000														
DF	-0,007	<b>0,887</b>	<b>0,923</b>	1,000													
FF	-0,010	0,828	<b>0,951</b>	<b>0,973</b>	1,000												
EF	-0,031	0,231	0,583	0,431	0,627	1,000											
PM	0,239	0,408	0,729	0,411	0,530	0,635	1,000										
DMP	-0,188	-0,494	-0,624	-0,820	-0,808	-0,428	-0,051	1,000									
NBP	-0,423	0,051	0,194	0,196	0,370	0,818	0,119	-0,353	1,000								
LEN	0,113	-0,797	<b>-0,930</b>	<b>-0,924</b>	<b>-0,984</b>	-0,732	-0,565	0,752	-0,507	1,000							
NEN	0,269	-0,293	-0,364	-0,546	-0,620	-0,633	0,092	0,789	-0,819	0,670	1,000						
NTG	-0,434	0,000	0,165	0,090	0,287	0,839	0,236	-0,178	<b>0,976</b>	-0,443	-0,679	1,000					
Ngr/P	-0,148	-0,285	-0,016	-0,046	0,150	0,775	0,072	-0,255	<b>0,927</b>	-0,280	-0,697	<b>0,918</b>	1,000				
Pgr/P	-0,368	-0,329	-0,204	-0,175	-0,007	0,605	-0,157	-0,134	<b>0,917</b>	-0,133	-0,678	0,901	<b>0,956</b>	1,000			
Pgr/PG	-0,550	0,546	0,133	0,110	-0,009	-0,440	0,061	0,392	-0,426	0,025	0,443	-0,364	-0,692	-0,556	1,000		
P100G	0,630	-0,833	-0,621	-0,533	-0,532	-0,253	-0,475	0,014	-0,157	0,580	0,081	-0,208	0,186	0,160	-0,748	1,000	
PMG	-0,576	0,157	-0,381	-0,183	-0,359	-0,780	-0,625	0,333	-0,429	0,399	0,291	-0,461	-0,603	-0,346	0,741	-0,259	1,000
<sup>1</sup> Alt	0,810	-0,188	0,204	0,270	0,296	0,268	0,065	-0,651	0,049	-0,218	-0,336	-0,059	0,257	0,053	-0,819	0,637	-0,672
<sup>1</sup> Pluv	-0,025	-0,258	-0,251	0,049	0,050	0,100	-0,650	-0,572	0,468	-0,047	-0,734	0,295	0,532	0,593	-0,638	0,524	-0,064

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plante (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses..<sup>1</sup> : variable supplémentaire.  $R^2 = 0,878$  à 5% ;  $R^2 = 0,959$  à 1% ;  $R^2 = 0,991$  à 0,1%.

**Annexe 2.16.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Hippocrepis multisiliquosa* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
1FV	21,66	19,33	23,33	0,92	4,23	-0,43
1GV	112,43	110,33	115,67	1,39	1,23	0,97
1GM	136,06	133,33	140,00	2,03	1,49	0,32
DF	105,43	103,33	108,33	1,41	1,34	0,57
FF	127,40	123,67	131,67	1,86	1,46	0,50
EF	21,97	19,67	24,00	1,00	4,55	-0,03
PM	30,61	28,33	32,33	1,12	3,66	-0,46
DMP	160,42	158,00	164,00	1,75	1,09	0,77
NBP	4,07	1,00	7,33	1,32	32,54	0,01
LEN	7,23	4,53	13,73	2,12	29,38	1,21
NEN	8,66	5,67	12,00	1,32	15,22	0,52
NTG	104,70	74,33	132,67	15,66	14,95	-0,19
Ngr/P	768,83	536,66	1024,21	126,023	16,39	-0,0054
PGR/P	1,856558	1,189814	2,816584	0,425920	22,94	0,5121
PGR/PG	1,07	0,700	1,37	0,227	21,19	-0,190
P100G	1,69	1,23	1,97	0,23	13,56	-0,89
PMG	2,42	1,70	2,90	0,38	15,59	-0,71

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.

**Annexe 2.17.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Hippocrepis multisiliquosa* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
1FV	20,16	5	4,03	23,17	0,000000	***
1GV	49,4	5	9,9	37	0,000000	***
1GM	110,4	5	22,1	61	0,000000	***
DF	51,9	5	10,4	42	0,000000	***
FF	89,5	5	17,9	39	0,000000	***
EF	12,13	5	2,43	3,46	0,017007	*
PM	22,57	5	4,51	7,81	0,000176	***
DMP	83,5	5	16,7	82	0,000000	***
NBP	18,33	5	3,6661	2,7110	0,044388	*
LEN	48,229	5	9,646	2,8077	0,039115	*
NEN	33,727	5	6,745	9,764	0,000035	***
NTG	3140,4	5	628,1	3,798	0,011246	*
Ngr/P	248104	5	49621	5,605	0,001467	**
Pgr/P	3,8721	5	0,7744	13,384	0,000003	***
PGR/PG	1,48558	5	0,29712	1313,9	0,00	***
P100G	1,51300	5	0,30260	672,4	0,00	***
PMG	4,1054	5	0,8211	1173,0	0,00	***

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NTG : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.; SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.18.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations d'*Hippocrepis multisiliquosa* étudiées.

Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	NTG	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG	P100G	PMG
<b>1FV</b>	1,000																
<b>1GV</b>	0,560	1,000															
<b>1GM</b>	0,244	0,786	1,000														
<b>DF</b>	0,465	<b>0,847*</b>	<b>0,920**</b>	1,000													
<b>FF</b>	0,247	<b>0,861*</b>	<b>0,958**</b>	<b>0,948**</b>	1,000												
<b>EF</b>	-0,292	0,587	0,697	0,504	0,753	1,000											
<b>PM</b>	-0,185	0,426	0,794	0,492	0,655	0,761	1,000										
<b>DMP</b>	0,551	<b>0,924**</b>	0,708	0,877	0,822	0,416	0,210	1,000									
<b>NBP</b>	0,519	0,501	-0,098	0,191	0,137	-0,024	-0,522	0,581	1,000								
<b>LEN</b>	-0,744	-0,780	-0,397	-0,478	-0,403	-0,108	-0,135	-0,708	-0,542	1,000							
<b>NEN</b>	-0,800	0,024	0,314	0,083	0,357	0,796	0,569	-0,040	-0,333	0,429	1,000						
<b>NTG</b>	0,180	-0,351	-0,741	-0,657	-0,753	-0,683	-0,629	-0,311	0,291	-0,272	-0,596	1,000					
<b>Ngr/P</b>	0,132	-0,294	-0,693	-0,662	-0,710	-0,556	-0,515	-0,310	0,275	-0,317	-0,503	<b>0,984***</b>	1,000				
<b>Pgr/P</b>	-0,312	-0,139	-0,480	-0,616	-0,411	0,162	-0,120	-0,335	0,248	-0,068	0,199	0,498	0,617	1,000			
<b>Pgr/PG</b>	-0,623	-0,369	-0,263	-0,378	-0,165	0,333	-0,002	-0,488	-0,139	0,715	0,583	-0,347	-0,300	0,398	1,000		
<b>P100G</b>	0,301	0,524	0,252	0,177	0,203	0,187	0,283	0,429	0,250	<b>-0,837*</b>	-0,131	0,414	0,506	0,336	-0,645	1,000	
<b>PMG</b>	-0,561	0,043	-0,024	-0,230	0,076	0,684	0,295	-0,180	0,045	0,224	0,719	-0,218	-0,082	0,732	0,770	-0,019	1,000
<sup>1</sup> <b>alt</b>	0,654	0,800	0,730	<b>0,863*</b>	0,723	0,176	0,284	<b>0,889*</b>	0,297	-0,745	-0,254	-0,213	-0,237	-0,560	-0,782	0,503	-0,525
<sup>1</sup> <b>pluv</b>	-0,008	0,199	-0,133	0,155	0,137	0,049	-0,534	0,453	0,736	-0,012	0,097	0,006	-0,056	0,015	0,098	-0,134	0,072

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.<sup>1</sup> : variable supplémentaire.  $R^2 = 0,811$  à 5% ;  $R^2 = 0,917$  à 1% ;  $R^2 = 0,974$  à 0,1%.

**Annexe 2.19.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Astragalus hamosus* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
IFV	22,48	20,67	23,67	0,86	3,83	-0,76
1GV	111,43	108,00	113,67	1,35	1,21	-0,67
1GM	133,87	129,67	136,67	2,10	1,57	-0,39
DF	103,08	100,00	105,00	1,30	1,26	-0,33
FF	120,22	116,33	123,33	2,16	1,79	-0,39
EF	17,27	15,33	18,67	1,00	5,76	-0,22
PM	30,92	28,67	33,00	1,05	3,41	-0,26
DMP	149,55	145,33	153,33	2,75	1,84	-0,30
NBP	2,75	2,00	5,00	0,79	28,88	1,41
LEN	4,96	2,00	7,93	1,95	39,27	-0,09
NEN	9,17	6,33	11,67	1,19	12,96	-0,22
NTG	191,48	122,0	260,33	36,275	18,95	0,26
Ngr/P	3158,25	1958,9	4633,93	994,21	31,48	0,203
Pgr/P	5,3729	2,8201	8,4801	1,986	36,97	0,25
Pgr/PG	0,413	0,322	0,507	0,072	17,55	0,064
P100G	6,65	4,87	7,94	1,14	17,08	-0,62
PMG	1,68	1,44	1,89	0,16	9,49	0,00

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP : nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.

**Annexe 2.20.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations d'*Astragalus hamosus* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
IFV	11	3	3,67	18,98	0,000016	***
1GV	21,9	3	7,3	9,3	0,000856	***
1GM	74,6	3	24,9	44,1	0,000000	***
DF	21,5	3	7,2	10,8	0,000395	***
FF	77,9	3	26,0	39,6	0,000000	***
EF	13,398	3	4,466	13,19	0,000136	***
PM	10,30	3	3,43	5,10	0,011515	*
DMP	140,1	3	46,7	225	0,000000	***
NBP	4,7366	3	1,5789	3,4861	0,040521	*
LEN	39,4497	3	13,1499	6,4646	0,004500	**
NEN	2,381	3	0,794	0,520	0,674670	NS
NTG	16092,0	3	5364,0	9,633	0,000717	***
P100G	24,5074	3	8,1691	12568	0,00	***
Ngr/P	15532523	3	5177508	25,5032	0,000002	***
Pgr/P	66,0059	3	22,0020	39,351	0,000000	***
Pgr/PG	0,099322	3	0,033107	1074,8	0,00	***
PMG	0,47050	3	0,15683	261,39	0,000000	***

IFV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP : nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.21.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations d'*Astragalus hamosus* étudiées.

Caractères	1FV	1GV	1GM	DF	FF	EF	PM	DMP	NBP	LEN	NEN	Ngr/P	Pgr/P	Pgr/PG	NTG	P100G	PMG	'alt
1FV	1,000																	
1GV	-0,767	1,000																
1GM	-0,780	1,000	1,000															
DF	-0,808	<b>0,997</b>	0,998	1,000														
FF	-0,644	<b>0,977</b>	<b>0,971</b>	<b>0,956</b>	1,000													
EF	-0,372	0,862	0,849	0,817	<b>0,948</b>	1,000												
PM	-0,755	<b>0,989</b>	<b>0,991</b>	<b>0,992</b>	<b>0,947</b>	0,820	1,000											
DMP	-0,585	<b>0,968</b>	<b>0,961</b>	<b>0,945</b>	<b>0,994</b>	<b>0,958</b>	<b>0,950</b>	1,000										
NBP	-0,938	0,885	0,890	0,899	0,830	0,635	0,839	0,771	1,000									
LEN	0,119	-0,594	-0,575	-0,528	-0,750	-0,891	-0,500	-0,739	-0,455	1,000								
NEN	-0,901	0,432	0,452	0,498	0,254	-0,064	0,445	0,191	0,705	0,304	1,000							
Ngr/P	-0,738	<b>0,985</b>	<b>0,986</b>	<b>0,988</b>	0,943	0,821	<b>0,999</b>	<b>0,950</b>	0,821	-0,496	0,427	1,000						
Pgr/P	-0,575	<b>0,958</b>	<b>0,954</b>	0,944	<b>0,957</b>	0,903	0,970	<b>0,979</b>	0,714	-0,610	0,215	<b>0,975</b>	1,000					
Pgr/PG	-0,761	<b>0,975</b>	<b>0,978</b>	<b>0,983</b>	0,919	0,780	<b>0,997</b>	0,926	0,820	-0,434	0,473	<b>0,998</b>	<b>0,961</b>	1,000				
NTG	-0,194	0,717	0,711	0,696	0,734	0,769	0,775	0,805	0,313	-0,459	-0,117	0,794	0,886	0,782	1,000			
P100G	-0,332	0,521	0,507	0,473	0,642	0,695	0,391	0,580	0,614	-0,882	-0,001	0,372	0,402	0,319	0,074	1,000		
PMG	-0,009	0,632	0,613	0,569	0,770	0,931	0,596	0,807	0,312	-0,901	-0,421	0,605	0,757	0,552	0,770	0,597	1,000	
'alt	-0,592	0,434	0,432	0,423	0,467	0,380	0,308	0,368	0,733	-0,537	0,421	0,279	0,198	0,253	-0,253	0,865	0,154	1,000
'pluv	-0,545	0,619	0,611	0,588	0,693	0,666	0,497	0,618	0,772	-0,785	0,243	0,474	0,452	0,434	0,055	<b>0,970</b>	0,484	0,939

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.<sup>1</sup> : variable supplémentaire.  $R^2 = 0,950$  à 5% ;  $R^2 = 0,990$  à 1% ;  $R^2 = 0,999$  à 0,1%.

**Annexe 2.22.** Statistiques descriptives des caractères morphologiques et phénologiques des espèces de Fabacées étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
1FV	21,50	8,00	28,00	4,91	22,84	-1,70
1GV	100,55	67,00	115,67	10,50	10,45	-0,36
1GM	122,53	96,00	140,00	10,25	8,37	-0,39
DF	93,13	77,00	108,33	8,32	8,93	0,20
FF	125,49	112,00	141,00	7,69	6,13	-0,10
EF	32,74	0,00	56,00	10,91	33,32	-0,07
PM	28,91	7,00	41,00	5,36	18,54	-1,97
DMP	145,69	131,00	164,00	9,70	6,66	0,28
NBP	4,40	1,00	7,33	1,17	26,53	-0,34
LEN	5,09	2,00	13,73	2,06	40,52	1,25
NEN	7,10	3,33	12,00	2,05	28,85	0,16
NTG	136,358	44,0400	482,000	98,525	72,25	1,91
P100G	2,659	0,2400	7,940	1,977	74,34	1,00977
PMG	1,551	0,5200	2,900	0,646	41,65	0,16414
Ngr/P	952,702	195,1858	4633,930	908,928	95,4053581	2,50703
Pgr/P	1427,802	283,0194	8480,092	1615,514	113,146912	2,81569
Pgr/PG	0,528	0,1517	1,367	0,298	56,3840427	1,29516

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses.

**Annexe 2.23.** Analyse de la variance des caractères des populations des caractères morphologiques et phénologiques des espèces de Fabacées étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
<b>1FV</b>	4229,63	35	120,85	197,8	0,00	***
<b>1GV</b>	18205	35	520	48,6	0,00	***
<b>1GM</b>	18558	35	530	306	0,00	***
<b>DF</b>	11908	35	340	102,7	0,00	***
<b>FF</b>	10296	35	294	146	0,00	***
<b>EF</b>	18979,5	35	542,3	33,72	0,00	***
<b>PM</b>	4392,2	35	125,5	24,01	0,00	***
<b>DMP</b>	16311	35	466	123	0,00	***
<b>NBP</b>	163,948	35	4,684	8,402	0,00	***
<b>LEN</b>	540,976	35	15,456	10,121	0,00	***
<b>NEN</b>	667,146	35	19,061	32,70	0,00	***
<b>NTG</b>	1659865	35	47425	95,129	0,00	***
<b>P100G</b>	697,798	35	19,937	1621,1	0,00	***
<b>PMG</b>	73,4393	35	2,0983	245,49	0,00	***
Ngr/P	141064392	35	4030411	85,142	0,00	***
Pgr/P	454,2891	35	12,9797	145,112	0,00	***
Pgr/PG	15,77120	35	0,45061	574,01	0,00	***

1FV : Date d'apparition de la première feuille vraie (jours) ; 1GV : Date d'apparition de la première gousse verte (jours) ; 1GM : Date d'apparition de la première gousse mûre (jours) ; DF : Date de début de la floraison (jours) ; FF : Date de la fin de la floraison (jours) ; EF : Etalement de la floraison (jours) ; PM : Période de maturation des gousses (jours) ; DMP : Date de la mort de la plantes (jours) ; NBP: nombre de branches primaires; LEN : La longueur moyenne des entre-nœuds ( mm ) ; NEN : Le nombre moyen des entre-nœuds ; NGT : nombre total de gousses par plant ; PMG : le Poids de 1000 graines (grs); P100G : Le poids de 100 gousses (grs); Ngr/P: le nombre moyen de graines par plants ; Pgr/P: le Poids moyen des graines par plant (grs); Pgr/PG : le Rapport moyen poids des graines par le poids des gousses. SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.24.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des populations de *Lolium rigidum* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
NTP	5,5600	3,0000	10,0000	1,70978	30,751	0,704
LP	71,8904	47,6600	93,6600	13,25522	18,438	0,184
LODF	11,2088	6,6600	19,9000	3,51713	31,378	1,01
LADF	0,4584	0,3330	0,6000	0,07525	16,417	0,229
LEP	23,3325	16,2537	29,2194	2,97091	12,733	0,097
NEP	26,2830	18,1513	41,1429	5,06841	19,284	0,548
DE	87,7200	81,0000	91,0000	3,02104	3,444	-1,128
PE	99,7600	91,0000	105,0000	4,20595	4,216	-0,584
DF	98,8400	90,0000	104,0000	4,47847	4,531	-1,026
FF	122,1600	110,0000	128,0000	5,95595	4,876	-0,811
EF	23,2400	19,0000	26,0000	1,87705	8,077	-0,255
MEP	128,1600	120,0000	133,0000	4,68757	3,658	-0,803
DMP	140,9200	139,0000	144,0000	1,41185	1,002	0,732

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours) .).

**Annexe 2.25.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Lolium rigidum* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
NTP	25,3600	4	6,3400	2,8304	0,052002	*
LP	2979,3	4	744,8	12,038	0,000038	***
LODF	170,465	4	42,616	6,7421	0,001321	**
LADF	9,2180	4	2,3045	10,542	0,000092	***
LEP	57,04	4	14,26	1,842	0,160327	NS
NEP	455,46	4	113,86	14,138	0,000012	***
DE	193,8	4	48,5	38,5	0,000000	***
PE	402,6	4	100,7	77,4	0,000000	***
DF	482,8	4	120,7	215,5	0,000000	***
FF	839,0	4	209,7	338,3	0,00	***
EF	63,36	4	15,84	14,94	0,000008	***
MEP	516,2	4	129,0	230,4	0,000000	***
DMP	43,8	4	11,0	55	0,000000	***

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours). SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.26.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Lolium rigidum* étudiées.

Caractères	NTP	LP	LODF	LADF	LEP	NEP	DE	PE	DF	FF	EF	MEP	DMP
NTP	1,000												
LP	0,195	1,000											
LODF	-0,202	-0,756	1,000										
LADF	-0,529	-0,850	0,713	1,000									
LEP	0,788	0,361	-0,136	-0,745	1,000								
NEP	-0,375	-0,601	0,234	0,338	-0,168	1,000							
DE	0,518	0,455	-0,840	-0,708	0,432	0,058	1,000						
PE	-0,159	0,439	-0,675	-0,567	0,168	0,441	0,674	1,000					
DF	0,041	0,310	-0,785	-0,480	0,090	0,411	0,866	0,894	1,000				
FF	0,023	0,140	-0,657	-0,371	0,082	0,563	0,818	0,870	0,982	1,000			
EF	-0,194	-0,265	-0,219	-0,025	-0,026	0,892	0,484	0,740	0,775	0,875	1,000		
MEP	0,021	0,183	-0,681	-0,405	0,095	0,539	0,826	0,888	0,988	0,999	0,861	1,000	
DMP	-0,230	-0,182	-0,469	0,224	-0,563	0,377	0,460	0,363	0,665	0,677	0,567	0,660	1,000
<sup>1</sup> Alt.	0,696	0,133	-0,501	-0,242	0,164	-0,362	0,632	-0,111	0,299	0,250	-0,086	0,239	0,450
<sup>1</sup> Pluv.	0,888	-0,260	0,152	-0,086	0,544	-0,186	0,254	-0,447	-0,168	-0,119	-0,168	-0,141	-0,132

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours)., <sup>1</sup> : variable supplémentaire. R<sup>2</sup> = 0,878 à 5% ; R<sup>2</sup> = 0,959 à 1% ; R<sup>2</sup> = 0,991 à 0,1%.

**Annexe 2.27.** Statistiques descriptives des caractères morfo-phénologiques de populations de *Cutandia dichotoma* étudiées.

Caractères	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV%	Asymétrie
NTP	2,17	1,51	4,52	0,72	33,32	1,94
LP	43,63	26,33	59,66	9,51	21,80	-0,43
LODF	9,00	4,56	12,00	2,01	22,34	-0,56
LADF	3,46	3,00	4,00	0,25	7,22	-0,01
LINF	10,32	3,82	14,54	3,145	30,47	-0,706
NEP	18,00	9,00	26,00	4,95	27,51	-0,22
DE	83,80	77,00	88,00	3,68	4,39	-0,82
PE	91,30	85,00	98,00	4,34	4,76	0,07
DF	87,55	81,00	92,00	3,52	4,02	-0,68
FF	113,00	106,00	118,00	4,44	3,93	-0,79
EF	25,35	22,00	28,00	1,46	5,76	-0,46
MEP	113,70	107,00	119,00	3,70	3,25	-0,67

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours). SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

**Annexe 2.28.** Analyse de la variance des caractères morpho-phénologiques des populations de *Cutandia dichotoma* étudiées.

Caractères	SC	ddl	MC	F	p	Signi.
NTP	2,28333	3	0,76111	2,2276	0,124458	NS
LP	1266,17	3	422,06	14,904	0,000068	***
LODF	34,969	3	11,656	4,4621	0,018498	*
LADF	0,0436	3	0,0145	0,203	0,892598	NS
LINF	143,77	3	47,93	17,35	0,000028	***
NEP	295,200	3	98,400	9,2178	0,000892	***
DE	242,0	3	80,7	84,9	0,000000	***
PE	346,6	3	115,5	159,4	0,000000	***
DF	223,8	3	74,6	106,5	0,000000	***
FF	362,8	3	120,9	172,8	0,000000	***
EF	20,95	3	6,98	5,70	0,007505	**
MEP	250,2	3	83,4	133,4	0,000000	***
DMP	256,6	3	85,5	180,1	0,000000	***

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours).

**Annexe 2.29.** Matrice des corrélations des caractères phénologiques et morphologiques des populations de *Cutandia dichotoma* étudiées.

Caractères	NTP	LP	LODF	LADF	LEP	NEP	DE	PE	DF	FF	EF	MEP	DMP
NTP	1,000												
LP	-0,734	1,000											
LODF	-0,707	<b>0,981</b>	1,000										
LADF	-0,684	0,017	-0,031	1,000									
LEP	-0,783	<b>0,997</b>	<b>0,976</b>	0,092	1,000								
NEP	-0,686	0,889	0,784	0,131	0,891	1,000							
DE	-0,496	0,954	<b>0,944</b>	-0,282	0,928	0,828	1,000						
PE	-0,231	0,787	0,715	-0,439	0,747	0,833	0,899	1,000					
DF	-0,396	0,913	0,894	-0,376	0,880	0,815	<b>0,992</b>	0,942	1,000				
FF	-0,456	0,936	0,942	-0,333	0,908	0,776	<b>0,996</b>	0,880	<b>0,988</b>	1,000			
EF	-0,513	0,854	0,936	-0,223	0,838	0,526	0,871	0,586	0,823	0,899	1,000		
MEP	-0,406	0,919	0,912	-0,377	0,886	0,790	<b>0,995</b>	0,919	<b>0,998</b>	<b>0,996</b>	0,858	1,000	
DMP	-0,315	0,875	0,855	-0,451	0,836	0,783	<b>0,978</b>	<b>0,956</b>	<b>0,996</b>	<b>0,977</b>	0,795	<b>0,992</b>	1,000
*Alt.	-0,765	0,703	0,799	0,284	0,727	0,364	0,567	0,153	0,463	0,586	0,839	0,509	0,398
*Pluv.	0,494	-0,953	-0,937	0,279	-0,928	-0,841	<b>-0,999</b>	-0,911	<b>-0,994</b>	<b>-0,993</b>	-0,855	<b>-0,994</b>	<b>-0,980</b>

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours).<sup>1</sup>: variable supplémentaire.  $R^2 = 0,950$  à 5% ;  $R^2 = 0,990$  à 1% ;  $R^2 = 0,999$  à 0,1%.

**Annexe 2.30.** Statistiques descriptives des caractères morpho-phénologiques des espèces de Poacées étudiées.

	<b>Moyenne</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Ecart-type</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Asymétrie</b>
<b>NTP</b>	3,94	1,33	10,00	2,26	57,43	0,66
<b>LP</b>	59,33	26,33	93,66	18,35	30,92	0,21
<b>LODF</b>	10,23	4,56	19,90	3,12	30,50	1,16
<b>LADF</b>	4,09	3,00	6,00	0,81	19,78	0,83
<b>LINF</b>	17,55	3,82	29,22	7,20	41,02	-0,22
<b>NEP</b>	22,60	9,00	41,14	6,48	28,65	0,07
<b>DE</b>	85,98	77,00	91,00	3,83	4,46	-0,84
<b>PE</b>	96,00	85,00	105,00	5,99	6,24	-0,21
<b>DF</b>	93,82	81,00	104,00	6,96	7,42	-0,11
<b>FF</b>	118,09	106,00	128,00	7,00	5,93	-0,08
<b>EF</b>	24,18	19,00	28,00	1,99	8,24	-0,44
<b>MEP</b>	121,73	107,00	133,00	8,41	6,91	-0,09
<b>DMP</b>	132,20	115,00	144,00	10,21	7,73	-0,38

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours).

**Annexe 2.31.** Analyses de la variance des caractères morphologique et phénologiques des espèces de Poacées étudiées.

<b>Caractères</b>	<b>SC</b>	<b>ddl</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b>Sign.</b>
<b>NTP</b>	175,13	8	21,89	15,68	0,00	***
<b>LP</b>	13119,71	8	1640,0	34,92	0,00	***
<b>LODF</b>	259,72	8	32,47	6,95	0,00	***
<b>LADF</b>	23,23	8	2,9033	18,95	0,00	***
<b>LINF</b>	2081,83	8	260,23	47,081	0,000000	***
<b>NEP</b>	1512,97	8	189,12	20,515	0,000000	***
<b>DE</b>	606,60	8	75,80	67,60	0,00	***
<b>PE</b>	1541,6	8	192,7	190,6	0,00	***
<b>DF</b>	2105,8	8	263,2	353,6	0,00	***
<b>FF</b>	2134,0	8	266,8	406,9	0,00	***
<b>EF</b>	133,78	8	16,72	14,75	0,00	***
<b>MEP</b>	3089,20	8	386,2	656	0,00	***
<b>DMP</b>	4577,60	8	572,2	1772	0,00	***

NTP : Nombre de talles par plant; LP: Longueur des plants (cm); LODF : Longueur de la feuille (cm); LADF : Largeur de la feuille(mm) ; LINF: Longueur de l'inflorescence (cm); NEP: Nombre d'épillets / panicules ; DE : Début d'épiaison(jours) ; PE : Pleine épiaison(jours) ; DF : Début de floraison(jours) ; FF : Fin floraison (jours) ;MEP : maturation des épillets(jours) ; DMP : Date de la mort des plants (jours). SC : somme des carrés ; ddl : degrés de liberté ; MC : moyennes des carrés ; F : F observé ; p : probabilité ; Signi. : significativité ; NS : non significatif ; \* : significatif ; \*\* : hautement significatif ; \*\*\* : très hautement significatif.

## Annexe 3

### a. Analyses fourragères

Elle est basée sur les méthodes de l'AOAC (1990):

- **La matière sèche (MS) :**

Elle est obtenue en plaçant 5 g d'échantillon dans l'étuve préalablement chauffée à 103 °C pendant 4 heures puis on laisse refroidir au dessiccateur et on pèse jusqu'à poids constant.

$$H (\%) = \frac{E - M}{M} \times 100 \rightarrow MS \% = 100 - H\%$$

Avec :

H % : Humidité (en %)

E: Masse de l'échantillon avant séchage (en g).

M: Masse de l'échantillon après séchage (en g).

- **La matière minérale (MM) et organique (MO)**

La matière minérale est obtenue après incinération de 5 g d'échantillon dans un creusé préalablement taré, dans le four à moufle à 900 °C pendant 3 heures, après dessiccation et refroidissement on pèse.

$$MM\% = \frac{E - M}{E} \times 100 \rightarrow MO \% = 100 - MM\%$$

Avec :

E : Masse de l'échantillon avant séchage (en g).

M : Masse de l'échantillon après séchage (en g).

- **La matière grasse (MG)**

Elle est obtenue par extraction à l'éther diéthylique pendant 6 heures.

On prend 5 g d'échantillon et on le met en présence de 3 g d'un catalyseur qui est le sulfate de sodium dans une cartouche à extraction pendant 6 heures.

On recueille l'extrait étheré dans un ballon sec préalablement taré.

L'élimination de l'éther est obtenue par distillation au rotavapeur. On sèche les résidus de l'évaporation pendant 90 minutes dans l'étuve à 80 °C.

On pèse le ballon après dessiccation pendant 30 minutes jusqu'à poids constant.

$$MG\% = \frac{P - P_0}{E} \times 100$$

Avec :

P : Poids du ballon avec matière grasse (en g).

P<sub>0</sub> : Poids du ballon vide (en g) sans matière grasse.

E : Masse de l'échantillon (en %).

- **La matière azotée totale (MAT)**

Elle est déterminée par la méthode de Kjeldhal

- ◆ **La minéralisation**

Introduire 1 g d'échantillon dans un matras avec 10 g de sulfate de potassium, 1 g de sulfate de cuivre, 25 ml d'acide sulfurique. Homogénéiser le mélange puis chauffer progressivement jusqu'à l'obtention d'une couleur vert clair temps = 3 heures.

- ◆ **La distillation :**

-Ajouter 350 ml d'eau distillée.

-Verser dans le matras 100 ml de solution de soude 40% plus un granulé en zinc.

-Placer le matras dans l'appareil.

-Placer dans l'autre extrémité de l'appareil un bêcher de 250 ml contenant 25 ml d'acide sulfurique 0.1 N et 2 à 3 gouttes de rouge de méthyle.

-Chauffer le ballon de façon à distiller environ 150 à 200 ml.

- ◆ **La titration**

Titrer dans le flacon collecteur l'excès d'acide sulfurique à 0.1 N par la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur jaune clair.

- ◆ **Les calculs et résultats**

$$\text{MAT \%} = \frac{(V_1 - V_2) \times 1,4 \times 6,25}{1000} \times 100$$

Avec :

V<sub>1</sub> : Volume de solution de réception de l'acide sulfurique (0.1 N)

V<sub>2</sub> : Volume de la titration lu sur la burette d'hydroxyde de sodium (0.1 N).

- **Le dosage des composés pariétaux**

Les résidus des parois cellulaires (NDF) s'obtiennent selon la méthode de (Van Soest et Wine, 1967). Après la solubilisation du contenu cellulaire sous l'action du détergent lauryl sulfate de sodium et des substances pectiques sous l'action d'un agent chélatant. La fraction organique du résidu, paroi cellulaire, est composée théoriquement d'hémicellulose, de cellulose et de lignine. En réalité une partie de ces composés est solubilisée et le résidu contient des proportions

variables de matières azotées (1 à 20 %).

Acide détergent fibre ou ADF :

Cette méthode dose uniquement la cellulose et la lignine des parois végétales après solubilisation des hémicelluloses en présence d'acide sulfurique normal. Ce dosage fait normalement suite à l'extraction du résidu NDF selon la méthode de (Van Soest et Wine, 1967), on réalise le dosage directement sur l'échantillon en prenant soin d'ajouter à l'acide sulfurique normal, un détergent pour solubiliser le contenu cellulaire (protéines et graisses principalement).  
La lignine : La lignine est un constituant non glucidique des végétaux. On parle plus communément des lignines car il s'agit de molécules complexes constituées de copolymères de 3 alcools à noyau aromatique phényl- propane, qui incrustent les structures polysaccharidiques des tissus de soutien et de conduction des végétaux. Les lignines sont indigestibles et réduisant aussi la digestibilité des constituants associés par un effet de barrière et/ou par un effet négatif sur l'activité cellulolytique de micro-organismes. De par sa complexité et sa diversité des fractions ligneuses, de nombreuses méthodes sont applicables pour le dosage de lignine. Les méthodes adoptent un compromis entre l'obtention d'une fraction pure et l'élimination des composés non ligneux.

**Schéma n°01** : Mode opératoire de la méthode pour l'analyse de la paroi végétale.

P<sub>0</sub> → Creuset vide taré

E → Prise d'essai (1 g de poudre d'échantillon)

Hydrolyse au détergent neutre (NDF) : 1 heure.

Filtration et lavage à l'eau distillée bouillante (1 litre / creuset).

Dessiccation à l'étuve à 105 °C : 24 heures.

P <sub>1</sub> →	Résidu + Creuset
	Cellulose
	Hémicellulose
	Lignine
	Cendres

Hydrolyse au détergent acide : 1 heure.

Filtration et lavage à l'eau distillée bouillante (1 litre / creuset).

Dessiccation à l'étuve à 105 °C : 24 heures.

P <sub>2</sub> →	Résidu + Creuset
	Cellulose
	Lignine
	Cendres

Attaque à l'acide sulfurique 72 % : 3heures.

Filtration et lavage à l'eau distillée bouillante (1 litre / creuset). Dessiccation à l'étuve.

$P_3 \rightarrow$  Résidu + Creuset  
Lignine  
Cendres

Incinération au four à 550 °C : 4 heures.

$P_4 \rightarrow$  Résidu + Creuset

**Calcul :**

$$\text{NDF} = \frac{P_1 - P_4}{E} \times 100$$

$$\text{ADF} = \frac{P_2 - P_4}{E} \times 100$$

$$\text{ADL} = \frac{P_3 - P_4}{E} \times 100$$

$$\text{Hémicelluloses} = \text{NDF} - \text{ADF}$$

$$\text{Cellulose} = \text{ADF} - \text{ADL}$$

### **La digestibilité *in vitro* de la matière organique :**

Cette méthode estime, à travers deux étapes enzymatiques, la digestibilité de la matière organique des aliments chez les ruminants telle que décrite par Aufrère (1982). Elle consiste à soumettre l'échantillon à une attaque à la pepsine avec un PH = 4.8 et à mesurer par gravimétrie le résidu de la matière organique non digéré.

### **Le mode opératoire**

- Séchage des creusets : qui sont préalablement passées au four à 550°C. Après refroidissement au dessiccateur.
- Peser les creusets à verre fritté de (porosité 2), poids du creuset vide  $P_0$ .
- Peser précisément à 0.001 mg près 0.5 g d'échantillon (E en MS) dans un creuset.
- Ajouter 50 ml de mélange pepsine HCl 0.1 N préchauffé à 40°C.
- Couvrir les creusets par en bas avec des bouchons en caoutchouc mou et la partie supérieure avec du para film et les placer au bain-marie à mouvement horizontal avec couvercle à 40 °C pendant 24 heures.

- Rincer avec de l'eau distillée chaude (300ml).
- Après refroidissement, ajouter 7 ml d'acétate de sodium 20 % pour ajuster le PH à 4.8.
- Ajouter 40 ml de solution cellulase (*Aspergillus Niger* : Ec3.2.1.4 ) préchauffée à 40 °C).
- Couvrir les creusets de para film et les placer au bain-marie à 40°C pendant 24 heures.
- Filtrer quantitativement sur creuset Pi. Laver les résidus dans les creusets à l'eau distillée chaude.
- Placer les creusets sur la rampe de rinçage et rincer une dernière fois à l'acétone.
- Sécher les creusets à 105°C pendant une nuit et les peser après refroidissement dans un dessiccateur : poids du creuset + résidu MS=P<sub>1</sub>.
- Minéraliser les creusets pendant 5 heures au four, les peser à froid : poids du creuset + cendre = P<sub>2</sub>.

#### Calcul:

P<sub>0</sub> : Poids du creuset vide.

P<sub>i</sub> : Poids « creuset + résidu non digéré en MS en g ».

P<sub>2</sub> : Poids « creuset + cendre (en g) ».

E(MS) : prise d'essai en matière sèche.

E(MO) : prise d'essai en matière organique.

Dcell MO : digestibilité pepsine cellulase exprimée par rapport à la matière organique.

Les équations proposées pour prévoir la digestibilité de la matière organique (DMO)

$$D_{cellMO} = \frac{E(MO) - (P_1 - P_2)}{E(MO)} \times 100$$

#### Correction par le témoin

$$D_{cell} \text{ corrigée de l'échantillon} = \frac{D_{cell} \text{ témoin} \times D_{cell} \text{ échantillon de la série}}{D_{cell} \text{ témoin de la série}}$$

Avec :

$$DMO = 0,699D_{cellMO} + 22,6 ; S_r = 3,2 ; R = 0,978$$

- **La digestibilité *in vitro* des protéines :**

Estimée selon la méthode décrite par (Aufrère et Cartailier, 1988)

**Principe :** L'échantillon subit une hydrolyse par protéase d'origine bactérienne dans un tampon borate-phosphate PH : 8 au temps 1 heure. Le dosage de l'azote dégradé est effectué sur le surnageant par la méthode **Kjeldhal**.

### Mode opératoire:

- Pesée de 0.5 g d'échantillon broyé à la grille de 0.8 mm dans un tube à centrifuger de 80 ml (chaque point de cinétique est réalisé en double). Parallèlement la teneur en matière sèche est déterminée en double à 103 °C pendant 48 heures. Un témoin est introduit ainsi que un tube sans échantillon qui permet de connaître la teneur en azote de la préparation enzymatique.
- Adjonction de 50 ml de solution enzymatique.

Bouchage des tubes. Incubation dans un bain-marie thermostaté à 40° C. Agitation manuelle aux temps 0 mn, 1 h, Solution enzymatique (2g d'enzyme /1 tampon borate-phosphate).

- Tampon borate-phosphate Ph 8 (12,2g/l  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 8,91g/l  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ).
- Enzyme: protéase extraite de *Streptomyces griseus* (type XIV, Sigma n° P-5147) (dissoudre l'enzyme dans un tampon borate- phosphate PH 8, ajuster la solution et filtrer ensuite la solution enzymatique obtenue (filtre Whatman n°41). La solution doit être préparée extemporanément.
- Tétracycline (antibiotique) Sigma n°T-3258 (10 mg/ 100ml tampon borate-phosphate Ph 8). Cette solution peut être conservée au maximum 1 mois à +4°C.
- Nystatine (antifongique) Sigma n°3503 (10mg/l). La nystatine est pesée directement.
- 0.5 ml de solution enzymatique (1 mg/500mg d'échantillon).
- 0.5 ml de solution de tétracycline (0.05mg/500mg d'échantillon).
- 0.5 ml nystatine (0.5 mg/500 mg d'échantillon).

Compléter à 50 ml avec du tampon borate phosphate PH 8.

- Après retrait des tubes au temps 1 h, centrifuger 5mn à 3000 tours/mn.
- Filtration sur filtres (Durieux 2B) préalablement humidifiés avec de l'eau distillée.
- Dosage de l'azote sur le surnageant par la méthode Kjeldhal.

### Calcul :

Les valeurs d'azote dégradé sont rapportées d'abord à la matière sèche de départ, puis en % de l'azote de l'échantillon.

$$\text{Quantité d'azote dégradé dans le surnageant (\% MS)} = \frac{14 \times T \times (V - V_0)}{m \times 103} \times 100$$

Avec :

T : normalité de l'acide chlorhydrique.

V : volume en ml d'acide chlorhydrique nécessaire à la neutralisation pour la prise d'essai.

$V_0$  : volume en ml d'acide chlorhydrique nécessaire à la neutralisation pour le blanc.

m : masse en gramme de la prise d'essai (exprimée par rapport à la MS).

N : azote.

$$\text{Quantité d'azote dégradé dans le surnageant Nt (\%)} = \frac{\text{Quantité d'azote dégradé dans le surnageant (\%MS)}}{\text{Teneur en N total (\%MS)}} \times 100$$

Chaque série est corrigée par le témoin.

La liaison entre la DT et la dégradabilité enzymatique est exprimé par l'équation :

$$DT = 0,91 DE + 15,10 \quad n = 12 ; r = 0,93 ; Sr = 7,39$$