



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة
Université Ziane Achour – Djelfa
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Ecole doctorale : écologie végétale

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Magistère
Option : dynamique des écosystèmes et environnement

Thème

Contribution à un diagnostic des groupements
végétaux dans un milieu steppique en désertification.
Cas de Menkeb Ben Hamed – Taâdmit – Wilaya de
Djelfa.

Elaboré par : KHODJA Saâd

Présenté devant la commission d'évaluation composé de :

Président :	P ^r . BELHADJ S.	Professeur	Université de Djelfa
Promoteur :	P ^r . AZOUZI B.	Professeur	Université de Djelfa
Co-promotrice :	M ^{me} . DAOUD N.	MAA	Université de Djelfa
Examineur :	D ^r . NEDJIMI B.	MCA	Université de Djelfa
Examineur :	D ^r . DAHIA M.	MCB	Université de Djelfa
Examinatrice :	D ^r . BRAGUE N.	Maître de recherche	INRF de Djelfa

Soutenu le : 18/01/2016

Année Universitaire 2014/2015

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant, le miséricordieux qui nous a guidé tout au long de notre vie, qui nous a donné courage et patience, et qui nous a permis d'achever ce travail.

Je remercie mon promoteur le Pr. AZOUZI B. pour la proposition du sujet, ses conseils, ses critiques constructives et son immense patience.

Je remercie du fond du cœur Mme. DAOUD N. co-promotrice, pour ses encouragements incessants, sa persévérance dans le travail et sa noblesse d'esprit.

Je remercie le Pr. BELHADJ S. de l'Université de Djelfa, pour m'avoir honoré en acceptant de présider le jury.

Je remercie chaleureusement le Dr. NEDJIMI B. de l'Université de Djelfa qui a bien voulu être membre de ce jury et examiner ce travail suite à ma requête.

Je remercie aussi le Dr. DAHIA M. de l'Université de Djelfa qui a accepté de faire partie du jury.

Je remercie également le Dr. BRAGUE N. de l'INRF qui a bien voulu examiner ce travail.

Je tiens à remercier mes précieux amis GASMI M., BEN SELIM S., ZAGNOUN M. et Slimani S. qui m'ont apporté leur immense aide sur le terrain, ainsi que HAZERCHI M. pour son aide à l'identification des plantes, sans oublier HOURIMEK A. pour ses suggestions d'homme avisé.

Enfin Je remercie aussi mes amis et collègues du H.C.D.S., ABDELOUAHAB Y., RABHI M., AMIMRAT A., TAHIRI A., KORECHI S. et SBAA B., pour leur soutien indéfectible.

Un grand merci à tous, qu'Allah vous protège

Tables des matières

Introduction.....	2
Chapitre I : Désertification : causes et impacts	
1. Ecosystèmes et désertification.....	5
1.1. Dégradation.....	5
1.2. Désertification.....	5
1.3. Zones sèches.....	6
2. Désertification dans la steppe.....	6
3. Principaux facteurs de la désertification dans la steppe.....	8
4. Impact de la désertification dans la steppe.....	10
5. Evolution de la désertification.....	11
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
1. Localisation de la zone d'étude.....	13
2. Géologie.....	15
2.1. Descriptions des terrains sédimentaires.....	15
3. Sols.....	18
4. Climat.....	18
4.1. Précipitation.....	19
4.2. Températures.....	20
4.3. Vents.....	21
4.4. Synthèse climatique.....	22
4.4.1. Régime climatique.....	22
4.4.2. Diagramme Ombrothermique.....	23
4.4.3. Quotient pluviothermique d'Emberger.....	24
5. Végétation.....	26
Chapitre III : Méthodologie	
1. Choix des placettes et dispositif expérimental.....	28
2. Matériels utilisés.....	30
3. Définitions et méthodes de mesures.....	30
3.1. Relevé floristiques.....	30
3.1.1. Aire minimale.....	30
3.1.2. Relevés systématique.....	31
3.1.3. Synthèse des données.....	32
3.1.4. Caractères qualitatifs de l'analyse de la végétation.....	33

3.1.4.1.	Détermination de la flore.....	33
3.1.4.2.	Diversité des espèces et équitabilité.....	33
3.1.4.3.	Diversité des familles.....	36
3.1.4.4.	Types biologiques.....	36
3.1.5.	Caractères quantitatifs de l'analyse de la végétation.....	37
3.1.5.1.	Mesure du recouvrement global.....	37
3.1.5.2.	Mesure de la fréquence spécifique et du recouvrement.....	38
3.1.5.3.	Mesure de la contribution spécifique.....	38
3.1.5.4.	Coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet.....	38
3.1.5.5.	Coefficient de sociabilité.....	39
3.2.	Relevés et analyses pédologiques.....	40
3.2.1.	Relevés pédologiques.....	40
3.2.2.	Analyses pédologiques.....	41
3.2.2.1.	Mesure de l'humidité du sol.....	41
3.2.2.2.	Mesures du pH-eau et du pH-KCL.....	41
3.2.2.3.	Dosage du carbone organique.....	41
3.2.2.4.	Dosage du calcaire total méthode par titration en retour.....	42
3.2.2.5.	Dosage du calcaire actif.....	42
3.2.2.6.	Dosage de la salinité totale.....	43
3.2.2.7.	Granulométrie.....	44

Chapitre IV : Résultats et discussions

1.	Etude de la végétation.....	47
1.1.	Caractères qualitatifs.....	47
1.1.1.	Composition floristique.....	47
1.1.2.	Composition des familles.....	47
1.1.3.	Types biologiques.....	48
1.1.4.	Diversité des espèces et équitabilité.....	49
1.2.	Les caractères quantitatifs.....	50
1.2.1.	Richesse floristique.....	50
1.2.2.	Recouvrement global.....	51
1.2.3.	Fréquence et recouvrement spécifique.....	52
1.2.4.	Contribution spécifique.....	54
1.2.5.	Abondance-dominance et sociabilité.....	56
1.2.6.	Espèces communes et espèces exclusives.....	56
2.	Pédologie.....	57
2.1.	Profondeur des sols.....	58
2.2.	Humidité.....	58
2.3.	pH-eau et pH-KCl.....	59
2.4.	Matière organique.....	59
2.5.	Calcaire total et calcaire actif.....	59
2.6.	Salinité.....	60
2.7.	Texture.....	61

3. Analyses multivariées.....	61
3.1. Analyse factorielles des correspondances des occurrences des espèces.....	62
3.2. Analyse en composante principale de la diversité biologique.....	66
3.3. Analyse en composante principale des paramètres pédologique.....	70
3.4. Analyse en composantes principales des variables écologiques.....	73
Conclusion.....	77
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des acronymes

C.N.T.S.	Centre Nationale des Techniques Spatiales
D.G.F.	Direction Générale des Forêts
F.A.O.	Food and Agriculture Organization
U.N.E.P.	United Nations Environment Program
G.P.S.	Global Positioning System
H.C.D.S.	Haut Commissariat au Développement de la Steppe
M.A.T.E.	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
M.E.A.	Millennium Ecosystem Assessment

Liste des tableaux

Tableau I	Superficies des affleurements géologiques (Taâdmit).
Tableau II	Variation mensuelles de la vitesse des vents (1984 – 2013).
Tableau III	Régime saisonnier de la région de d'étude (1984 – 2013).
Tableau IV	Dénominations des classes granulométriques agronomiques et limites.
Tableau V	Résultats quantitatifs de la diversité floristique à Menkeb Ben Hamed.
Tableau VI	Richesse floristique des différentes placettes.
Tableau VII	Recouvrement global de la végétation par placette.
Tableau VIII	Espèces communes et espèces exclusives suivant les placettes.
Tableau IX	Profondeurs des sols de chaque placette.
Tableau X	Humidité relative des sols des différentes placettes.
Tableau XI	Mesures du pH effective et pH titrable dans les différentes placettes.
Tableau XII	Taux de la matière organique dans les sols des placettes.
Tableau XIII	Taux du calcaire total et calcaire actif dans les sols des différentes placettes.
Tableau XIV	Mesures de la conductivité électrique des sols des différentes placettes.
Tableau XV	Caractérisation texturale des sols de chaque placette.
Tableau XVI	valeurs propres et inerties expliquées de toutes les dimensions.
Tableau XVII	Mesures des paramètres qualitatifs et quantitatifs de la végétation par placette.
Tableau XVIII	Valeurs propres de toutes les dimensions biologiques.
Tableau XIX	Mesures des caractéristiques édaphiques des sols des différentes placettes.
Tableau XX	Valeurs propres de toutes les dimensions édaphiques.
Tableau XXI	Valeurs propres de toutes les dimensions écologiques.

Liste des Figures

- Figure 1** Carte synthèse de sensibilité à la désertification (2000-2005).
- Figure 2** Carte de la localisation de la zone d'étude (carte topo de l'Algérie modifiée).
- Figure 3** Carte géologique de Taâdmit extraite de la carte géologique de l'Algérie au 1/500 000.
- Figure 4** Répartition des dominations par type de roche.
- Figure 5** Variations interannuelles des précipitations (1984 – 2013).
- Figure 6** Variation annuelle des précipitations (1984 – 2013).
- Figure 7** Variations mensuelles des températures maximales, minimales et moyennes (1984 – 2013).
- Figure 8** Diagramme ombrothermique (Bagnouls & Gaussen) de la zone d'étude pour la période allant de 1984 à 2013.
- Figure 9** Climagramme d'Emberger.
- Figure 10** Carte représentant le transect d'échantillonnage dans la zone d'étude.
- Figure 11** Schéma représentant notre méthode de relevés systématiques.
- Figure 12** Echelle d'abondance-dominance défini par Braun-Blanquet.
- Figure 13** Echelle de sociabilité d'après Braun-Blanquet.
- Figure 14** Importance des familles dans les relevés.
- Figure 15** Le spectre biologique brut des espèces rencontrées.
- Figure 16** Fréquences spécifiques moyennes et maximales dans la zone d'étude.
- Figure 17** Contribution spécifique de la zone d'étude.
- Figure 18** Représentation sur plan factoriel 1 – 2 des occurrences/fréquences des espèces.
- Figure 19** Représentation sur le plan factorielle 1 – 2 des placettes correspondant aux relevés d'occurrence.
- Figure 20** Représentation superposée des espèces et des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 des relevés d'occurrence.
- Figure 21** Représentation des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 de l'ACP sur la caractérisation phytoécologiques.
- Figure 22** Cercle de corrélation des variables phytoécologique sur l'axe 1 et 2.Représentation des
- Figure 23** placettes sur le plan factoriel 1 – 2 de l'ACP sur la caractérisation édaphique.
- Figure 24** Cercle de corrélation des variables édaphiques sur l'axe 1 et 2.

Figure 25 Représentation des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 de l'ACP sur la caractérisation écologique.

Figure 26 Cercle de corrélation des variables écologiques sur l'axe 1 et 2.



Introduction



INTRODUCTION

Le terme « désertification » est souvent associé à l'avancée du désert et aux dunes de sable envahissant lentement des régions fertiles. Ce phénomène touche aujourd'hui un quart de la superficie du globe (MEA, 2005)

La conférence organisée par l'UNEP à Nairobi en août-septembre 1977 a permis de porter le problème de la désertification sur la scène internationale et de sensibiliser les gouvernements. Il y a été question de désertification, de désertisation, d'aridification.

Aujourd'hui la désertification est considérée comme un problème environnemental majeur pour le 21^e siècle (La Banque Mondiale, 2002). La lutte contre le phénomène de la désertification est un défi majeur pour tous les pays touchés surtout ceux en voie de développement comme l'Algérie, car la perte des ressources naturelles constitue une perte économique énorme et un frein au développement futur, sans oublier les conséquences sociales que cela puisse entraîner.

En Algérie, près de 500.000 hectares de terres en zones steppiques sont en voie de désertification, et plus de 7 millions d'hectares sont directement menacés par le même processus (MATE, 2002).

La désertification est un double problème à la fois environnementale et de développement. L'activité humaine et la dégradation des terres constituent une des conséquences du mal-développement et une entrave majeure au développement durable des zones sèches (Benmessaoud, 2008).

Les actions de lutte contre la désertification sont nombreuses mais pour qu'elles soient efficaces, un travail de suivi, d'évaluation et de diagnostic sont absolument nécessaires car chaque région a ses propres spécificités écologiques et est touchée à différents degrés par la dégradation (au niveau de sa biodiversité ainsi que de ses sols).

La décomposition en amont du problème général de la désertification en problèmes élémentaires dans un contexte précis qui peuvent être évalués par une approche numérique, renforcera les moyens de lutte en aval.

Partant de cette optique, notre problématique a émergé par la question suivante :

Quel est l'état d'une communauté végétale dans un milieu en désertification et comment ce processus influe-t-il sur les systèmes écologiques mis en place ?

INTRODUCTION

Pour répondre à cette question, nous nous sommes fixés pour objectif le diagnostic de la communauté végétale de Menkeb (Colline) de Ben Hamed, qui se présente sous forme de steppe très dégradée. Cet écosystème en voie de désertification a vu quelques projets qui s'inscrivent dans le cadre de la lutte contre la désertification au sens large par des reboisements complémentaires faits par la DGF, des mises en défens et des plantations d'*Atriplex* notamment faites par le HCDS.

Pour quantifier les différentes composantes de la désertification, nous avons étudié la végétation locale qualitativement et quantitativement dans un premier temps, puis nous avons abordé la dimension édaphique ainsi que les relations qui en découlent avec la végétation.

Cette approche est expliquée dans le présent travail qui comporte 4 chapitres :

- Le chapitre 1 parle des notions sur la désertification, ses causes et ses conséquences dans la steppe algérienne ;
- Le chapitre 2 aborde le choix de Menkeb Ben Hamed et son étude physique ;
- Le chapitre 3 traite la méthodologie retenue pour répondre aux objectifs de l'étude ;
- Le Chapitre 4 présente les résultats obtenus ainsi que les discussions qui s'y rapportent.

Enfin une conclusion synthétisant les résultats obtenus et proposant des perspectives possibles pour le futur.



CHAPITRE I

Désertification : causes et impacts



1. Ecosystèmes et désertification

La désertification est le résultat d'une incapacité prolongée à équilibrer l'offre et la demande en services des écosystèmes dans les zones sèches. On assiste actuellement à une augmentation de la pression sur les écosystèmes des zones sèches afin qu'ils fournissent des services tels que nourriture, fourrage, énergie, matériaux de construction, l'eau potable et ainsi que l'eau pour abreuver les troupeaux, pour l'irrigation et les besoins sanitaires. On attribue cette pression croissante à une combinaison de facteurs humains et climatiques. Les premiers comprennent des facteurs indirects, comme la pression démographique, des facteurs socio-économiques et politiques, et des facteurs directs, comme les pratiques et systèmes d'exploitation des terres et des processus liés au climat. Les facteurs climatiques préoccupants incluent les sécheresses et la diminution prévue des réserves d'eau suite au réchauffement climatique. Alors que l'interaction de ces facteurs est complexe à appréhender à l'échelon mondial et régional, il est possible de la comprendre à l'échelle locale. (MEA, 2005)

L'écosystème steppique a été complètement bouleversé, tant dans sa composition que dans son fonctionnement à travers sa productivité primaire (Aidoud, 1989). La dégradation constante des steppes algériennes conduit inexorablement au phénomène de désertification.

1.1. Dégradation

La dégradation des terres est définie comme étant la réduction ou la disparition de la productivité biologique ou économique des zones sèches. La dégradation est un ensemble phénomènes qui contribuent à accroître la fragilité des écosystèmes, à réduire leur capacité de régénération et à diminuer leur potentiel de production (Floret *et al*, 1992).

1.2. Désertification

Selon la FAO (1992), la désertification est la dégradation des terres dans les écosystèmes secs, résultant d'activités humaines mal contrôlées. Elle englobe tous les processus de dégradation biologique quel que soit leurs causes ou l'endroit où ils apparaissent »

La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, adoptée à Paris, deux ans après le Sommet de la terre de Rio, le 17 juin 1994, et qui est entrée en vigueur le 25 décembre 1996, définit dans son article 1 la désertification comme étant « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ».

Les zones sèches sont les plus sensibles aux phénomènes liés à la désertification.

1.3. Zones sèches

Les zones sèches comprennent toutes les régions terrestres où la production de récoltes, fourrage, bois et autres services des écosystèmes est limitée par la disponibilité en eau. Plus spécifiquement, la définition englobe toutes les terres où le climat est défini comme sec subhumide, semi-aride, aride ou hyper-aride. Cette classification se base sur les valeurs de l'Indice d'Aridité (MEA, 2005). L'Indice d'Aridité (IA) est la moyenne sur le long terme du rapport entre la moyenne annuelle des précipitations dans une région et sa moyenne annuelle d'évapotranspiration potentielle.

La désertification se classe parmi les défis environnementaux les plus importants aujourd'hui et constitue un des principaux obstacles à la satisfaction des besoins humains fondamentaux dans les zones sèches.

2. Désertification dans la steppe

La sagesse populaire dans la steppe algérienne, quant à elle et cela depuis longtemps, a résumé son appréhension du phénomène par la diction : « Si on perçoit de l'alfa, sachez que l'origine est un *kerrouche* (Chêne Vert) et si vous voyez de l'armoise sachez que l'origine est une Alfa » (El Zarev Wael *et al.*, 2009).

La désertification, en Algérie, concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi-arides qui ont toujours été l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante : surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures... Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). Cette dégradation des terres et la désertification qui en est le stade le plus avancé, se traduit par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio-économique (Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1996 ; Bedrani, 1999).

Le processus de désertification des parcours arides et semi arides provoque des transformations dans leur structure et leur fonctionnement, au niveau de la végétation (Aidoud-Lounis, 1997), attesté par la disparition des espèces « clefs de voûte », la réduction du couvert végétal, un changement dans la composition floristique (Slimani, 1998) et une diminution de la production fourragères (Aidoud, 1994). Il en résulte une perte de la biodiversité qui présente des conséquences préoccupantes pour la population locale.

Dans l'écosystème steppique Algérien, la désertification est le phénomène le plus spectaculaire qu'a connu la population ces dernières années (Fig. 1). La progression rapide de l'ensablement concerne la quasi-totalité du territoire menaçant ainsi oasis, terres agricoles, parcours, agglomérations, infrastructures, les routes, les points d'eau. Ce triste palmarès est confirmé par les travaux de CNTS. La région d'El Bayadh comme exemple enregistre un taux de sensibilité de 87% (Khelil, 1997). Elle est ainsi classée zone de très forte sensibilité à la désertification. Dans la même région, les terrains de parcours représentant 86% de la superficie totale sont soumis à une dégradation qui touche 80% de l'espace steppique. C'est la partie steppique qui est la plus affectée par le phénomène d'érosion éolienne, suite à la dégradation du couvert végétal. Sur un sol fragile et de structure instable, le vent facilite le transport des particules fines et légères laissant des sols squelettiques à fertilité médiocre.

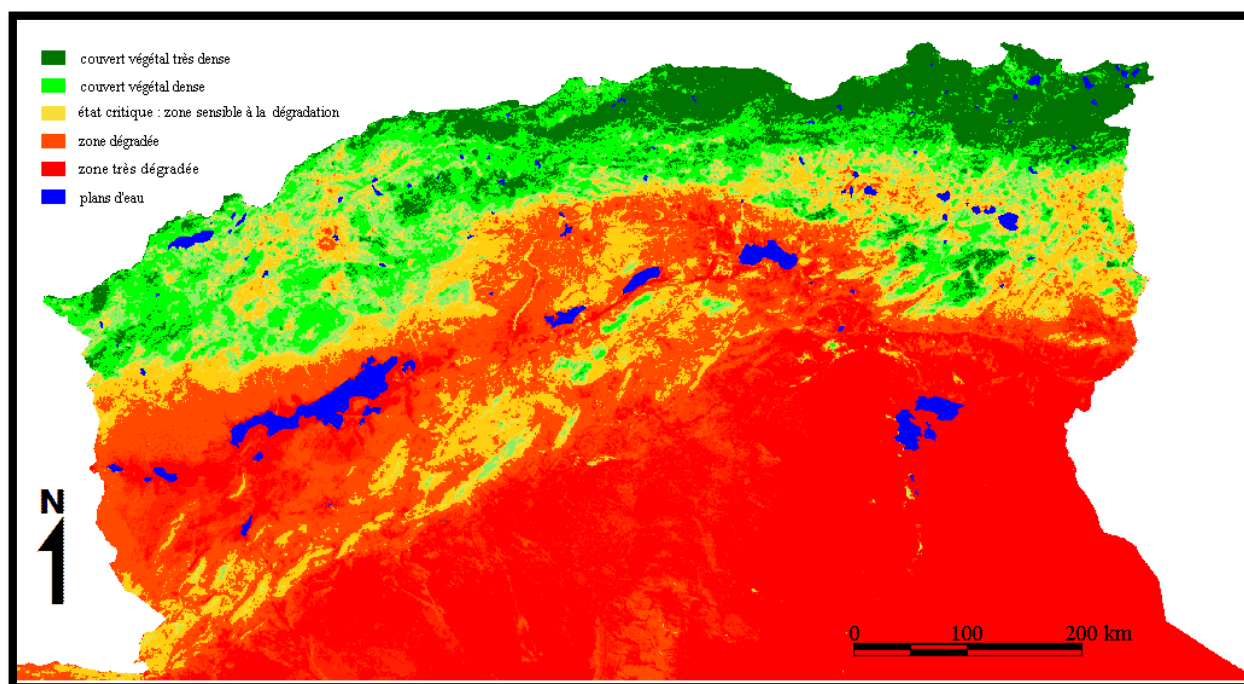


Figure 1 : Carte synthèse de sensibilité à la désertification (2000-2005)

(Benslimane *et al*, 2008).

Dans la région de Ben Hamed (zone d'étude), les parcours sont sévèrement dégradés, très touché par le surpâturage (ovin, bovin et même camelin), le nombre d'espèces dans le cortège floristique de l'alfa chute à 70 % dans les parcours, et l'armoise blanche disparaît complètement, on ne la trouve que dans des zones refuges telles que la mise en défens et parfois les plantations pastorales. Bien que l'alfa subsiste dans les parcours de la région de Ben Hamed, elle est fortement dégradée et éparses (Khodja, 2011).

3. Principaux facteurs de la désertification dans la steppe

Plusieurs auteurs ont identifié Les causes principales de la désertification dans la steppe Algérienne comme la sécheresse, le surpâturage, le défrichement, l'éradication des espèces ligneuses, la croissance démographique et autres causes qui relèvent des effets des politiques économiques d'ensemble (Aidoud, 1996 ; Nedjraoui et Bédrani, 2008 ; El Zarev Wael *et al*, 2009 ; Slimani, 2012).

Les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. La diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27% et la saison sèche a augmenté de 2 mois durant le siècle dernier (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

Les perturbations climatiques sont une cause importante de la fragilité de ces milieux déjà très sensibles et provoquent des crises écologiques se répercutant sur l'ensemble de l'écosystème.

Hirche *et al.* (2007) montrent que les steppes algériennes se caractérisent par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales.

Le surpâturage est dû à l'accroissement du cheptel lié à une réduction de l'offre fourragère. Par ailleurs, l'exploitation des forages et des points d'eau à grand débit, sans organisation pastorale, provoque de grandes concentrations des troupeaux autour des forages et provoque aussi la formation d'auréoles désertifiées sur des rayons de 5 à 15 km perceptibles sur les images satellitaires (Mederbal, 1992 ; Bouazza, 1995). Tandis que le défrichement a pour origine l'extension de la céréaliculture qui a été fortement amplifiée par l'introduction de la mécanisation et des labours réalisés à l'aide de tracteurs équipés de charrues à disques. Cette mécanisation, inadaptée aux conditions écologiques de la steppe entraîne également la stérilisation des sols et favorisent le défrichement (El Zarev Wael *et al.*, 2009).

Le développement de l'agriculture et la cueillette d'alfa destinée à l'industrie papetière ont été pendant longtemps considérées comme les principales causes de régression de la steppe d'alfa (Slimani, 2012).

En outre, la végétation ligneuse a été surexploitée. La destruction des espèces ligneuses pour les besoins domestiques comme source d'énergie et autres usages divers (artisanat, brise vent, clôture...) est spectaculaire surtout en Afrique du nord et au Proche orient. Finalement, l'agressivité du climat, l'action combinée de l'eau et des variations thermiques sur le sol, l'alternance de gel et dégel, la sécheresse persistante depuis 1975 avec des extrêmes en 1984, 1989, 1997, 1990 et 1998 sont les principales causes naturelles de la désertification (El Zarev Wael *et al.*, 2009).

Les conséquences de ce processus se traduisent par la réduction des nappes alfatières de 1.200.000 ha à 417 000 ha (dont 65 000 ha de nappes exploitables), une réduction notable des disponibilités fourragères ne couvrant que 40% des besoins des cheptels, et conséquemment une précarité de l'élevage ovin illustrée par une difficulté d'entretien des cheptels existants. Ceci favorise la rupture de l'équilibre du système de l'organisation pastorale traditionnelle. Ce phénomène s'est accompagné avec d'autres problèmes socio-économiques comme la concentration des populations autour des agglomérations qui n'offrent pas des activités socio-

économiques suffisantes. Cela induit un déséquilibre entre l'infrastructure existante et les besoins de la population. Une autre conséquence visible est l'ensablement qui menace l'ensemble des infrastructures et surtout les réseaux routiers, les apports de sable permanents affectent considérablement le cadre de vie et son corollaire : le niveau de vie (El Zarev Wael *et al*, 2009).

L'équilibre social et biologique s'est trouvé fortement perturbé par l'intensification des besoins engendrés par la croissance démographique qui n'a pas été accompagnée par une création d'emplois suffisamment conséquente pour absorber la main-d'œuvre excédentaire par rapport aux besoins d'une exploitation raisonnable des parcours naturels (Bedrani, 1998).

4. Impact de la désertification dans la steppe

Le changement du couvert végétal et l'érosion de la biodiversité caractérisent l'évolution régressive de l'ensemble de la steppe. Des faciès de végétation cartographiés en 1978 ont complètement disparu et sont remplacés par d'autres qui sont indicateurs de dégradation tels que *Atractilys serratuloides*, *Peganum harmala*. Les faciès que l'on retrouve sont modifiés tant sur le plan de la densité du couvert végétal que sur le plan de leur valeur pastorale. Les productions pastorales fortement liées aux mesures de phytomasse et de valeurs énergétiques des espèces ont fortement diminué en raison de la disparition de la régression des espèces palatables telles que l'armoïse blanche. En 1978, 2/3 des parcours avaient un recouvrement supérieur à 25 % ; actuellement, seulement 1/10 présentent un recouvrement de cet ordre. Le seuil de 25 % a une signification biologique importante (Aidoud, 1989).

La population des steppes vit de l'élevage autour duquel elle a construit un mode de vie. La dégradation des parcours steppiques est porteuse de pauvreté et d'érosion socioculturelle. La croissance démographique dans ces régions a créé de nouveaux besoins et a provoqué de nouveaux rapports avec les ressources naturelles. Ce phénomène a provoqué la limitation des déplacements d'une grande partie des troupeaux, voire leur fixation. Les pasteurs ont modifié leur système de production en associant culture céréalière et élevage. La sédentarisation qui s'est produite sur des parcours qui ne sont pas aménagés et gérés en fonction des nouvelles conditions, accentue la dégradation des sols et de la végétation pérenne (Bedrani, 2006 ; Bessaoud, 2006).

Dans certaines régions, les sécheresses répétées de ces dernières années et la dégradation des parcours ont fini par chasser de leur habitat traditionnel la plupart des petits pasteurs et agro-pasteurs qui connaissent une situation de paupérisation rapide. Ils s'installent dans les villes chefs-lieux et les agglomérations avoisinantes, souvent dans des conditions de grande précarité, vu la faible efficacité des politiques de création d'emploi dans les zones urbaines steppiques.

5. Evolution de la désertification

Selon les Nations Unies (2006), la désertification touchait plus de 480 millions de personnes et menaçait 30 % de la superficie des terres émergées. Ce phénomène en expansion (24 milliards de tonnes de sols fertiles disparaissent chaque année), menace à plus ou moins court terme la subsistance d'environ un milliard de personnes, généralement parmi les plus pauvres du monde, dans plus d'une centaine de pays. L'ampleur est telle qu'au cours de la dernière décennie du XXe siècle, 400 000 km² de sols cultivables ont disparu définitivement...

Les pays dit « en développement » ne sont pas les seuls touchés. Aux Etats-Unis, plus de 30 % des sols sont en voie de désertification, le Sud du Canada, aux fragiles prairies naturelles, est de plus en plus un paysage dénudé qui, par endroits, ne laisse voir que désolation et tristesse. En Europe de l'Ouest, des pays comme l'Espagne risquent de voir plus d'un cinquième de leur territoire se transformer en désert. L'Australie détient le record mondial du pourcentage de sols couverts de déserts et de zones plus ou moins arides, avec 75 % de sa superficie atteinte (MEA, 2005).

Le Millennium Ecosystem Assessment (2005) s'attend à ce que la croissance démographique et la demande croissante de nourriture entraînent une expansion et une intensification de la culture des terres dans les zones sèches. Si aucune mesure n'est prise, la désertification dans les zones sèches compromettra des gains futurs en termes de bien-être humain et entraînera peut-être même des pertes de gains acquis dans certaines régions.



CHAPITRE II

Présentation de la zone d'étude



1. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude se trouve près du village de Ben Hamed, dans la commune de Taâdmit (Wilaya de Djelfa), elle se localise dans le Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya à 65 Km environ. Son élévation varie de 1200 à 1300 m.

Limites géographiques de la zone d'étude :

- Longitude : $2^{\circ}50''$ et $2^{\circ}51''$ Est ;
- Latitude : $34^{\circ}23''$ et $34^{\circ}25''$ Nord.

La commune de Taâdmit est limitée (Fig. 2) :

- Au Nord par la commune de Ben Yagoub ;
- Au Sud par la commune de Sidi Makhlouf et la commune de Deldoul ;
- A l'Est par la commune De Ain El Ibel ;
- A l'Ouest par la commune de Douis.

Le choix de cette zone s'est fait sur la base de la dégradation apparente de la végétation et du sol qu'elle subit depuis plusieurs années. Aussi, sur la base de la stratification des deux formations végétales : une forêt naturelle de Pin d'Alep sur le relief et le parcours sur glacis (dont une partie est mise en défens).

La mise en défens de Menkeb Ben Hamed, a été créée en 2002 par le HCDS, elle s'étale sur une superficie de 3370 ha.

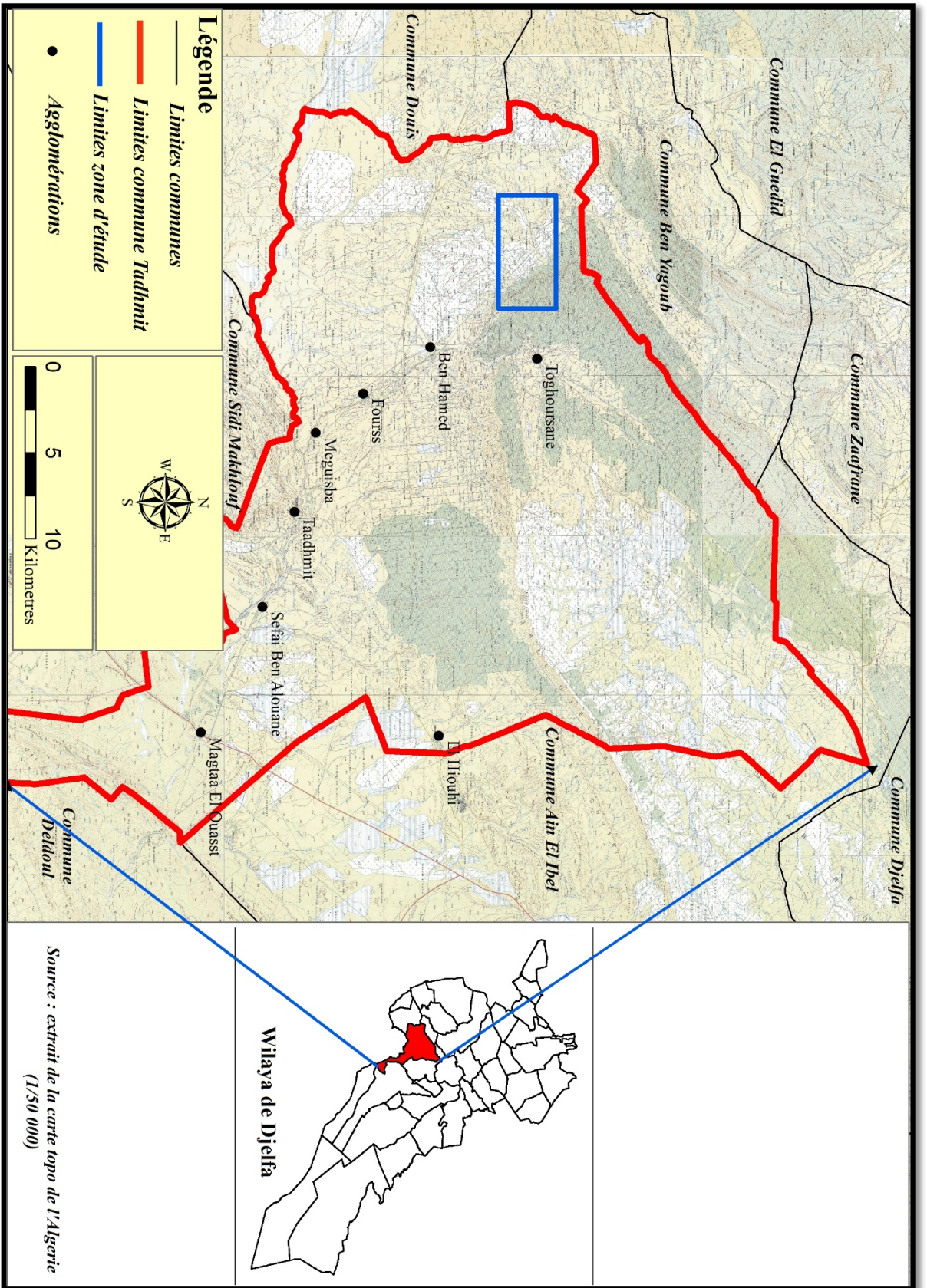


Figure 2 : Carte de la localisation de la zone d'étude (carte topo de l'Algérie modifiée).

2. Géologie

La carte géologique (Fig. 3) nous permet de distinguer trois affleurements dans la commune de Taâdmit :

- Le crétacé supérieur (cénomaniens CN et turonien CT) ;
- Le crétacé inférieur (faciès marin CI et continentale CIC) ;
- Le tertiaire (miocène pontien MP) et le quaternaire continental (alluvions, regs, terrasses).

2.1. Descriptions des terrains sédimentaires

- **Le cénomaniens (CN) :** présent au Nord et au Sud de la commune, il se compose de calcaire, de calcaire dolomitique, de calcaire marneux, de marnes et d'argiles gypseuses.
- **Le crétacé inférieur (CI, CIC) :** il occupe une grande partie du Sud de la commune.
- **Le miocène pontien (MP) :** il est composé par un dépôt de marne argileux ou sable argileux. Il est surtout visible au Nord-ouest et à l'extrême nord de la commune.
- **Les alluvions du quaternaire :** ils se trouvent sur les Oueds et leurs terrasses, tels que les dépôts limoneux sableux, les dépôts lacustres et les graviers. Ces alluvions sont situées au Nord-Est de la commune.

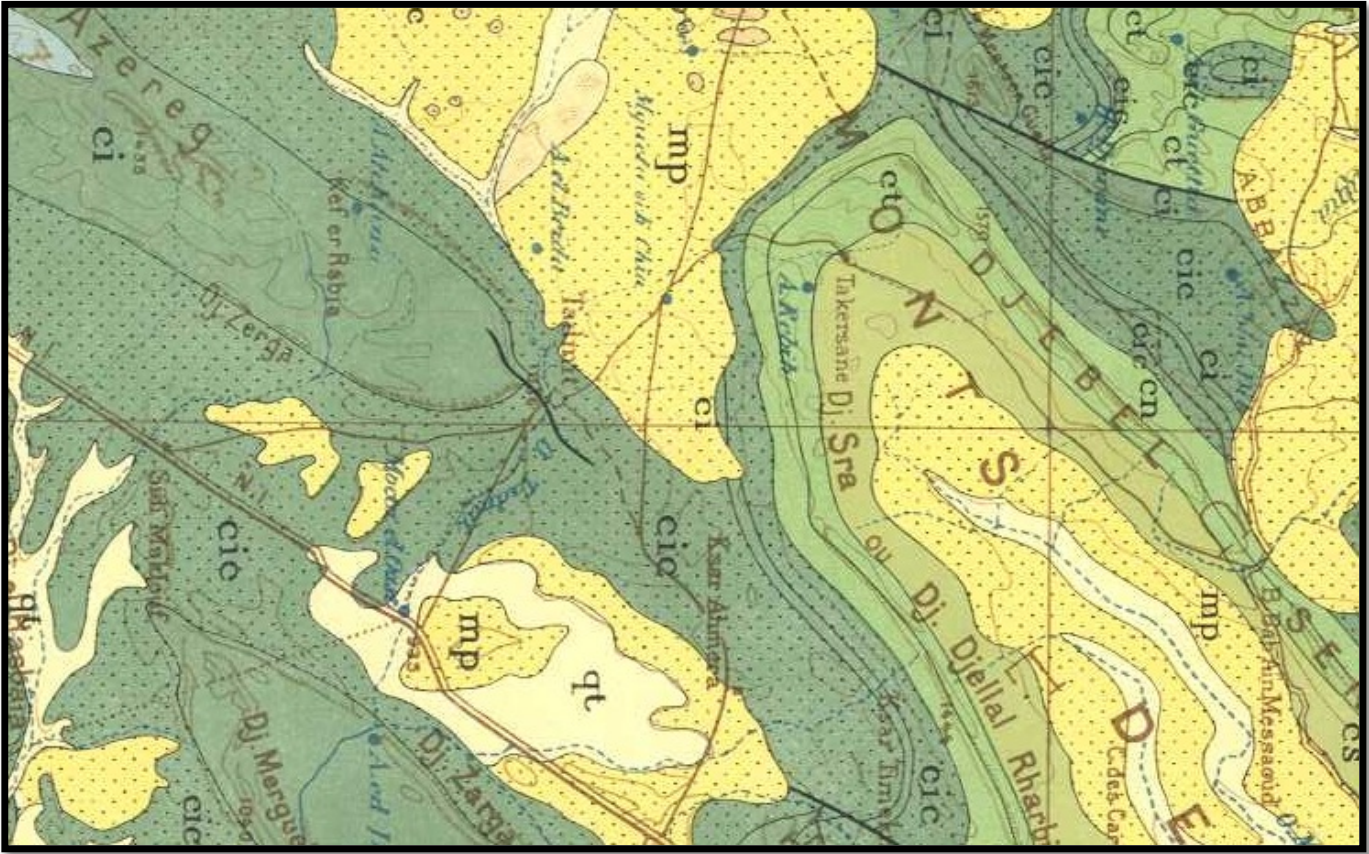


Figure 3 : Carte géologique de Taadmit extraite de la carte géologique de l'Algérie au 1/500 000.

qt Quaternaire continental: alluvions, pegs, terrasses

mp Pontien (localement équivalent du mc)

es Cretacé supérieur marin
 ose Cretacé supérieur continental
 esm Cretacé supérieur marin non subdivisé
 em Cretacé moyen (marin ou lagunaire)
 en Cretacé moyen (obsoletemment en Cénomannien)

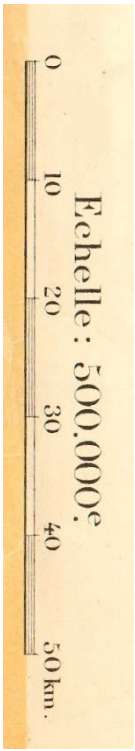
e Cretacé marin non subdivisé

c Cretacé inférieur

ci facies marins normaux

cir " " " " " " " " " " " "

etc " " " " " " " " " " " "



Le Calcaire friable est le type de roche le plus dominant dans la commune, avec 56.85% (Fig. 4), contrairement aux calcaires dolomitiques durs et grès qui sont les moins présents (0.05%).

Tableau I : Superficies des affleurements géologiques (Taâdmit).

Calcaires dolomitique durs	5979,31
Calcaire friable	52601,41
Croûtes calcaires	20043,77
Calcaires dolomitique durs + Alluvions et sables	44,69
Calcaires dolomitique durs + Grés	11711,24
Grés + Croûtes calcaires	2143,90
Total	92524,32 Ha

Source : B.N.E.D.E.R. (2007)

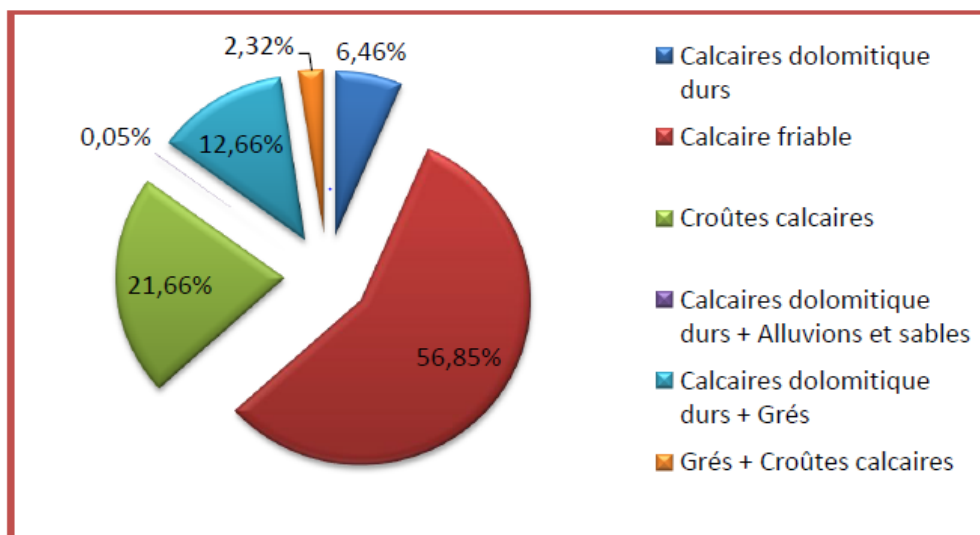


Figure 4: Répartition des dominations par type de roche.

3. Sols

D'après une analyse physico-chimique réalisée à partir des sols de Taâdmit, ceux-là ont été classés en quatre types (Ziani et Ladouri, 2010) :

- Sols xériques à accumulation calcaire ;
- Siérozems encroûtés ;
- Sols peu évolués d'apport alluvial ;
- Sols minéraux bruts.

Notre zone d'étude appartient à la classe des sols xériques à accumulation calcaire. Les sols de cette classe ont des profondeurs réduites de 10 à 25 cm où les racines des plantes se confrontent à un horizon calcaire plus ou moins dur et compact. Les sables fins sont plus abondants dans ces sols par rapport aux autres éléments et le taux de matière organique est très faible.

Ces observations sont confirmées par nos propres analyses physico-chimiques faites dans la zone d'étude.

4. Climat

Le climat correspond à la distribution statistique des conditions atmosphériques dans une région donnée pendant une période de temps donnée. Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution des êtres vivants (Faurie *et al.*, 1980).

En milieu aride les mêmes variables de bases sont utilisées pour la synthèse bioclimatique à savoir : les précipitations (mensuelles et annuelles) et les températures (maximales, minimales et moyennes). Ce sont leurs variabilités qui nous intéressent le plus.

Vu l'absence de station météorologique dans la commune de Taâdmit, nous avons utilisé les données fournies par celle de Djelfa, car c'est la plus proche de notre zone d'étude. La différence d'altitude n'est significative pour justifier des corrections climatiques.

Les données climatiques utilisées s'étalent sur une période de 30 ans (1984-2013).

4.1. Précipitations

Selon Ramade (1984), les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale. La quantité annuelle des précipitations conditionne en grande partie les biotopes continentaux. La pluviométrie a une influence importante sur la flore et sur le comportement des espèces animales. Sa variabilité est un facteur déterminant d'aridité. La figure suivante représente cette variabilité sur 30 ans.

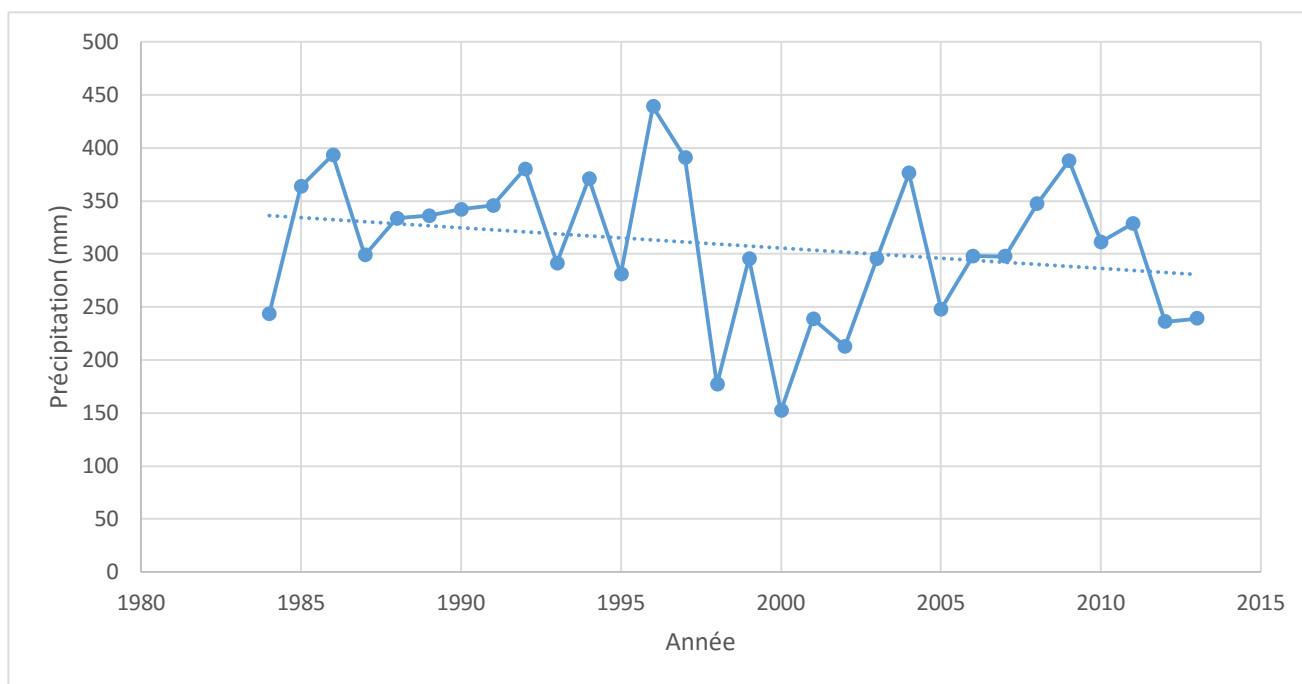


Figure 5 : Variations interannuelles des précipitations (1984 – 2013).

L'analyse de cette courbe (Fig. 5) indique la faiblesse des précipitations annuelles, elles sont inférieures à 400 mm sauf l'année 1996 avec 440 mm. Les précipitations sont irrégulières d'une année à l'autre mais tendance à la baisse se dégage.

La figure suivante (Fig. 6) représente les variations mensuelles des pluies représentatives de la zone d'étude.

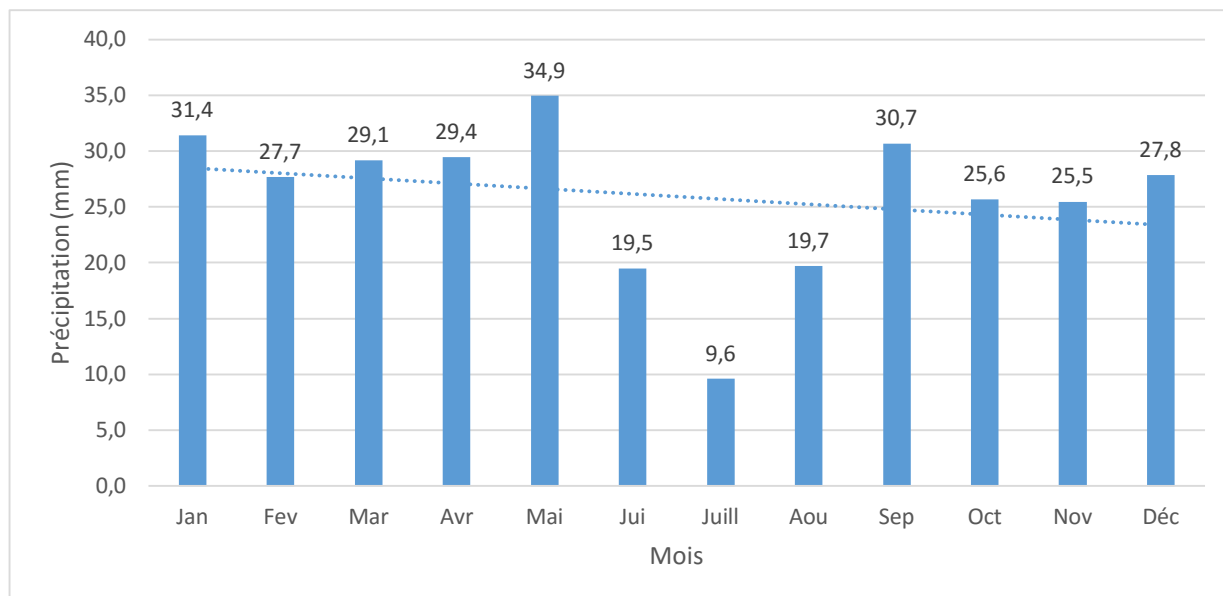


Figure 6 : Variation annuelle des précipitations (1984 – 2013).

L'analyse de ces hauteurs de pluie permet de voir que le maximum des pluies est atteint en Mai et le minimum en Juillet. La tendance durant l'année est à la baisse. Ces hauteurs peuvent changer d'une année à l'autre.

4.2. Températures

La température caractérise les régions par son influence sur la faune et la flore et aussi sur d'autres facteurs climatiques comme les précipitations.

Dans un milieu en désertification, c'est la variabilité de la température qui conditionne les périodes sèches et augmente l'effet de la dégradation.

La figure suivante (Fig. 7) synthétise les données de températures représentatives de notre zone d'étude.

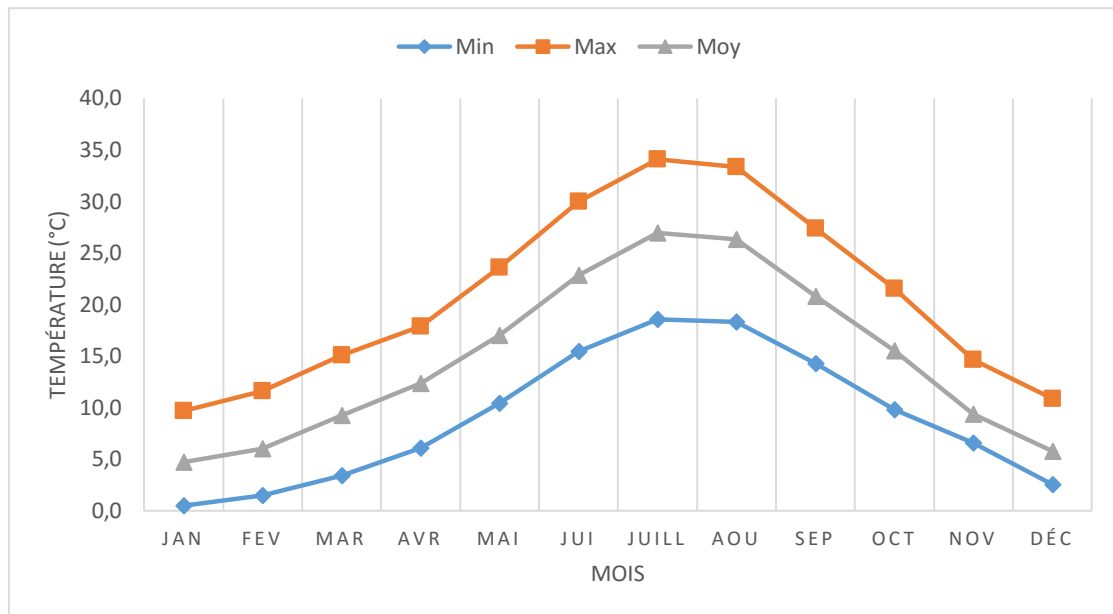


Figure 7 : Variations mensuelles des températures maximales, minimales et moyennes (1984 – 2013).

L'observation des fluctuations des températures révèle leur continentalité, elles sont très basses en hiver et très élevées en été.

Le mois de Janvier est le plus froid avec des températures minimales de 0.5 °C tandis que le mois de Juillet est le plus chaud avec des maximales de 34 °C environ.

4.3. Vents

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. Il exerce une grande influence sur les êtres vivants (Ramade, 1984). Le vent est caractérisé par sa vitesse et sa direction. Il joue un rôle écologique important.

Les vents dominants dans la région de Djelfa sont ceux du Nord, ils sont généralement froids.

Le Sirocco vent chaud, sec et desséchant venant du Sahara contribue grandement à la dégradation des parcours, il souffle du Sud en saison chaude.

Le tableau II montre que la vitesse moyenne maximale des vents, pour la période de 1984 à 2013, est de 4.5 m/s ce qui vaut 16 km/h, calculé pour le mois d'avril, tandis que la vitesse minimale, est de 2.9 m/s l'équivalent de 10 km/h, calculé pour les mois d'Août et de septembre.

Tableau II : Variation mensuelles de la vitesse des vents (1984 – 2013).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vents (m/s)	3,8	3,9	4,2	4,5	4,1	3,5	3,2	2,9	2,9	3,0	3,4	3,9

4.4. Synthèse climatique

4.4.1. Régime climatique

Le régime saisonnier représente le calcul des quantités de pluies de chaque saison ; hiver, été, printemps et automne. D'après (Aidoud, 1989), les pluies d'hiver contribuent à maintenir l'humidité d'un sol alors que les pluies du printemps interviennent en phase de croissance, et même les précipitations d'automne ont un rôle important dans le cycle biologique annuel.

D'après le tableau suivant, notre régime saisonnier de la région de Djelfa est de type P.H.A.E.

Tableau III : Régime saisonnier de la région de d'étude (1984 – 2013).

Saison	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)	Type de régime saisonnier
La region de Djelfa	87.24	94.29	39.88	81.46	P.H.A.E

4.4.2. Diagramme Ombrothermique

Le Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données de précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (Dajoz, 2003).

Bagnouls & Gausson (1953) définissent la saison sèche comme étant l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P = 2T$). La lecture est faite directement sur le graphique.

Pour la région d'étude la période sèche est de 5 mois (de Mai jusqu'à Octobre). (Fig.8).

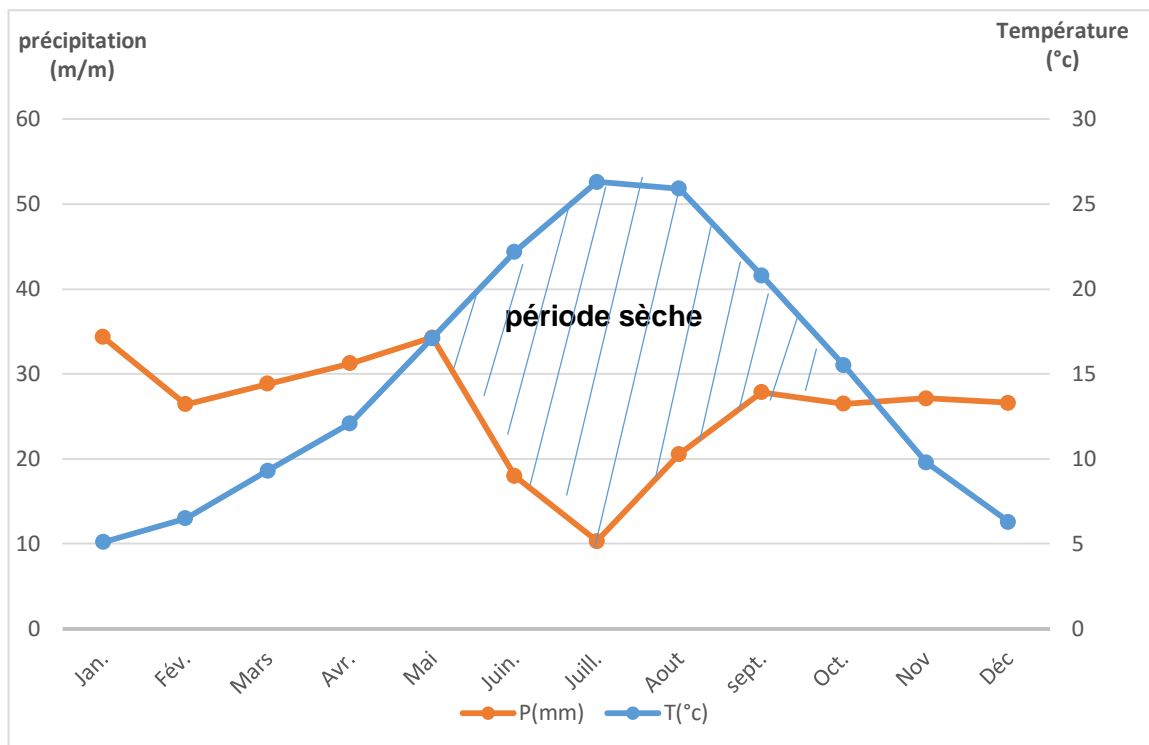


Figure 8 : Diagramme ombrothermique (Bagnouls & Gausson) de la zone d'étude pour la période allant de 1984 à 2013.

4.4.3. Quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique : C'est le quotient qui synthétise le mieux les conditions bioclimatiques d'une zone donnée, et qui intègre les paramètres thermiques (M , m) et le paramètre hydrique P (mm) ; par l'application de la formule d'Emberger.

$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{\frac{M + m}{2} \times (M - m)}$$

Cette Formule est simplifiée par STEWART (1969) :

$$Q_3 = \frac{3,43 \times P}{M - m}$$

P = Précipitation moyenne annuelle en mm ;

M = Maxima des températures moyennes mensuelles en °C ;

m = Minima des températures moyennes mensuelles en °C.

Par son application on obtient le résultat suivant :

$$Q_3 = 3.43 \times 311.87 / (34.10 - 0.42) = 31.76$$

Par projection de la valeur de Q_3 sur le Climagramme d'Emberger (Fig. 9), on peut déterminer l'étage bioclimatique, et sa variante en projetant la valeur de la température minimale:

La région de Djelfa se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais.

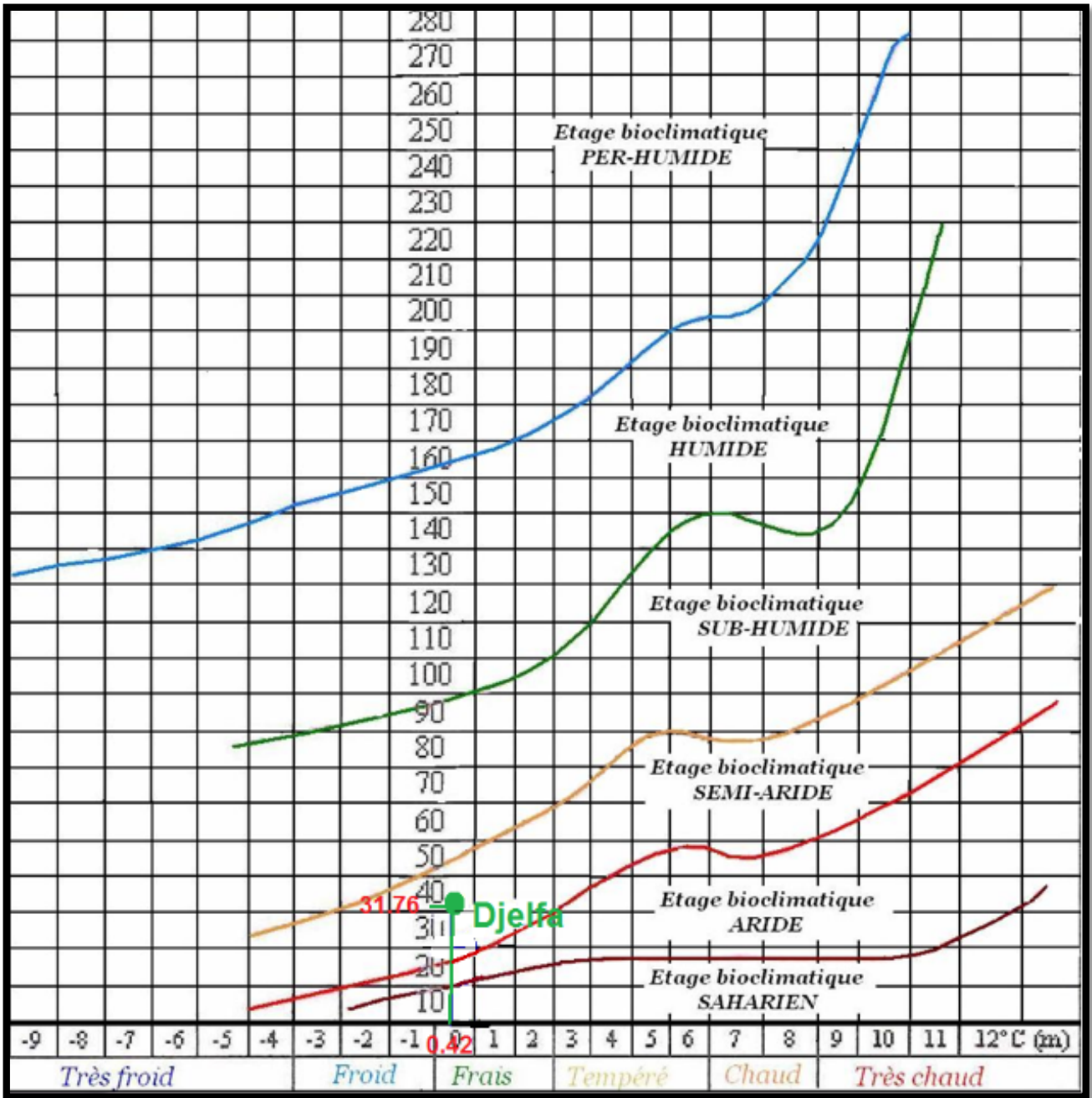


Figure 9 : Climagramme d'Emberger.

5. Végétation

La végétation présente dans la région de Menkeb Ben Hamed est composée comme suit :

- Dans le reboisement au Nord de la zone on trouve essentiellement les essences du Pin d'Alep ;
- En mise en défens la formation végétale dominante est celle de l'Alfa, en association avec l'Armoise blanche et le sparte ;
- En terrain pâturé seule l'alfa domine.

La famille des Astéracées contribue le plus au couvert végétal avec 6 espèces en mise en défens et 8 espèces au niveau du parcours suivi respectivement par : les Labiacées, les Brassicacées et les Cistacées en terrain protégé, alors qu'en terrain pâturé ce sont les Brassicacées que nous trouvons le plus. La plupart des familles restantes dans les deux stations sont représentées par deux ou une seule espèce (Khodja, 2011).



CHAPITRE III

Méthodologie



1. Choix des placettes et dispositif expérimental

Pour effectuer notre étude, le choix s'est porté sur une région en dégradation. En effet, cette région est la plus indiquée pour notre objectif d'étude car son écosystème subit de fortes pressions d'origine naturelle et anthropique.

Ainsi, partant de ce postulat, nous avons choisi Menkeb Ben Hamed comme zone d'étude, elle présente les particularités suivantes :

- Forte dégradation dû au surpâturage essentiellement et à la rigueur des conditions climatiques ;
- Hétérogénéité de la zone, d'Est en Ouest on trouve un reboisement puis une mise en défens et enfin le parcours ;
- La facilité d'accès grâce à l'existence d'une voie carrossable.

Pour notre étude, nous avons adopté un échantillonnage systématique (le transect en ligne) qui est le plus adapté aux particularités de la zone d'étude et à notre objectif, il a été effectué en juin 2013 après une période à caractère pluvieux. Cette année-là, il a plus jusqu'à la fin du mois de Mai mais de façon irrégulière. Donc la période choisie est propice pour déceler les effets de la désertification (Jauffret, 2001).

Nous avons retenus 10 placettes d'échantillonnage le long d'un transect Nord-Est Sud-Ouest qui couvre bien toute la zone. L'équidistance entre les placettes est de 300 mètres (Fig.10)

La première placette est au niveau du reboisement tandis que les placettes n°2 à 9 sont au niveau de la mise en défens et la dernière se situe en parcours.

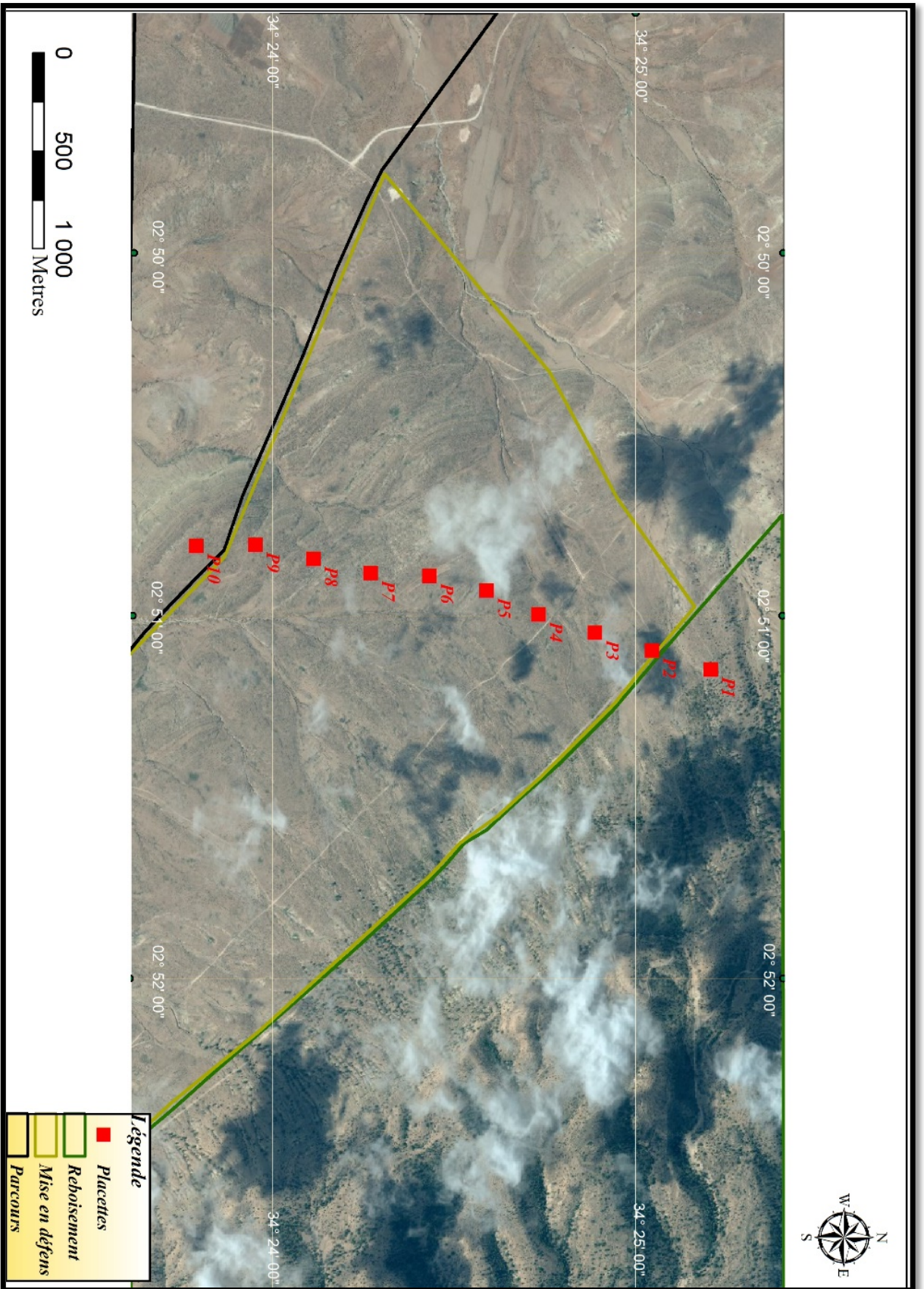


Figure 10 : Carte représentant le transect d'échantillonnage dans la zone d'étude (Source : ArcGIS World Imagery , 2014).

Chaque placette d'échantillonnage s'étale sur 100 m² de surface (10 m de côté), à l'intérieur de chacune d'elle, nous avons réalisé des relevés floristiques et prélevé un échantillon du sol pour analyses physico-chimiques.

2. Matériels utilisés

Afin de mener à bien notre étude nous avons utilisé le matériel suivant :

- Un GPS de marque Carmin avec enregistrement d'itinéraire et des points, utilisé aussi pour le calcul de l'altitude et des distances entre les placettes ;
- 4 piquets en fer et un ruban pour la mise en place des placettes ;
- Ruban mètre pour le calcul des courtes distances, la profondeur du sol ainsi que la hauteur et le diamètre de l'alfa et l'armoise blanche ;
- Des fiches techniques pour inscrire les informations liées à chaque placette et des formulaires préétablis pour y noter les observations (lectures) faites à l'intérieur de chacune d'entre elles (voir l'annexe) ;
- Des sachets en papier pour les espèces non identifiées sur place ;
- Des sachets en plastique numérotés pour y mettre échantillon du sol ;
- Les outils nécessaires pour creusé le sol : un petit marteau et un ciseau.

3. Définitions et méthodes de mesures

Dans cette partie, sont expliquées les notions liées aux mesures effectuées sur le terrain et au laboratoire ainsi que les analyses statistiques appliquées aux données qualitatives et quantitatives.

3.1. Relevés floristiques

Pour étudier la végétation d'une communauté donnée, un échantillonnage rigoureux et représentatif est nécessaire, il se fait en écologie grâce à l'aire minimale.

3.1.1. Aire minimale

L'estimation de l'aire minimale pour l'étude d'une communauté donnée reste toujours une question délicate, elle doit être suffisante, « ni trop petite (échantillon incomplet), ni trop grande (perte d'efficacité ou disproportion) » (Gounot, 1969).

En effet, « une surface trop petite rendrait le relevé fragmentaire et non représentatif, puisqu'il ne contiendrait qu'une partie limitée du cortège floristique habituel de la communauté considérée. A contrario, une surface trop grande rendrait le relevé hétérogène, avec le risque de

contenir une proportion trop importante d'espèces des individus d'association adjacents » (Gillet, 2000).

Concrètement, Gillet *et al.* (1991) soutiennent qu'il s'agit « d'une surface minimale à partir de laquelle une aire-échantillon peut être considérée comme statistiquement représentative, c'est à dire renfermer une proportion suffisante (au moins 80 %) des espèces de son ensemble spécifique maximal. »

Bien que l'aire minimale peut être estimée à l'aide de la courbe aire-espèce, elle est très rarement utilisée (Gillet, 2000). En effet, Bouxin (2008) rajoute « il semble bien que l'utilisation de la courbe aire-espèces ne soit pas une méthode valable de définition de l'aire minimale et, d'autre part, il n'est même pas certain que la courbe aire-espèces présente une asymptote horizontale. Cette courbe aire-espèce ne nous donne en fait qu'une estimation de la richesse floristique (ou de la diversité si l'on préfère). »

Concernant spécifiquement la steppe algérienne, Djebaili (1978) utilise « une aire minimale égale à 100 m² pour l'ensemble de la steppe ». C'est ce que nous avons retenu pour notre échantillonnage comme aire minimale.

3.1.2. Relevés systématiques

Pour notre échantillonnage nous nous sommes inspirés de la technique des points quadrats (Gounot, 1969). Elle a été utilisée plusieurs fois dans la steppe algérienne pour l'analyse de la structure de la végétation et des caractères de la surface du sol (Aidoud, 1983 ; Nedjraoui, 1990 et Slimani, 1998).

Usuellement, une ligne est utilisée en diagonale de la placette (aire minimale) d'une longueur donnée où chaque 10 cm ou plus on fait une « lecture » de façon systématique pour atteindre au moins 100 lectures. A la place de cette ligne nous avons adopté un « pas » de 1 m environ (90 cm) et cela de façon à quadriller la totalité de la surface de la placette pour atteindre 100 lectures (Fig. 11).

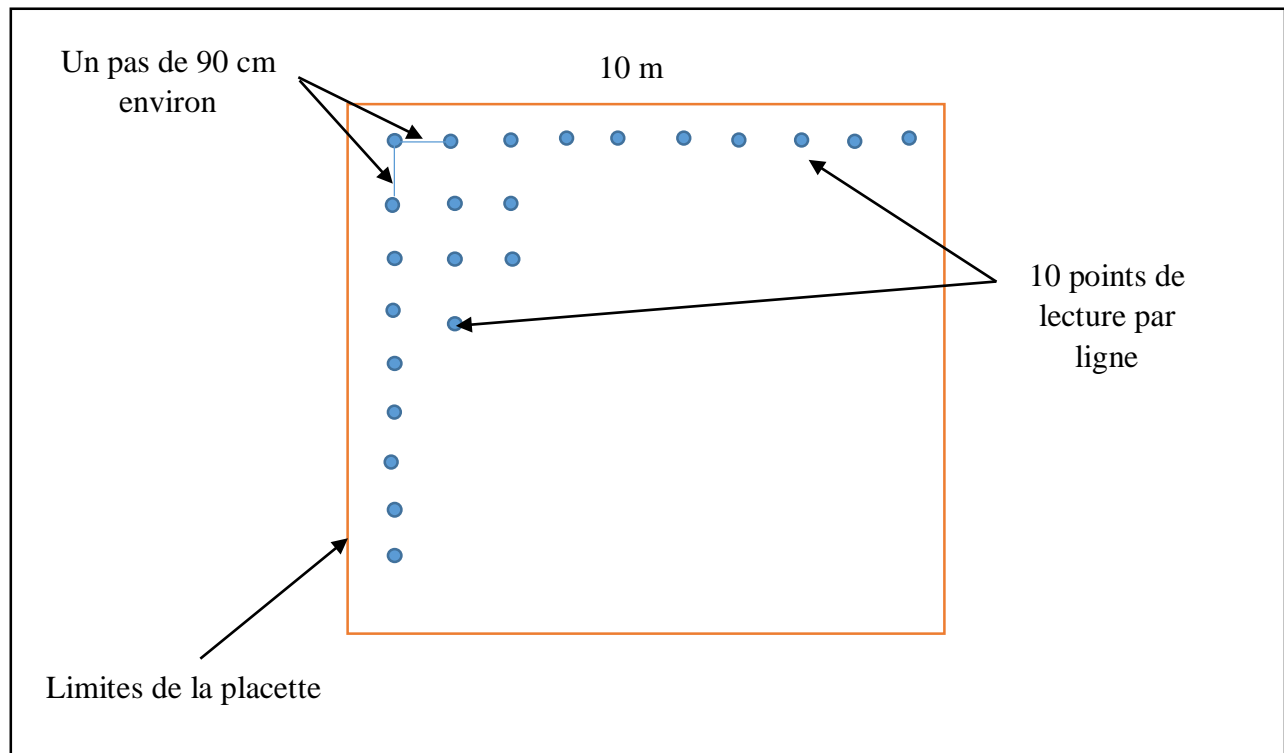


Figure 11 : Schéma représentant notre méthode de relevés systématiques.

L'utilisation de cette variante du relevé linéaire est motivée par la relative hétérogénéité de la zone d'étude bien que la géomorphologie générale est un glacis, le faciès diffère d'Est en Ouest (forêt naturelle puis mise en défens et enfin parcours) et ainsi la structure spatiale des espèces tantôt en dispersion tantôt en groupe (Khodja, 2011). Ainsi on espère avoir atteint la représentativité d'une façon plus prononcée lors de nos échantillonnages.

Nonobstant, ces données (lectures) sur la végétation et sur les caractères de surfaces nous permettent toujours d'évaluer l'état de la végétation et d'appliquer nos analyses statistiques.

3.1.3. Synthèse des données

Des tableaux synthétisant tout notre échantillonnage sont créés sous le tableur Excel sous sa version la plus récente (2013), facilitant l'utilisation des relations et autres indices pour l'étude d'une communauté végétale.

Les analyses multivariées quant à elles, se font grâce un logiciel libre d'accès : Past dans sa dernière version à ce jour (3.06) et Statistica version 8.

3.1.4. Caractères qualitatifs de l'analyse de la végétation

3.1.4.1. Détermination de la flore

La détermination des espèces annuelles prélevées se fait à posteriori du terrain grâce à l'utilisation notamment de la nouvelle flore de l'Algérie de Quezel et Santa (1963) ainsi que quelques sites internet comme Tela-Botanica et Sahara-Nature.

Cette détermination nous permet d'étudier la diversité biologique dans le groupement végétal sous-entendu par-là richesse floristique et par extension la richesse des familles.

3.1.4.2. Diversité des espèces et équitabilité

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. Deux principaux indices ont été développés : l'indice de Shannon-Wiever, et l'indice de Simpson.

Grâce à l'étude de la réponse de ces indices à des variations de populations virtuelles, Peet (1974) les a classés en deux catégories :

- l'indice de Shannon dans les indices de type I, sensibles aux variations d'importance des espèces les plus rares ;
- l'indice de Simpson dans les indices de type II, sensibles aux variations d'importance des espèces les plus abondantes.

➤ **Indice de Shannon-Wiever (H')** et **indice d'équitabilité de Piélou (J')**

L'indice de Shannon-Wiever est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et al, 1992). Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i$$

Où :

P_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $P_i = n_i/N$;

S = nombre total d'espèces ;

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon ;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

La base du logarithme utilisée est la base 2 (la plus courante).

L'indice de Shannon-Wiener permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance).

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Pielou :

$$J' = H' / H'_{max}$$

Où :

$H'_{max} = \log S$ (S = nombre total d'espèces).

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équi-répartition des individus dans les espèces).

➤ **Indice de Simpson et indice de diversité de Simpson**

Cet indice a été proposé par Simpson en 1965. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce.

Pour un échantillon infini, l'indice est donné par :

$$\lambda = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Pour un échantillon fini :

$$L = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Où :

P_i = proportion des individus dans l'espèce i ;

N_i = nombre d'individus dans l'espèce i ;

N = nombre total d'individus.

L'indice est inversement proportionnel à la diversité. De ce fait, une autre formulation a été proposée afin d'établir un indice directement représentatif de l'hétérogénéité en retranchant l'indice de Simpson à sa valeur maximale : 1 (Piélou, 1969 ; Pearson et Rosenberg, 1978). Cette nouvelle formulation constitue l'indice de diversité de Simpson :

$$\tilde{D} = 1 - \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N - (N - 1)}$$

Cet indice varie donc de 0 (diversité minimum) à 1 (diversité maximum). Il est accompagné d'un indice d'équitabilité exprime la façon suivante :

$$\text{Equitabilité} = \frac{D - D_{\min}}{D_{\max} - D_{\min}}$$

$$\text{Équitabilité} = D/D_{max}$$

Où :

D = valeur de l'hétérogénéité mesurée dans la population échantillonnée

D_{min} et D_{max} = valeurs minimum et maximum possibles pour le nombre d'espèce et la taille de l'échantillon considéré.

Cet indice d'équitabilité permet d'exprimer la dominance d'une espèce lorsqu'il tend vers 0, ou la codominance de plusieurs espèces lorsqu'il tend vers 1.

3.1.4.3. Diversité des familles

La diversité des espèces à elle seule est parfois insuffisante pour bien illustrer la diversité biologique, regrouper les espèces en un taxon supérieur est très pertinent pour avoir une idée plus globale de la diversité au sein d'un groupement végétal.

Le taxon « famille » est utilisé pour analyser la diversité biologique au niveau qualitatif ainsi que son importance au niveau quantitatif.

3.1.4.4. Types biologiques

C. Raunkiaer était un botaniste scandinave qui proposa une classification des types biologiques pour les végétaux, en grande partie fondée sur le mode de protection de leurs bourgeons face au froid et à l'enneigement.

À défaut d'être cohérente, voire utilisable, cette classification existe et de nombreux ouvrages ou auteurs y font référence.

Raunkiaer (1904) décrivait cinq types biologiques :

- **les phanérophytes** qui sont des arbres ou des arbustes dont les bourgeons se trouvent en hiver très au-dessus de la couche de neige (cela valait pour la Scandinavie), c'est-à-dire à plus de 25 à 40 cm au-dessus du sol et qui assurent la protection de leurs bourgeons contre le froid en les entourant dans des enveloppes ;

- **les chaméphytes** qui sont des arbustes de moins de 50 cm de hauteur et censés se retrouver, en hiver, sous la couche de neige protectrice... Les bourgeons des chaméphytes sont aussi protégés par des enveloppes ;
- **les hémicryptophytes** dont les bourgeons, au ras du sol, sont enfouis dans des rosettes de feuilles (pissenlits, plantains, iris, etc.) ;
- les géophytes dont les bourgeons sont souterrains (plantes dont les tiges souterraines sont des rhizomes, des tubercules ou des bulbes) ;
- **Les thérophytes** ou plantes annuelles qui survivent à l'hiver sous forme de graines. Aucune précision n'est apportée, par exemple, sur la dépense énergétique que consent une plante à la production de graines, certaines en fabriquant des centaines, voire des milliers, d'autres quelques-unes seulement.

3.1.5. Caractères quantitatifs de l'analyse de la végétation

3.1.5.1. Mesure du recouvrement global

Le recouvrement global qui est, selon de Gounot (1961), un indicateur de l'état de la végétation, se calcule de par la formule suivante :

$$RG(\%) = 100 \times \frac{N_v}{N}$$

En tenant compte des points sans végétation :

$$RG(\%) = 100 \times \frac{N - N_{sv}}{N}$$

Où :

N = nombre de points de lecture variant entre 100 et 200,

N_v = nombre de point de végétation ;

N_{sv} = nombre de point sans végétation.

3.1.5.2. Mesure de la fréquence spécifique et du recouvrement

Selon Daget et Poissonet (1971), la fréquence spécifique absolue est le nombre des points où une espèce donnée a été rencontrée (pour un nombre défini de point d'observation).

La fréquence absolue exprimée en pourcent (%) est la fréquence spécifique centésimale, elle peut être considérée comme recouvrement si le nombre de points échantillonnés est supérieur à 100.

La fréquence spécifique F_s pour une espèce i :

$$F_{si}(\%) = 100 \times \frac{n_i}{N}$$

n_i = nombre de points où une espèce i a été notée ;

N = nombre de points de lecture variant entre 100 et 200.

3.1.5.3. Mesure de la contribution spécifique

La contribution spécifique est le rapport exprimé en pourcent (%) entre la fréquence spécifique centésimale d'une espèce et la fréquence centésimale de toutes les espèces, elle introduit la participation de l'espèce au couvert végétal.

La contribution spécifique C_s pour une espèce i :

$$C_{si}(\%) = 100 \times \frac{n_i}{\sum n_i}$$

3.1.5.4. Coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet

Selon Claude (2011) : « pour caractériser un milieu, on se contente pas de faire le relevé des essences rencontrées. Toutes les plantes n'ont en effet pas la même importance. Si le nombre d'individu est un critère de représentation, le développement de chaque espèce dans le milieu doit également être pris en considération. Un pied de chêne par exemple exerce dans un groupement végétal plus d'impact qu'un pied de graminée. Il est donc nécessaire de chiffrer ces caractères d'ordre quantitatif. »

« Aussi affect-t-on à chaque espèce de plante un coefficient qui tient compte de l'abondance de la plante et de son importance dans le milieu, il s'agit du coefficient d'abondance-dominance défini par *Braun-Blanquet*. »

L'échelle de Braun-Blanquet va du signe + à la valeur 5 :

- + Nombre d'individu et degré de recouvrement très faibles (1 ou 2 pieds) ;
- 1 Espèce peu ou assez abondante mais à degré de couverture faible ;
- 2 Espèce à nombre d'individus abondant, couvrant environ 1/5 du relevé soit 20 % de la surface ;
- 3 Nombre quelconque d'individus couvrant entre 1/4 et la moitié de la surface ;
- 4 Nombre quelconque d'individus couvrant entre la moitié et 3/4 de la surface ;
- 5 Espèce numériquement prédominante et occupant plus 3/4 de l'espace.

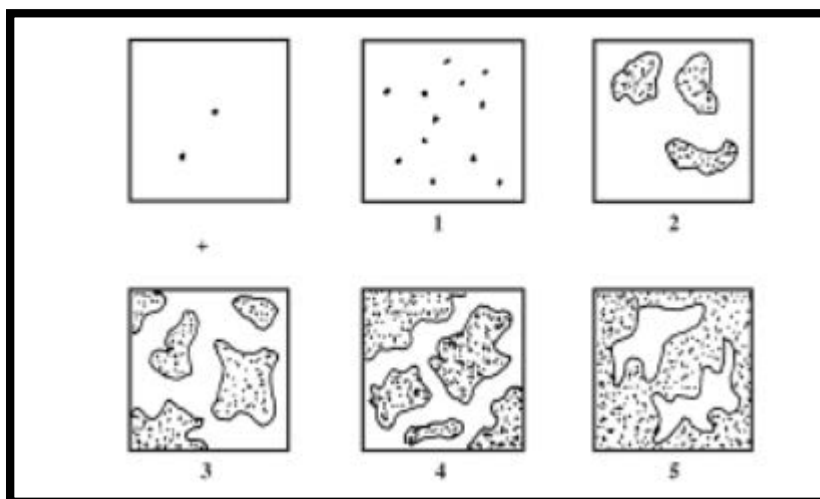


Figure 12 : Echelle d'abondance-dominance défini par Braun-Blanquet (Claude, 2011).

3.1.5.5. Coefficient de sociabilité

« Comme dans une population animale, les individus d'une même espèce végétale se « supportent » plus ou moins bien. Aussi les individus ne se regroupent-ils pas tous de la même façon. Ils semblent obéir à des lois sociales différentes suivant qu'ils sont serrés les uns contre les autres ou bien dispersés en pied isolé. » (Claude, 2011).

Cette sociabilité se traduit également par un coefficient défini dans une échelle à 5 chiffres proposé par *Braun-Blanquet* :

- 1 Les individus sont isolés ;
- 2 Les individus sont en touffes ;
- 3 Les individus sont groupés en touffes ou en coussinets ;
- 4 Les individus forment des colonies ;
- 5 Les individus forment des populations presque pures.

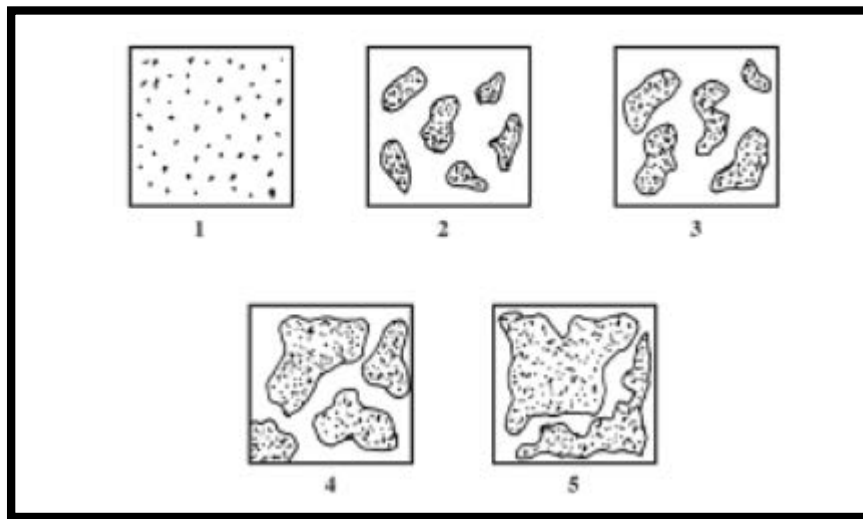


Figure 13 : Echelle de sociabilité d'après Braun-Blanquet (Claude, 2011).

3.2. Relevés et analyses pédologiques

3.2.1. Relevés pédologiques

Les relevés pédologiques sont effectués dans chaque placette du transect.

Quelques observations sont faites sur place notamment :

- La mesure de la profondeur du sol qui est calculée jusqu'à un niveau limitant (la croûte de calcaire dans notre cas ou la roche mère) ;
- L'état de la surface du sol.

Les analyses chimiques et physiques des échantillons du sol sont faites au laboratoire pédologique du Haut Commissariat au Développement de la Steppe (H.C.D.S) à Djelfa suivant les méthodes préconisées par Clément et Françoise (2003).

3.2.2. Analyses pédologiques

Les analyses chimiques et physiques des échantillons du sol se sont portés sur l'humidité, l'acidité effective, l'acidité titrable, la matière organique, le calcaire total et calcaire actif, la conductivité électrique et enfin la texture.

3.2.2.1. Mesure de l'humidité du sol

L'humidité du sol est la quantité d'eau contenue dans celui-ci. Elle est mesurée par rapport à la quantité de terre sèche contenu dans ce sol, et est exprimé en % (g H₂O/100g terre fraîche).

$$\text{Humidité (H)} = \frac{\text{Poids de l'eau}}{\text{poids de la terre sèche}} \times 100$$

Après un séchage à l'air libre pendant trois jours, les échantillons sont pesés puis séchés à 105°C pendant 15h, puis pesés une deuxième fois pour déterminer l'humidité.

3.2.2.2. Mesures du pH-eau et du pH-KCL

Le pH se mesure avec un pH-mètre.

Principe :

On constitue une suspension de sol dans l'eau (pH-eau) ou dans l'eau + KCL (pH-KCL) dans laquelle on mesure le pH, c'est-à-dire la concentration en ions H⁺ à l'état dissocié, dans le liquide surnageant.

3.2.2.3. Dosage du carbone organique

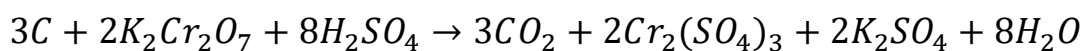
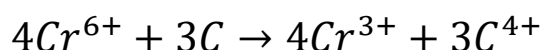
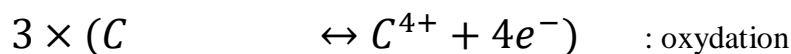
Principe :

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique.

Le carbone organique (C.O.) est estimé à 58% de la matière organique (M.O.) d'où :

$$\% C.O. \times 1,724 = \% M.O.$$

La méthode de détermination du carbone organique est basée sur l'oxydation de ce dernier par le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide sulfurique (source de chaleur).



L'excès de bichromate non réduit est titré par une solution de sel de Mohr (sulfate ferreux) en présence d'un indicateur coloré, le diphénylamine.

3.2.2.4. Dosage du calcaire total méthode par titration en retour

Principe :

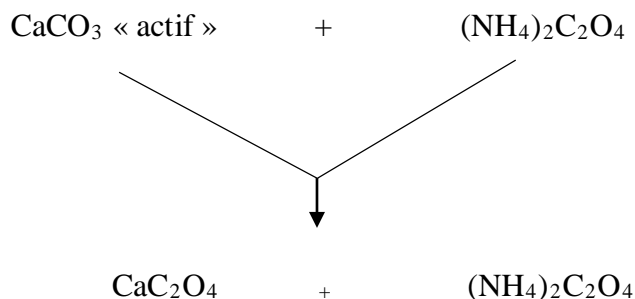
L'échantillon de terre est attaqué par un volume en excès d'acide chlorhydrique, pour décomposer les carbonates. L'acide en excès restant est ensuite déterminé par titrage de la solution préalablement débarrassée de la terre, par une solution basique. La différence représente l'acide utilisé pour la décomposition des carbonates. En réalité, l'acide est neutralisé par toute base présente dans le sol (par ex. dolomie ou $CaCO_3$, $MgCO_3$) mais le résultat est exprimé en équivalent $CaCO_3$.

3.2.2.5. Dosage du calcaire actif

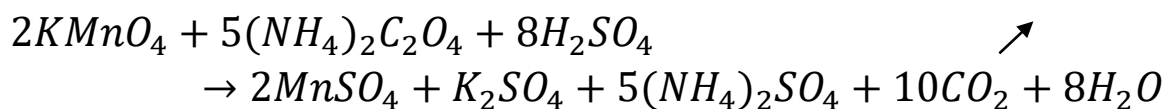
Principe :

Alors que pour la détermination du calcaire total, on utilise une réaction violente et totale, on pratique ici une réaction modérée qui n'intéresse que les particules calcaire les plus fines ou les surfaces des particules plus grossières, d'où l'importance du respect des conditions conventionnelles d'agitation.

Pour le dosage du calcaire actif on utilise la propriété du calcium de se combiner aux oxalates pour donner de l'oxalate de calcium insoluble (Drouineau, 1942).



L'excès de solution d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.



Actuellement, dans la plupart des laboratoires spécialisés, on opère la réaction du calcaire actif selon la méthode dite Drouineau-Galet (1956) couvrant une plage allant de 0 à 35 % de calcaire actif.

3.2.2.6. Dosage de la salinité totale

Principe :

Le dosage de la salinité se fait par le biais de la conductivité d'une solution de sol, elle est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance électrique) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions, porteurs de charges électriques, augmentent.

En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée en mmho.cm^{-1} ou dS.m^{-1} (mmho = millimho, S = Siemens) à une température de 25 °C.

3.2.2.7. Granulométrie

D'après le site du Laboratoire Agronomique de Normandie (LANO, 2015) : Les particules minérales constituant d'un sol peuvent être isolées, triées et classées suivant leur taille. C'est le principe de l'analyse granulométrique. Les limites de différentes classes de taille sont conventionnelles et sont choisies en fonction de l'objectif de connaissance.

En agronomie, les limites de classes et leurs dénominations sont les suivantes, l'analyse portant sur la seule fraction de terre fine du sol, soit les éléments de taille inférieure à 2mm. Les éléments grossiers n'entrent pas dans la composition granulométrique d'un sol cultivé.

Tableau IV : Dénominations des classes granulométriques agronomiques et limites

DENOMINATIONS EN 5 CLASSES	ARGILE	LIMONS FINS	LIMONS GROSSIERS*	SABLES FINS	SABLES GROSSIERS
LIMITES DE TAILLE EN μm	< 2	2 à 20	20 à 50	50 à 200	200 à 2000
DENOMINATIONS EN 3 CLASSES	ARGILE	LIMONS totaux		SABLES totaux	
LIMITES DE TAILLE EN μm	< 2	2 à 50		50 à 2000	

L'analyse granulométrique du sol, complétée par d'autres analyses de caractérisation du sol (pH, matière organique, CEC,...), et des observations de terrain (pierrosité, profondeur exploitable, état d'assainissement...), permet de caractériser le sol et de comprendre son fonctionnement. La répartition des différentes fractions granulométriques permet de classer le sol dans une classe de texture, qui définit certains paramètres de comportement physiques, de rétention en eau utile, de capacité à stocker les éléments fertilisants, de risques de pertes par lessivage...

L'analyse granulométrique est réalisée suivant une méthode bien précise. Après séparation de la terre fine (fractions inférieures à 2mm) des éléments grossiers (graviers, cailloux, blocs), et destruction des ciments organiques par l'action de l'eau oxygénée, la terre fine est dispersée dans l'eau additionnée d'un agent dispersant. Les particules vont ensuite lentement sédimenter en fonction de leur taille et de la température de l'eau. Des prélèvements à différents pas de temps permettent de « récupérer » les particules restant en solution. Cette méthode permet de déterminer les valeurs en argile et limons fins. Les fractions plus grossières,

sables grossiers, sables fins et limons grossiers sont déterminées par tamisage, après lavage des fractions fines déterminées par sédimentation. La somme de ces 5 fractions granulométriques minérales est égale à 100%.

En sols calcaires, il peut être opportun de procéder à une destruction préalable des ciments calcaires et calciques par attaque acide forte, en sus de la destruction des ciments organiques. Le résultat est différent, particulièrement dans les sols sur calcaires tendres, car les éléments calcaires fins ne sont plus pris en compte.



CHAPITRE IV

Résultats et discussions



1. Etude de la végétation

Selon le Houérou (1995), les steppes arides nord-africaine sont d'une homogénéité apparente, mais cachent une grande hétérogénéité dans le détail.

L'étude de la biodiversité est donc primordiale pour avoir une meilleure connaissance de notre patrimoine steppique et son état actuel. Son étude passe, dans notre cas, par le diagnostic des groupements végétaux, par leurs caractères qualitatifs et quantitatifs ainsi que les analyses multivariées.

1.1. Caractères qualitatifs

1.1.1. Composition floristique

Nous avons recensé à Menkeb Ben Hamed 38 espèces végétales, chaque espèce lui a été assigné un code (Annexe 1).

1.1.2. Composition des familles

A Menkeb Ben Hamed, nous avons rencontré 16 familles végétales : 6 familles sont représentées par une seule espèce chacune (Annexe 2); Les *Asteraceae* et les *Poaceae* sont les mieux représentées avec 9 et 4 espèces respectivement, ce qui représente 24 et 11 % du recensement des espèces (Fig.14).

Cette composition floristique est tout à fait commune en steppe aride algérienne (Le Houérou, 1995).

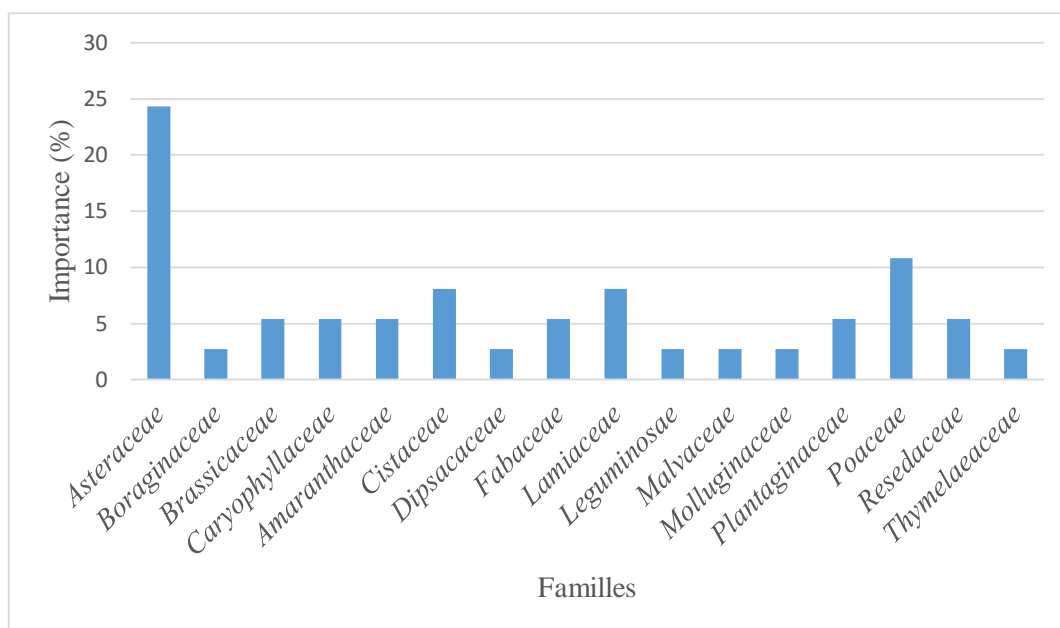


Figure 14 : Importance des familles dans les relevés.

1.1.3. Types biologiques

Les espèces rencontrées dans notre zone d'étude appartiennent à trois types biologiques distincts : les hémicryptophytes, les chaméphytes et les thérophytes (Annexe 3).

L'étude du spectre biologique brut (Fig. 15) montre que la plupart des espèces rencontrées sont des thérophytes, qui « assurent leur cycle biologique complet, de la germination à la chute des graines, en une seule saison de végétation » (Daget et Poissonet, 1997). Les thérophytes passent l'été sous forme de graine coïncidant avec la période sèche de la zone d'étude.

En effet, Jauffret (2001) affirme que « la thérophytie est un moyen adopté par les plantes pour passer les périodes défavorables du cycle biologique dans un état de résistance représenté par la graine, qui assure la protection et la survie. »

Il semble qu'il existe une relation entre les précipitations et le taux des thérophytes. Les saisons pluvieuses, permettent aux thérophytes de réaliser leur cycle de vie en quelques mois voir quelques semaines. C'est en adéquation avec Aidoud (1983) et Nedjraoui (1990) qui estiment que la richesse floristique dépend essentiellement des espèces annuelles présentes au moment de l'exécution du relevé.

D'après Jauffret (2001), le taux de thérophytes et son augmentation dans le temps pourrait servir d'indicateur d'aridification des conditions climatique.

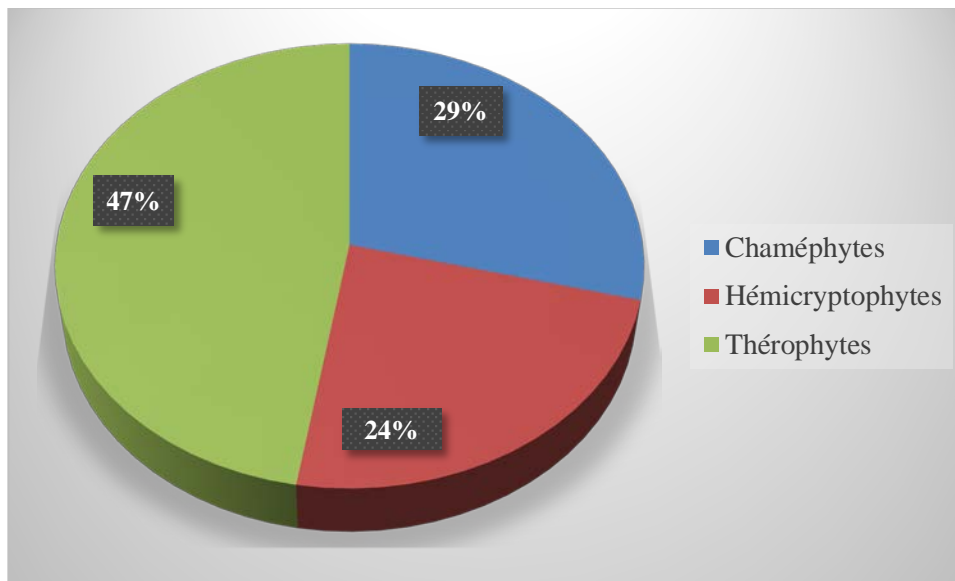


Figure 15 : Le spectre biologique brut des espèces rencontrées.

1.1.4. Diversité des espèces et équitabilité

Le tableau suivant présente les résultats de l'indice de Shannon-Wiever (H'), l'indice d'équitabilité de Pielou (J') et l'indice de diversité de Simpson (D') des placettes, à noter que la base du logarithme utilisée lors des calculs est 2.

Tableau V : Résultats quantitatifs de la diversité floristique à Menkeb Ben Hamed.

	P 01	P 02	P 03	P 04	P 05	P 06	P 07	P 08	P 09	P 10
H'	1,597	1,97	1,752	1,555	2,153	2,162	1,296	1,911	1,056	0,619
J'	0,891	0,822	0,761	0,675	0,866	0,843	0,623	0,797	0,508	0,447
D	0,753	0,789	0,745	0,707	0,853	0,838	0,579	0,775	0,438	0,295

D'après le tableau, les placettes 05 et 06 sont les plus diversifiées avec des valeurs supérieures à 2 pour l'indice de Shannon-Weiver, et supérieur à 0.8 pour l'indice de Simpson. Leurs équitabilités supérieures à 0.8 traduisent une codominance des espèces relativement prononcée. Ces deux placettes sont au « cœur » de la mise en défens.

Les placettes 02 et 08 sont un peu moins riches avec des valeurs de H' très proches de 2, et aux alentours de 0.7 pour les valeurs de D', et des équitabilités relativement élevées qui traduisent une codominance des espèces dans ces placettes.

Les placettes 01, 03 et 04 sont moyennement riches en espèces avec des valeurs de H' qui avoisinent 1.5, et 0.7 pour D' avec des équitabilités relativement élevées sauf la placette 04 qui a une valeur moyenne de 0.7. L'Armoise et le Sparte codominent dans cette dernière.

Enfin les placettes 07, 09 et 10 sont les moins diversifiées avec des valeurs pour l'indice de Shannon-Wiever très proches de 1, et de 0.5 pour la placette 10, l'indice de diversité de Simpson le confirme. En effet, l'hétérogénéité diminue fortement surtout dans la placette 10. Les valeurs des équitabilités de ces placettes sont tout juste moyennes ce qui se traduit par la dominance d'une espèce qui est l'Alfa, qui résiste mieux aux aléas climatiques et aux pâturages (l'Alfa est beaucoup moins appréciée que les annuelles).

D'après ces observations, une tendance se dégage le long de notre transect Nord-Est Sud-Ouest, plus on se dirige vers la mise en défens et plus la diversité augmente, ce qui est tout à fait logique, puisque au Nord on trouve une forêt naturelle et une mise en défens où le pâturage y est interdit. Vers le Sud de ce périmètre, il y a de plus en plus d'irrégularités qui sont commises par les éleveurs qui n'hésitent pas à profiter de la richesse offerte par la mise en défens. A ce titre, nous avons observé plusieurs traces de pacage dans les placettes en périphérie de la mise en défens notamment les placettes 01, 02, 09 et 10.

1.2. Caractères quantitatifs

1.2.1. Richesse floristique

Les listes floristiques de nos placettes révèlent leurs richesses respectives. Le tableau suivant présente le nombre d'espèces par placette.

Tableau VI : Richesse floristique des différentes placettes.

Placette	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Nbr espèce	6	11	10	10	12	13	8	11	8	4

En examinant le tableau ci-dessus, toutes les placettes semblent pauvres en espèces végétales, avec un maximum de 13 espèces pour la placette 06.

1.2.2. Recouvrement global

Le recouvrement global nous renseigne sur l'état de la végétation et donc sur le niveau de dégradation (ou d'érosion), bien qu'il est calculé à partir des observations faites sur les placettes, il ne tient compte en fait que de la présence/absence de la végétation (présence de celle-ci par rapport au sol nu, litière, ... etc.) et non pas du recouvrement réel de la partie aérienne des plantes projetée sur le sol, cela sera estimé (subjectivement) par le recouvrement des espèces. Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus du recouvrement global (RG) de chaque placette.

Tableau VII : Recouvrement global de la végétation par placette.

Placette	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
RG (%)	36	35	40	45	43	31	57	38	35	24

L'étude du tableau montre que la placette 07 est la plus recouverte par la végétation avec près de 60 % de recouvrement global malgré sa très grande pauvreté au niveau de la richesse floristique. Ce recouvrement est dû principalement la dominance de l'Alfa qui est très bien préservée dans à la mise en défens.

Les placettes 03, 04 et 05 sont recouvertes de 40 à 45 %, c'est relativement bien au vu de la pauvreté des placettes. La mise en défens est un outil viable contre la dégradation des sols.

Les placettes 01, 02, 06, 08, et 09 quant à elles sont moins recouvertes que les précédentes, ceci est dû au fait que nous nous trouvons à la périphérie de la mise en défens, et cela se ressent à l'augmentation de la pression anthropique, surpâturage essentiellement et quelques labours au Sud-ouest de la zone d'étude.

Enfin, la placette 10 présente le recouvrement global de la végétation le plus faible avec tout juste le quart de la placette (24 %), elle se situe en plein parcours steppique là où la pression atrophique est la plus accentuée. C'est l'Alfa qui domine malgré un état des touffes très dégradées.

1.2.3. Fréquence et recouvrement spécifique

La fréquence spécifique est calculée pour chaque placette, ensuite pour donner une estimation des fréquences spécifiques dans la zone d'étude, nous calculons la moyenne pour chaque espèce.

Le recouvrement de chaque espèce est déduit grâce aux fréquences spécifiques (nombre de points de lectures supérieur à 100) et aux observations faites sur le terrain.

La figure 16 montre que *Stipa tenacissima* est la plus présente avec une moyenne de 14.1%, sa fréquence maximale est enregistrée dans la placette 10 qui est la plus dégradée avec un taux de 30 %. L'alfa est la plus résistante des plantes steppiques rencontrées.

Plantago albicans, *Lygeum spartum* et *Artemisia herba-alba* ont respectivement des moyennes de 2.7 %, 3.8 % et 5.7 % avec des maximums enregistrés de 14 %, 18 % et 24 % dans les placettes 04 et 06 qui sont à l'intérieur de la mise en défens. *Plantago albicans* est la seule annuelle.

Les autres espèces, toutes des annuelles, ont une fréquence spécifique moyenne égale ou inférieure à 1 %, leur fréquences maximales varient de 1 à 5 % selon l'emplacement des placettes. La mise en défens joue un rôle majeur dans l'apparition des espèces dans une communauté végétale malgré les aléas climatiques propres à la région steppique.

En ce qui concerne le recouvrement spécifique, on peut affirmer de façon subjective (observations sur le terrain) que *Stipa tenacissima* recouvre le mieux avec un taux de 50 à 60%, suivie par *Artemisia herba-alba* avec un taux de 25 à 30 %. Les autres espèces couvrent au mieux 10 % à l'intérieur de la mise en défens seulement.

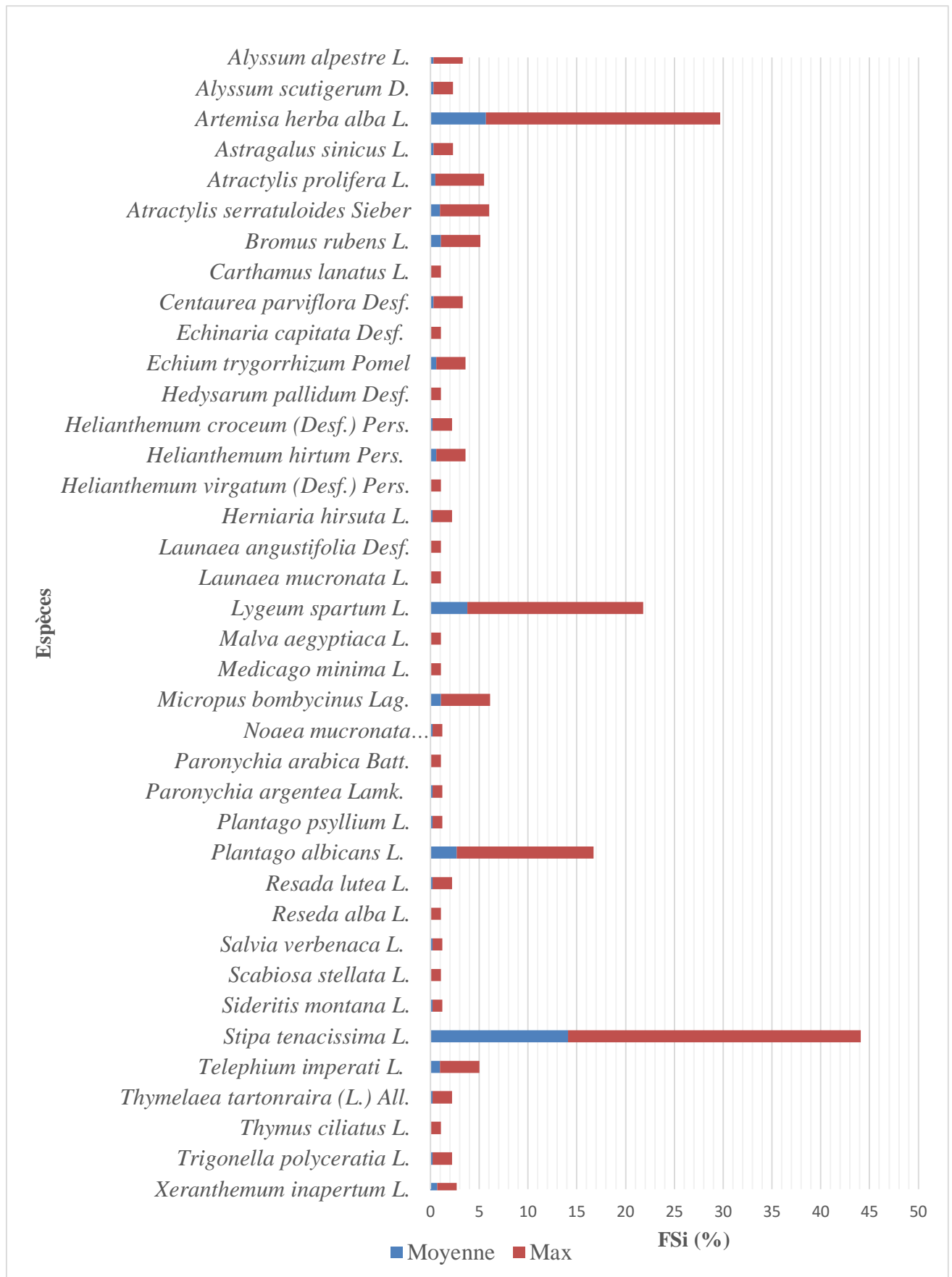


Figure 16 : Fréquences spécifiques moyennes et maximales dans la zone d'étude.

1.2.4. Contribution spécifique

La figure 17 représente la contribution spécifique globale dans la zone, son étude permet de faire ressortir les espèces qui contribuent le plus au couvert végétal. C'est sans surprise qu'on trouve que les espèces qui ont les fréquences les plus élevées sont celles qui contribuent le plus au couvert végétal.

Stipa tenacissima semble être la plus influente, avec près de 40 % de contribution suivie par *Artemisia herba-alba*, *Lygeum spartum* et *Plantago albicans* avec respectivement 15, 10 et 7 %, les autres espèces contribuent avec moins de 3 % au couvert végétal.

Notre communauté végétale est essentiellement à Alfa qui suivant la nature du terrain laisse place à l'armoise notamment à la périphérie Nord de la mise en défens. Le Sparte, lui est toujours en association soit avec l'Alfa, soit avec l'armoise.

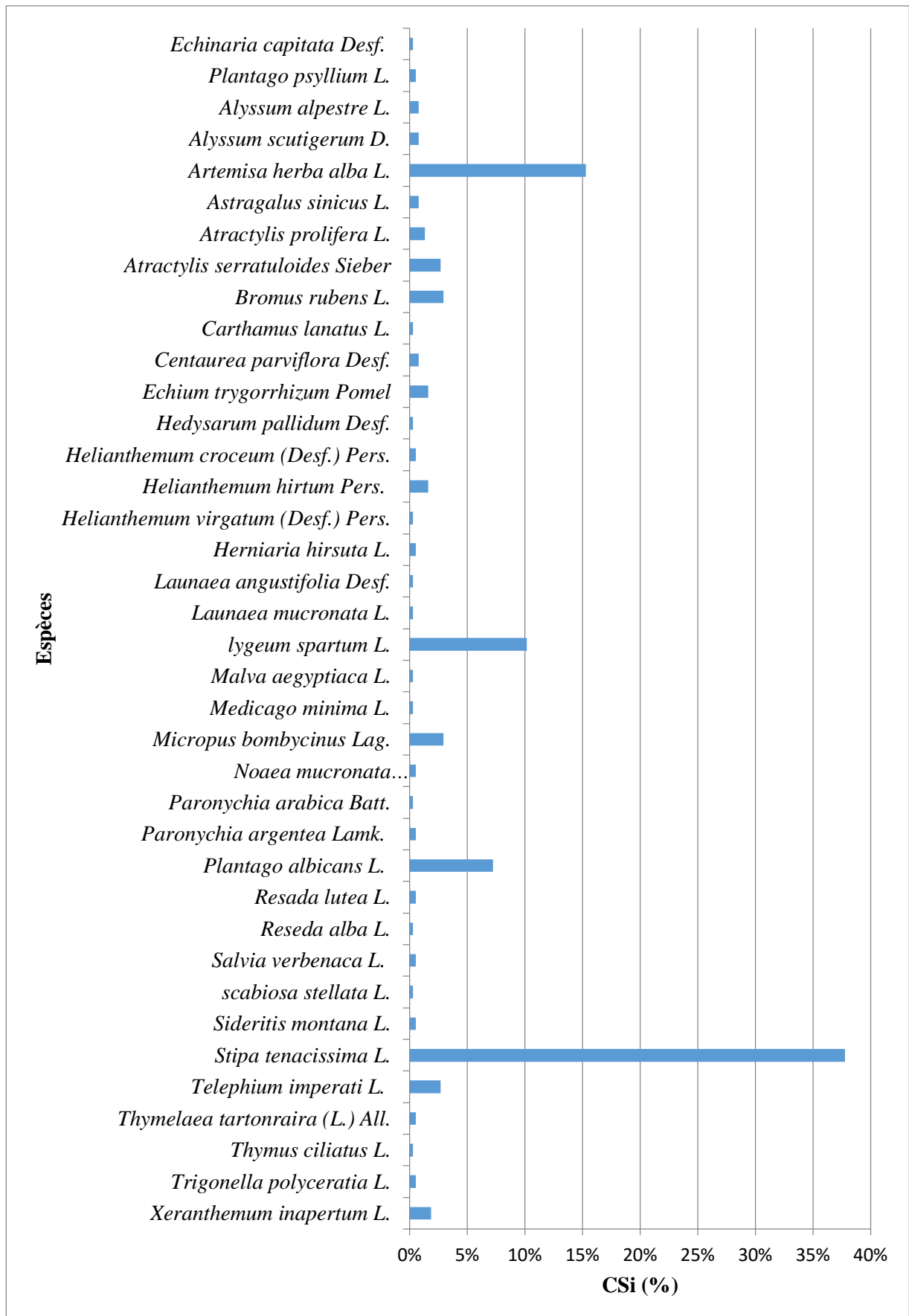


Figure 17: Contribution spécifique de la zone d'étude.

1.2.5. Abondance-dominance et sociabilité

Nous remarquons à la lumière du tableau (Annexe 4) que *Stipa tenacissima* est la plus abondante, son coefficient varie de 3 à 5 dans les placettes 1, 3, 7, 8, 9 et 10 et son coefficient de sociabilité est tout aussi élevé, qui varie de 3 à 4 ce qui veut dire que la plupart du temps l'Alfa forme des colonies.

L'armoise blanche enregistre un coefficient d'abondance-dominance de 3 et 5 dans les placettes 2 et 4 là où l'Alfa est très peu abondante, sa sociabilité est élevée avec une valeur de 4, elle forme des colonies. Dans les autres placettes, soit l'Armoise est absente soit elle enregistre des valeurs des coefficients faibles de l'ordre de 1.

Le Sparte quant à lui a un coefficient d'abondance très faible avec des valeurs égales ou inférieures à 1 de même que son coefficient de sociabilité. Cependant, la placette 4 enregistre une valeur relativement élevée de 3 et une sociabilité de 1, c'est-à-dire des individus isolés, cette faible valeur de la sociabilité s'explique par la forte abondance de l'Armoise blanche qui domine dans cette placette.

Les autres espèces qui sont toutes des annuelles ont des valeurs très faibles d'abondance-dominance avec une sociabilité qui se résume à quelques individus isolés, même parfois un seul pied par placette. Néanmoins, *Plantago albicans* est la plus abondante parmi les annuelles avec un coefficient de 2, et un coefficient de sociabilité de 2 aussi observé dans la placette 6, ce qui prouve une nouvelle fois que cette espèce est plus résiliente en milieu dégradé.

1.2.6. Espèces communes et espèces exclusives

Le tableau VIII synthétise les données sur les espèces communes à plusieurs placettes ainsi que les espèces exclusives.

Tableau VIII : Espèces communes et espèces exclusives suivant les placettes.

Cumul de placettes	Espèces
9 placettes	<i>Stipa tenacissima</i> L.
7 placettes	<i>Lygeum spartum</i> L.
6 placettes	<i>Artemisa herba alba</i> L., <i>Telephium imperati</i> L.
5 placettes	<i>Micropus bombycinus</i> Lag.
4 placettes	<i>Xeranthemum inapertum</i> L., <i>Helianthemum hirtum</i> Pers., <i>Plantago albicans</i> L.
3 placettes	<i>Bromus rubens</i> L., <i>Atractylis serratulooides</i> Sieber, <i>Echium trygorrhizum</i> Pomel.
2 placettes	<i>Atractylisprolifera</i> L., <i>Astragalus sinicus</i> L., <i>Alyssum scutigerum</i> D., <i>Plantago psyllium</i> L., <i>Paronychia argentea</i> Lamk., <i>Salvia verbenaca</i> L., <i>Sideritis montana</i> L., <i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. & Schweinf
1 placette	<i>Alyssum alpestre</i> L., <i>Herniaria hirsuta</i> L., <i>scabiosa stellata</i> L., <i>Launaea angustifolia</i> Desf., <i>Trigonella polyceratia</i> L., <i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers., <i>Thymus ciliatus</i> L., <i>Reseda alba</i> L., <i>Medicago minima</i> L., <i>Carthamus lanatus</i> L., <i>Malva aegyptiaca</i> L., <i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers., <i>Reseda lutea</i> L., <i>Launaea mucronata</i> L., <i>Thymelaea tartonraira</i> (L.) All., <i>Echinaria capitata</i> Desf., <i>Hedysarum pallidum</i> Desf., <i>Paronychia arabica</i> Batt., <i>Centaurea parviflora</i> Desf.

Le tableau ci-dessus montre que *Stipa tenacissima* est la plus commune, elle apparaît dans 9 placettes, suivie par le *Lygeum spartum* dans 7 placettes. *Artemisa herba alba*, et *Telephium imperati* dans 6 placettes. Ces espèces-là sont les plus communes dans notre région d'étude mais pas forcément les plus abondantes.

On dénombre 19 espèces exclusives à une placette, elles sont très peu abondantes, représentées parfois par un seul individu, elles n'ont pratiquement pas d'importance dans le couvert végétal mais elles ont le mérite d'exister et sont très importantes dans la biodiversité malgré la dégradation que subit la région d'étude.

2. Pédologie

L'étude des caractères édaphiques est essentielle et nous renseigne directement sur l'état de notre patrimoine steppique.

Généralement les sols steppiques sont pauvres et squelettiques et leurs profondeurs varient sous l'influence d'une roche mère calcaire.

A Menkeb Ben Hamed tous les sols présentent des croûtes ou éclats de calcaire. Nous avons aussi observé une charge caillouteuse plus ou moins importante dans les placettes limitant la mise en défens.

2.1. Profondeur des sols

La mesure de la profondeur du sol s'est faite jusqu'à un niveau limitant, dans notre cas c'est la croûte calcaire.

Le tableau suivant présente la profondeur (Pr) de chaque sol de chaque placette (P).

Tableau IX : Profondeurs des sols de chaque placette.

Placette	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
Pr (cm)	9,5	24,3	23	21	16,5	26,5	13,5	19	11	20

Nous remarquons que la placette 01, qui se trouve en plein forêt, est la moins profonde avec 9.5 cm, elle est limitée très rapidement par un encroûtement calcaire. Les placettes qui se trouvent à l'intérieur de la mise en défens présentent des sols plus profonds, variant de 19 à 26.5 cm, à l'exception de la placette 09 dont le sol est de très faible profondeur (11 cm), cette valeur peut être expliquée par, d'un côté, la présence d'un petit ruisseau très proche de la placette qui favorise l'érosion hydrique du sol lors des pluies, et de l'autre côté par le pâturage qui diminue le couvert végétal.

2.2. Humidité

L'humidité du sol (ou eau contenue dans le sol) détermine de façon essentielle la variation des caractéristiques de différents matériaux ou sols.

Le tableau suivant présente les mesures de l'humidité relative H de chaque placette P.

Tableau X: Humidité relative des sols des différentes placettes.

Placette	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
H (%)	7,27	5,36	6,68	6,12	9,4	6,06	9,64	8,18	10,12	7,9

Nous remarquons que l'humidité des sols à Menkeb ben Hamed varie de 5.36 à 10.12%, ces valeurs relativement faibles sont en adéquation avec le caractère aride de la zone d'étude. La légère pente favorise l'accumulation des eaux de pluies dans les dernières placettes à savoir de la placette 07 à 10.

2.3. pH-eau et pH-KCl

Le pH exprime le degré de l'acidité ou alcalinité des sols. Le tableau suivant regroupe les résultats des mesures de l'acidité effective (pH-eau) et de l'acidité titrable (pH-KCl) dans les sols de chaque placette (P).

Tableau XI : Mesures du pH effective et pH titrable dans les différentes placettes.

Placette	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
pH-eau	7,92	7,89	7,95	7,14	7,48	7,97	7,73	7,62	7,79	7,86
pH-KCl	7,26	7,17	7,17	7,06	7,21	7,26	7,21	7,06	7,25	7,24

Les sols à Menkeb Ben Hamed ont des pH-eau peu alcalin (7.5 à 8) voir neutre parfois (autour de 7), le calcaire observé sur le terrain influe dans ce sens sur les pH du sol.

L'acidité d'échange (pH-KCl) est relativement inférieur à l'acidité effective avec un écart autour de 0.5, l'acidité de réserve est donc faible, nous somme biens en présence de sol calcaire.

2.4. Matière organique

La matière organique joue un rôle important dans l'absorption et la rétention d'eau, ainsi que la stabilité structurale du sol (Baize, 2000).

Le tableau suivant présente les mesures de la matière organique (MO) effectuées grâce aux dosages du carbone organique dans chaque sol de placette (p).

Tableau XII : Taux de la matière organique dans les sols des placettes.

Placette	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
MO (%)	1,65	2,27	2,78	1,9	3,97	1,39	4	3,76	2,78	2,37

Le tableau montre que la matière organique dans les sols de Menkeb Ben Hamed sont assez pauvre en matière organique (< 4 %), bien que cela varie d'une placette à l'autre grâce au couvert végétal, cela reste insuffisant pour maintenir une bonne structure de sol et une bonne rétention d'eau. Les sols sont meublent et s'effritent facilement, favorisant ainsi l'érosion.

2.5. Calcaire total et calcaire actif

Le calcaire total est une des composantes héritées du sol, sa présence confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique.

Le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Elle correspond peu à la fraction fine au plan granulométrique (taille des argiles, soit moins de 2 μm). Elle permet de maintenir une saturation calcique élevée de la CEC et, indirectement, un pH basique stable.

Le calcaire fournit aux végétaux le Calcium nécessaire à l'édification de leurs tissus, en quantités très fortes (calcaire total) et à un degré de finesse très avancé (calcaire actif), il peut induire une chlorose ferrique, ou bien le blocage de certains éléments nutritifs.

Le tableau suivant regroupe les résultats obtenus à partir des mesures du calcaire total (C.T.) et du calcaire actif (C.A.) dans les sols de chaque placette (P).

Tableau XIII : Taux du calcaire total et calcaire actif dans les sols des différentes placettes.

Placette	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
C.T. (%)	46,33	16,33	27,66	11,66	27,66	16,33	29,86	35,66	22,33	1,5
C.A. (%)	9,5	4	0	1	6	4,5	7,5	11,5	12	5,5

L'analyse de ces résultats montre que la placette 01 à un sol fortement calcaire avec 46.33 % de calcaire total, elle est aussi la moins profonde, et son calcaire actif est relativement élevé. A l'opposé, à la fin du transect, la placette 10 à une teneur en calcaire total de 1.5%, elle a un sol non calcaire.

Le calcaire total dans les autres placettes varie de 16.33 à 35.66 % ; ces sols sont faiblement calcaires à modérément calcaires. Le calcaire actif est moyen voir faible.

2.6. Salinité

Le dosage de la salinité se fait par la mesure de la conductivité électrique (CE) dans les sols de chaque placette (P). Le tableau suivant synthétise ces résultats.

Tableau XIV : Mesures de la conductivité électrique des sols des différentes placettes.

Placette	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
CE 25° (mS/cm)	0,222	0,222	0,234	0,175	0,164	0,222	0,234	0,280	0,210	0,210

D'après les classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux (1/5) à 25°C de Clément et Françoise(2003), et suivant l'échelle établit par la FAO (1989), tous les sols à Menkeb Ben Hamed appartiennent à la classe des sols non salée (CE < 2.5 mS/cm). Donc ces sols ne sont pas touchés par les problèmes récurrents des sols salés.

2.7. Texture

La détermination de la texture se fait grâce à l'analyse granulométrique et le diagramme des textures. Le tableau suivant regroupe les fractions granulométriques à savoir l'argile (A), le limon (L) et le sable (S) des sols des différentes placettes (P).

Tableau XV : Caractérisation texturale des sols de chaque placette.

Placette	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
A (%)	0	2	3,5	6,5	2	0,5	2	0,5	0,5	1
L (%)	45,04	54,5	43,36	40,795	50,14	36,79	60,34	47,45	60,645	44,845
S (%)	54,96	43,5	53,14	52,705	47,84	62,71	37,66	52,45	38,855	54,155

A la lumière de ce tableau et le classement des sols par le triangle de texture ; les sols dans notre zone d'étude appartiennent à deux classe bien distinctes :

- Classe des sols « Limono-sableux » auxquelles appartiennent les sols des placettes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 et 10 ;
- Classe des sols « Limono-fin » auxquelles appartiennent les sols des placettes 7 et 9.

Les sols à Menkeb Ben Hamed sont généralement limoneux, ce qui correspond aux terres battantes avec une médiocre stabilité structurale ne favorisant pas la rétention d'eau (taux d'argile très faible) et s'asséchant rapidement en période chaude (Bonneau et Souchier, 1979).

Ils sont sensibles aux pressions favorisant la dégradation et les différents types d'érosion, mais d'un autre côté ces sols présentent une bonne aération et un bon drainage.

3. Analyses multivariées

D'après Lemelin (2004), L'analyse multivariée, au sens large, désigne l'ensemble des méthodes d'analyse statistique qui traitent simultanément plus d'une variable. C'est à l'analyse multivariée dont on a recourt notamment pour :

- Mesurer le degré d'association entre deux ou plusieurs variables ;
- Estimer les paramètres d'une relation entre deux ou plusieurs variables ;

- Evaluer à quel point les différences entre deux ou plusieurs groupes d'observations sont significatives ;
- Tenter de prédire à quel groupe appartient un individu, à partir de ses autres caractéristiques ;
- Essayer de discerner une structure dans un ensemble de données.

Dans notre cas, les analyses multivariées indiquent le degré de ressemblance (homogénéité) ou de disparité (diversité) entre les placettes, elles s'articulent sur l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et l'analyse en composante principale (ACP).

La table retenue pour l'analyse factorielle des correspondances (AFC) est la table des occurrences/fréquences des espèces (Annexe 5).

Les tables retenues pour l'analyse en composantes principales sont :

- La table des paramètres quantitatifs de la végétation ;
- La table des caractères édaphiques ;
- La table synthétique regroupant les deux précédentes.

3.1. Analyse factorielles des correspondances des occurrences des espèces

La répartition des espèces végétales rencontrées à Menkeb Ben Hamed sont soumises à plusieurs variables qui peuvent avoir plusieurs dépendances.

L'analyse du tableau suivant permet d'identifier les principales dimensions qui ont une signification statistique au seuil de sécurité de 95 %. Les dimensions 1 et 2 expliquent 49 % de la variation totale, les autres dimensions de 3 à 9 expliquent moins de 20 % chacune.

Tableau XVI : valeurs propres et inerties expliquées de toutes les dimensions.

Axis	Eigenvalue	% of total	Cumulative
1	0,558207	27,779	27,779
2	0,424655	21,133	48,912
3	0,382838	19,052	67,963
4	0,18286	9,0999	77,063
5	0,155277	7,7273	84,791
6	0,147866	7,3585	92,149
7	0,0777787	3,8706	96,02
8	0,05073	2,5246	98,544
9	0,0292522	1,4557	100

Les représentations graphiques de l'analyse factorielle des correspondances, permet de distinguer une classification en groupe des espèces dans la figure 18, des placettes dans la figure 19 et des deux dans la figure 20.

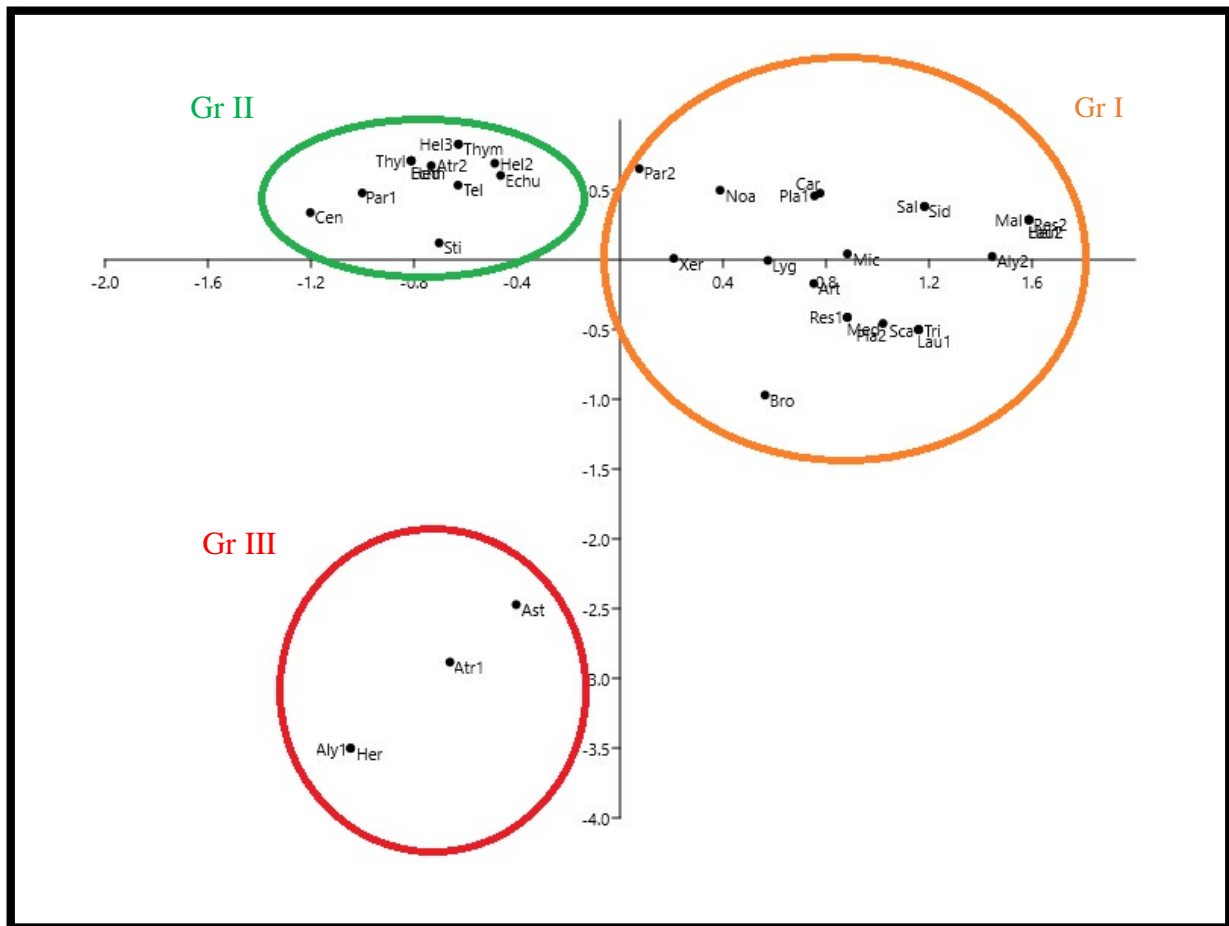


Figure 18 : Représentation sur plan factoriel 1 – 2 des occurrences/fréquences des espèces.

L'analyse de la figure ci-dessus (Fig. 18) montre l'individualisation de trois groupes d'espèces :

- Groupement I : ce sont des espèces qui se regroupent le long du côté positif de l'axe 1, elles sont dominées par l'association *Artemisia herba-alba* – *Lygeum spartum*, elles constituent donc le cortège floristique de cette association ;
- Groupement II : ce sont les espèces qui se regroupent du côté négatif de l'axe 1 et du côté positif de l'axe 2, elles sont dominées par *Stipa tenacissima*, elles constituent son cortège floristique ;

- Groupement III : ce sont des espèces assez isolées qui se regroupent le long du côté négatif de l'axe 2, parmi elles deux espèces « propres » à la placette 01, *Alyssum alpestre* L. et *Herniaria hirsuta* L., elles sont typiques des formations ligneuses.

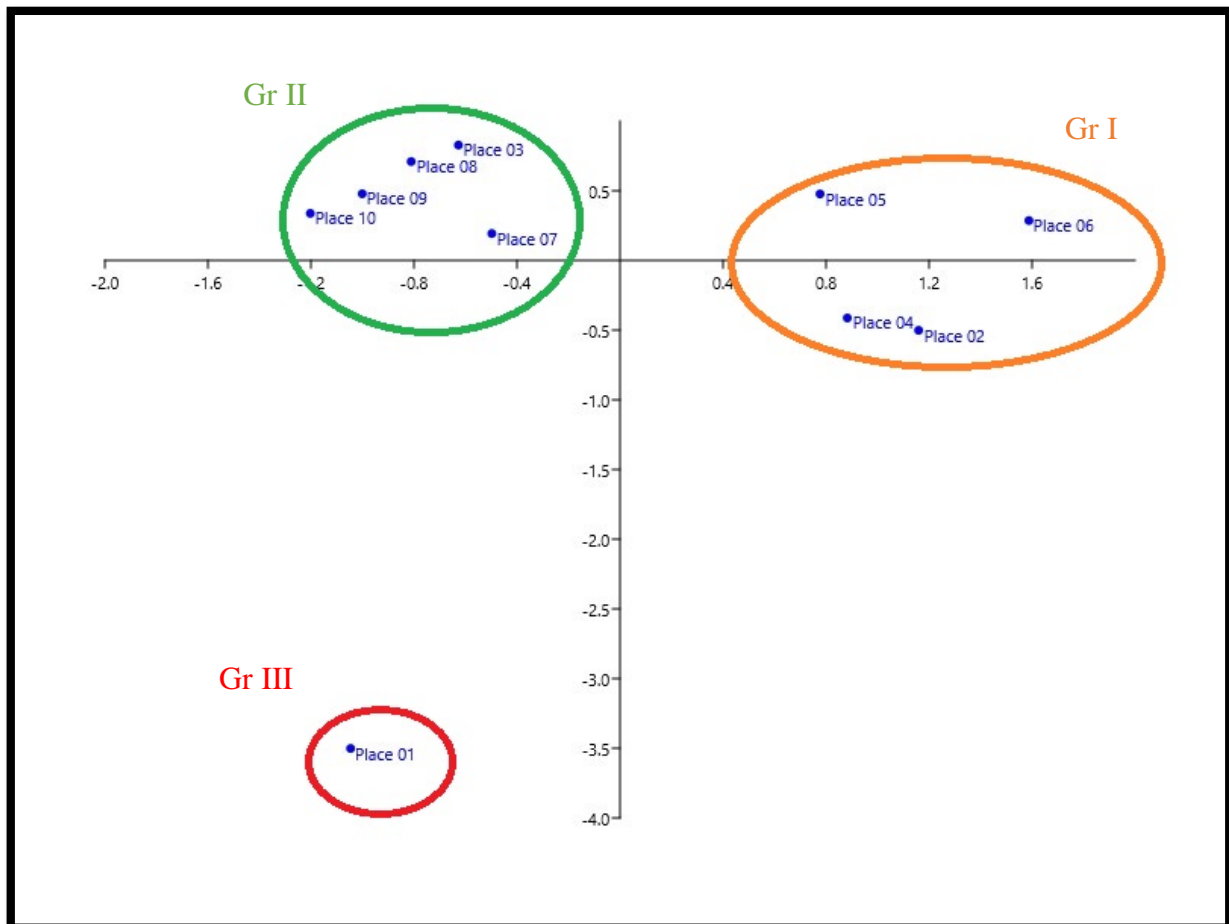


Figure 19 : Représentation sur le plan factorielle 1 – 2 des placettes correspondant aux relevés d'occurrence.

L'analyse de la figure précédente (Fig. 19) montre une classification similaire observée dans la figure 18 :

- Groupement I : ce sont les placettes 02, 04, 05 et 06 qui se regroupent du côté droit de l'axe 1, elles se situent dans la mise en défens et voient la dominance de l'association Armoise – Sparte ;
- Groupement II : ce sont les placettes 03, 07, 08, 09 et 10 qui se regroupent du côté négatif de l'axe I, elles se situent aussi dans la mise en défens sauf la 10 qui est en plein parcours. La végétation de ces placettes est dominée par l'Alfa.

- Groupement III : constitué d'une seule placette, la 01, elle se situe dans la forêt naturelle.

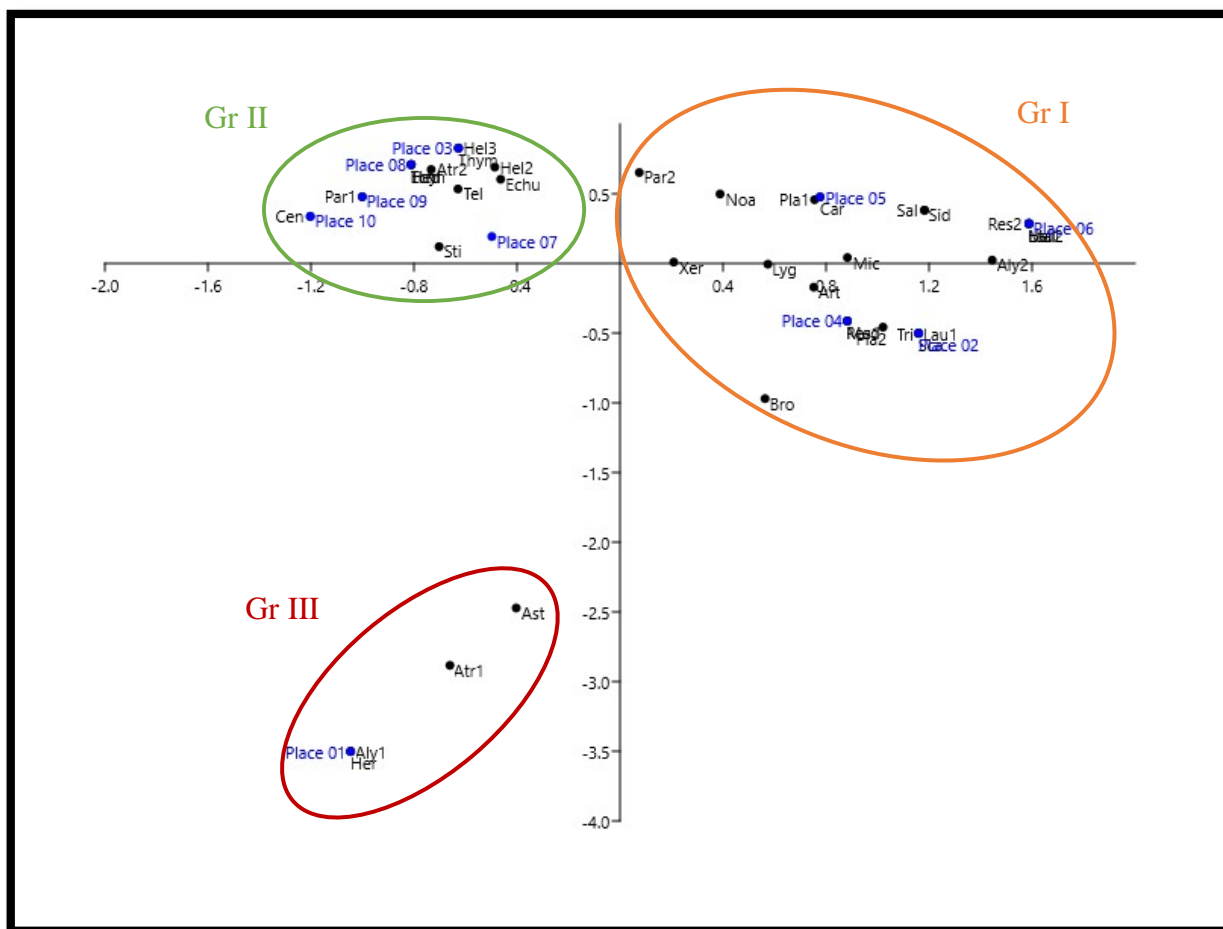


Figure 20 : Représentation superposée des espèces et des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 des relevés d'occurrence.

La superposition des espèces et des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 (Fig. 20), permet de voir que les groupements I et II qui se forment le long de l'axe I s'excluent mutuellement, en effet, plus la fréquence de l'Alfa et de son cortège augmente (Gr II) plus la fréquence de l'Armoise – Sparte diminue significativement. Nous nous trouvons dans une formation steppique.

Le groupement III représenté par la placette 01 et ses quelques espèces, ne correspond d'aucune façon avec les deux groupes précédents, en effet, nous nous trouvons dans une formation ligneuse où deux de leurs espèces typiques apparaissent.

3.2. Analyse en composante principale de la diversité biologique

L'ACP est faite grâce aux variables quantitatives de la végétation calculées pour chaque placette.

Tableau XVII : Mesures des paramètres quantitatifs de la végétation par placette.

Variables Placettes	Div_1	Div_2	CHAM	HEMI	THER	RG (%)	H'	J'
P01	6	5	3	10	11	36	1,6	0,9
P02	11	6	17	3	14	35	2,0	0,8
P03	10	8	12	20	0	40	1,8	0,8
P04	10	5	18	30	9	45	1,6	0,7
P05	12	9	12	15	4	43	2,2	0,9
P06	13	9	12	15	14	31	2,2	0,8
P07	8	4	10	31	4	57	1,3	0,6
P08	11	8	12	25	3	38	1,9	0,8
P09	8	6	4	30	1	35	1,1	0,5
P10	4	3	6	30	0	24	0,6	0,4

Où :

DIV_1 : Nombre des espèces par placette ;

DIV_2 : Nombre des familles par placette ;

CHAM : Nombre de chaméphytes par placette ;

HEMI : Nombre d'hémicryptophytes par placette ;

THER : Nombre de thérophytes par placette ;

RG : Recouvrement global ;

H' : Indice de diversité de Shannon-Wieever ;

J' : l'indice d'équitabilité de Piélou.

Le tableau suivant représente toutes les dimensions liées à la diversité biologique en termes de valeurs propres indiquant le nombre de facteurs extraits relatifs à leurs contributions à la variance totale (Inertie)

Tableau XVIII : Valeurs propres de toutes les dimensions biologique.

PC	Eigenvalue	% variance	Cumulative
1	4,45703	55,713	55,713
2	1,46024	18,253	73,966
3	0,991057	12,388	86,354
4	0,713957	8,9245	95,2785
5	0,262237	3,278	98,5565
6	0,111587	1,3948	99,9513
7	0,00256239	0,03203	99,98333
8	0,00133001	0,016625	100

D'après le tableau, les deux premières dimensions, 1 et 2, expliquent plus de 70 % de la variance totale qui est une inertie acceptable pour interpréter les classifications de la figure suivante sous forme de présentation graphique sur le plan factoriel 1 – 2.

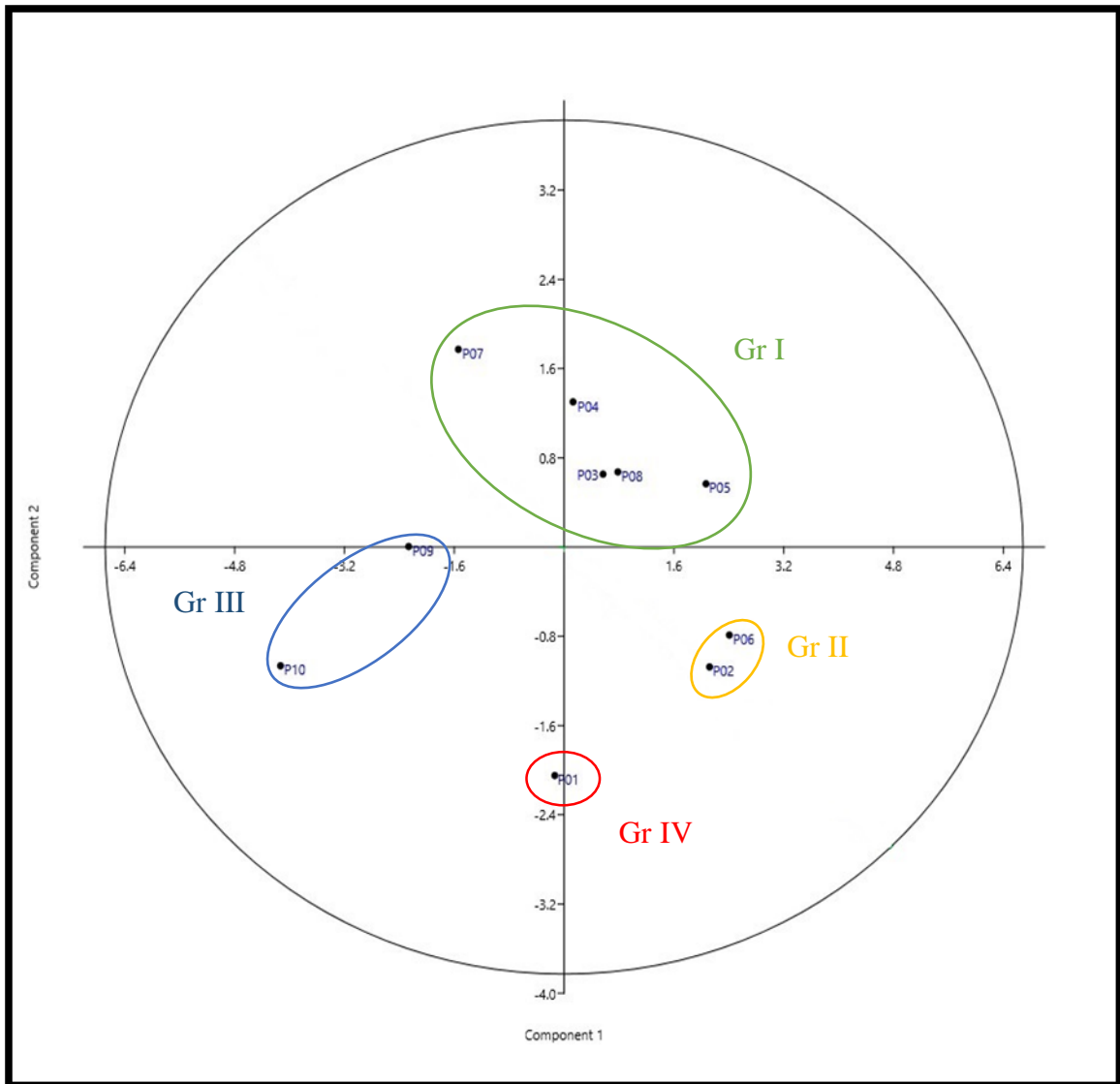


Figure 21 : Représentation des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 de l’ACP sur la caractérisation phytoécologiques.

L’analyse de la figure 21 fait ressortir clairement plusieurs groupes de placettes :

- Le groupement I et IV sont corrélés négativement, le premier représente les placettes où les chaméphytes et les hémicryptophytes y sont élevées ainsi que les diversités, cependant, le deuxième groupe représenté par une seule placette, la 01, vois la forte diminution des chaméphytes et l’augmentation significative des thérophytes, les hémicryptophytes et les diversités diminuent aussi ;
- Le groupement II et III sont en opposition, avec des thérophytes et un indice de Shannon-Wiever élevées et des hémicryptophytes très faible dans le groupement II, dans le groupement III, c’est tout à fait l’inverse.

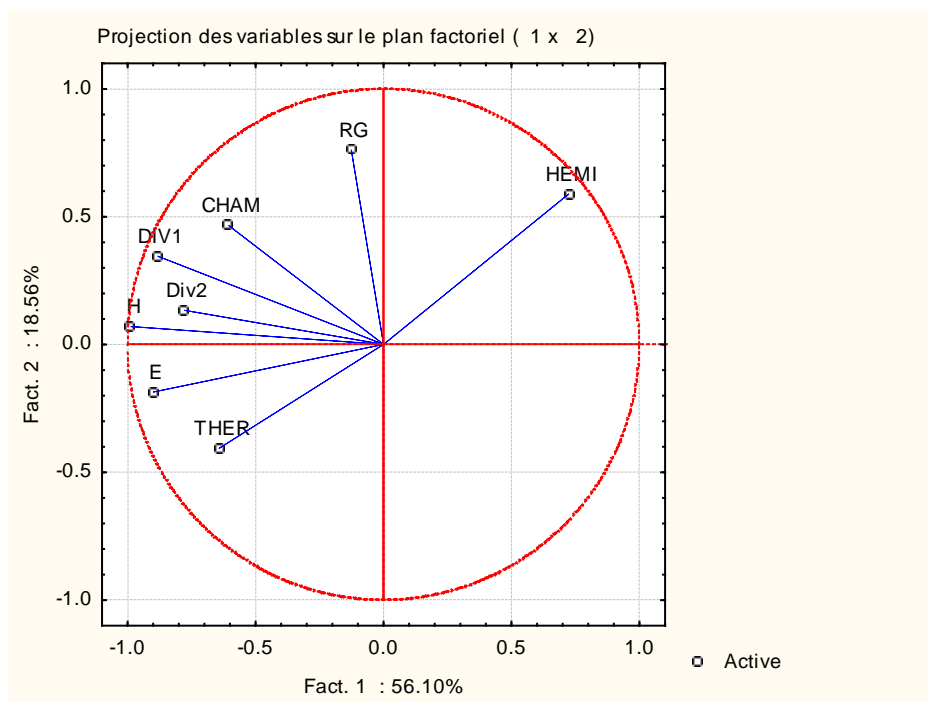


Figure 22 : Cercle de corrélation des variables phytoécologique sur l'axe 1 et 2.

L'observation de la figure ci-dessus (Fig. 22) montre que :

- Les variables DIV_1, DIV_2, CHAM, H' et J' sont liées et corrélées de façon positive (suivant l'axe 1), plus il y a de nombres d'espèces plus il y a de familles différentes et ainsi l'indice de Shannon-Weaver est plus élevé. Il semble que les chaméphytes sont liées à cette richesse, elles représentent un état moins critique que les thérophytes par exemple qui sont une forme d'adaptation à la dégradation ;
- Les hémicryptophytes représentées en grand nombre par *Stipa tenassicima*, couvrent plus de sols que les autres espèces grâce leurs touffes qui s'étale sur l'ensemble de la surface ;
- Les thérophytes semblent individualisées et sont en opposition aux hémicryptophytes, c'est deux formes sont corrélée négativement, les thérophytes sont plus élevé là où les hémicryptophytes sont plus faibles, les thérophytes représente un état de dégradation plus prononcé notamment à la lisière Nord de la mise en défens (placette 01 et 02).

3.3. Analyse en composante principale des paramètres pédologiques

La matrice pour l'ACP est établie sur l'ensemble des variables qui caractérisent nos sols. Le tableau suivant regroupe tous les résultats obtenus pour chaque placette (P).

Tableau XIX : Mesures des caractéristiques édaphiques des sols des différentes placettes.

P/Variable	pH "KCl"	pH	CE 25° (ms/cm ²)	C.T (%)	C.A (%)	M.O (%)	H (%)	A (%)	L (%)	S (%)	Profondeur (cm)
1	7,26	7,92	0,22192	46,33	9,5	1,65	7,27	0	45,04	54,96	9,5
2	7,17	7,89	0,22192	16,33	4	2,27	5,36	2	54,5	43,5	24,3
3	7,17	7,95	0,2336	27,66	0	2,78	6,68	3,5	43,36	53,14	23
4	7,06	7,14	0,1752	11,66	1	1,9	6,12	6,5	40,795	52,705	21
5	7,21	7,48	0,16352	27,66	6	3,97	9,4	2	50,14	47,84	16,5
6	7,26	7,97	0,22192	16,33	4,5	1,39	6,06	0,5	36,79	62,71	26,5
7	7,21	7,73	0,2336	29,86	7,5	4	9,64	2	60,34	37,66	13,5
8	7,06	7,62	0,28032	35,66	11,5	3,76	8,18	0,5	47,45	52,45	19
9	7,25	7,79	0,21024	22,33	12	2,78	10,12	0,5	60,645	38,855	11
10	7,24	7,86	0,21024	1,5	5,5	2,37	7,9	1	44,845	54,155	20

Le tableau des valeurs propres suivant représente toutes les dimensions extraites suivant leurs inerties en terme de % par rapport à la variance totale formant ainsi des plans factoriels dont le maximum d'inertie sera retenu.

Tableau XX : Valeurs propres de toutes les dimensions édaphiques.

PC	Eigenvalue	% variance	Cumulative
1	4,40239	40,022	40,022
2	2,61747	23,795	63,817
3	1,50236	13,658	77,475
4	1,0833	9,8482	87,3232
5	0,638895	5,8081	93,1313
6	0,514697	4,6791	97,8104
7	0,185642	1,6877	99,4981
8	0,0380114	0,34556	99,84366
9	0,0172282	0,15662	100

Le tableau ci-dessus montre que les facteurs 1 et 2 explique plus 63 % de la variance total.

La figure suivante est la présentation graphique du tableau XIX sur le plan factoriel 1 - 2.

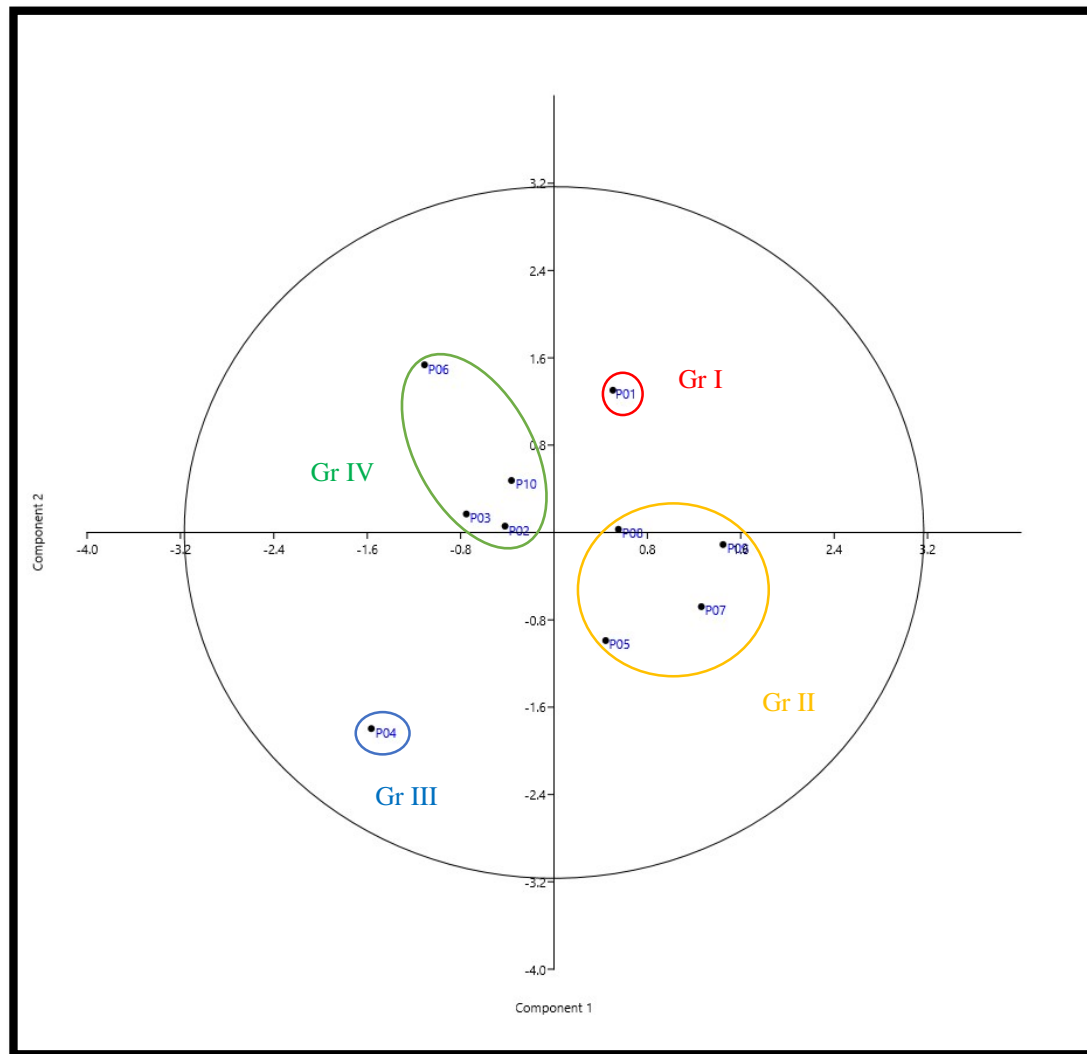


Figure 23 : Représentation des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 de l’ACP sur la caractérisation édaphique.

L’analyse de la figure ci-dessus (Fig. 23) montre plusieurs groupements de placettes :

- Le groupement I avec une seule placette, la 01, et le groupement III avec une seule placette aussi, la 04, sont corrélés négativement : le pH est alcalin dans la placette 01 et l’argile est absent, tandis que la placette 04 est caractérisée par un pH neutre et le taux d’argile est relativement le plus élevé. Malgré sa faible teneur, il est significatif ;
- Le groupement II et IV sont corrélés négativement : les sols des placettes du groupement II sont plus sableux et plus profonds, ils sont squelettiques, par contre, les sols des placettes du groupement IV sont plus calcaires et plus limoneux.

La figure suivante représente la corrélation des variables édaphiques.

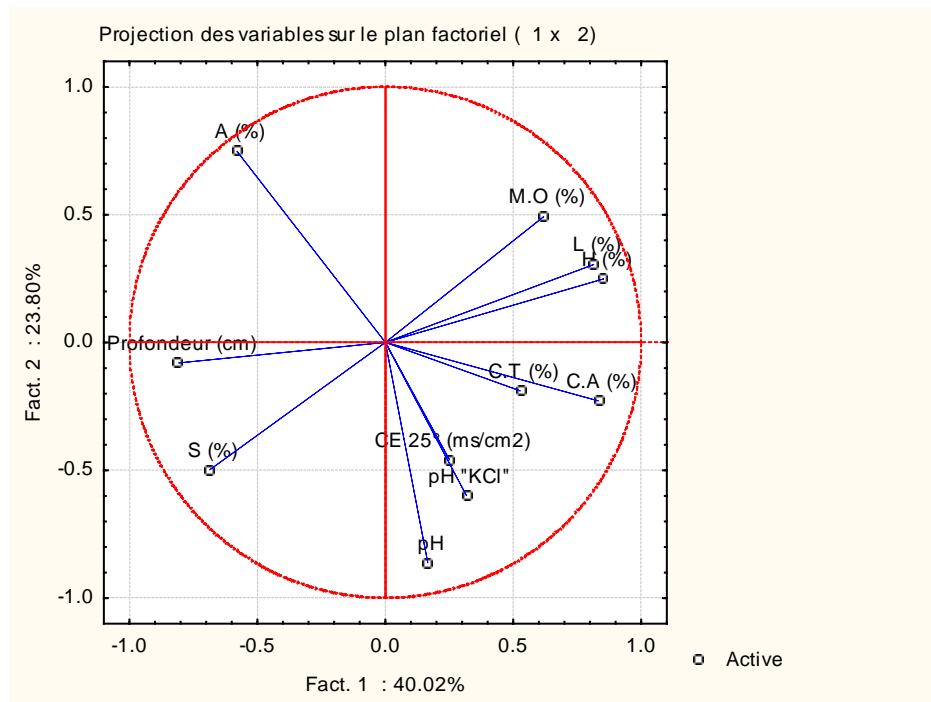


Figure 24 : Cercle de corrélation des variables édaphiques sur l'axe 1 et 2.

Il ressort de l'analyse du cercle de corrélation des variables (Fig. 24) que :

- L'argile est individualisée et est en corrélation négative avec le groupe de variables composé des pH, des calcaires et de la salinité, elle est aussi complètement indépendante de la matière organique et de la texture, c'est donc un sol pauvre ;
- Le taux de sable et la profondeur des sols forment un groupe homogène indiquant que le sol est formé d'un horizon sableux, ce qui confirme la pauvreté du sol ;
- Un deuxième groupe est formé par le limon, l'humidité dans le sol et la matière organique, ils sont corrélés de façon positive, ce qui est logique : le limon est parmi la micro structure qui a l'aptitude de retenir l'eau en présence de taux de matière organique même faible ;
- Le dernier groupe est constitué des pH, de la conductivité électrique et du calcaire, ces variables sont corrélées dans le sens positif, les teneurs en calcaire total et calcaire actif influent directement sur le pH, ce qui rend les sols plus alcalins.

3.4. L'analyse en composantes principales des variables écologiques

L'ACP des variables écologiques se fait par toutes les variables retenues auparavant, biologiques et édaphiques.

Le tableau suivant montre que les deux premières dimensions expliquant plus de 50 % de la variance total.

Tableau XXI : Valeurs propres de toutes les dimensions écologiques.

PC	Eigenvalue	% variance	Cumulative
1	6,26213	32,959	32,959
2	3,7936	19,966	52,925
3	3,51319	18,49	71,415
4	1,56601	8,2422	79,6572
5	1,25942	6,6285	86,2857
6	1,19942	6,3127	92,5984
7	0,746971	3,9314	96,5298
8	0,414101	2,1795	98,7093
9	0,245157	1,2903	100

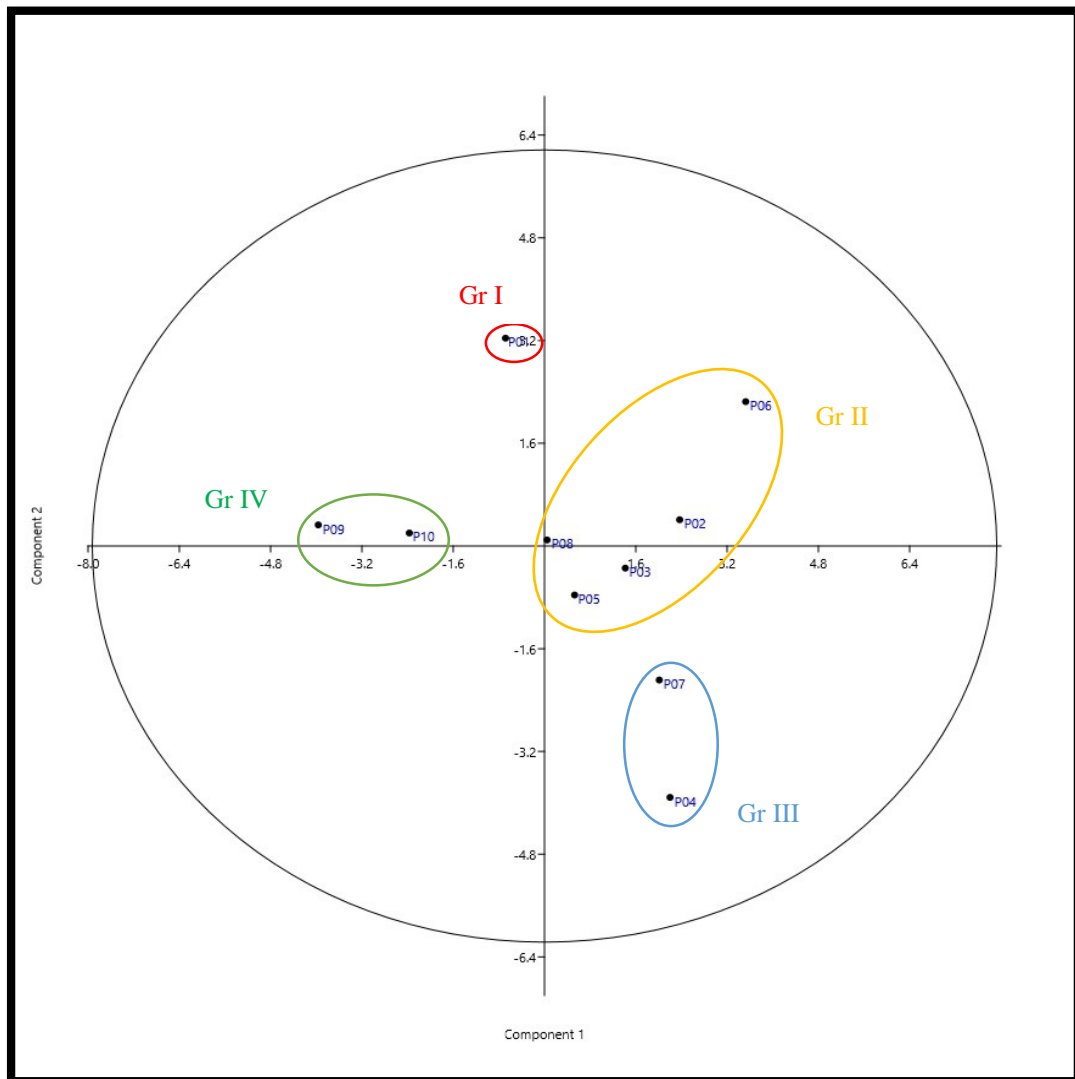


Figure 25 : Représentation des placettes sur le plan factoriel 1 – 2 de l'ACP sur la caractérisation écologique.

L'analyse de la figure précédente (Fig. 25) montre plusieurs groupements de placettes :

- Le groupement I représenté par la placette 01 et le groupement III représenté par les placettes 04 et 07, sont corrélés négativement : le premier groupement est caractérisé par un taux de calcaire et des thérophytes élevés. En opposition, le troisième groupement est caractérisé par un taux de calcaire plus faible et un nombre de chaméphytes et hémicryptophytes plus élevé ;
- Le groupement II des placettes 02, 03, 05, 06 et 08 est corrélé négativement avec le groupement IV des placettes 09 et 10 : le groupement II a des thérophytes élevées et une texture plus sableuse contrairement au groupement IV qui a plus de chaméphytes et une texture plus limoneuse.

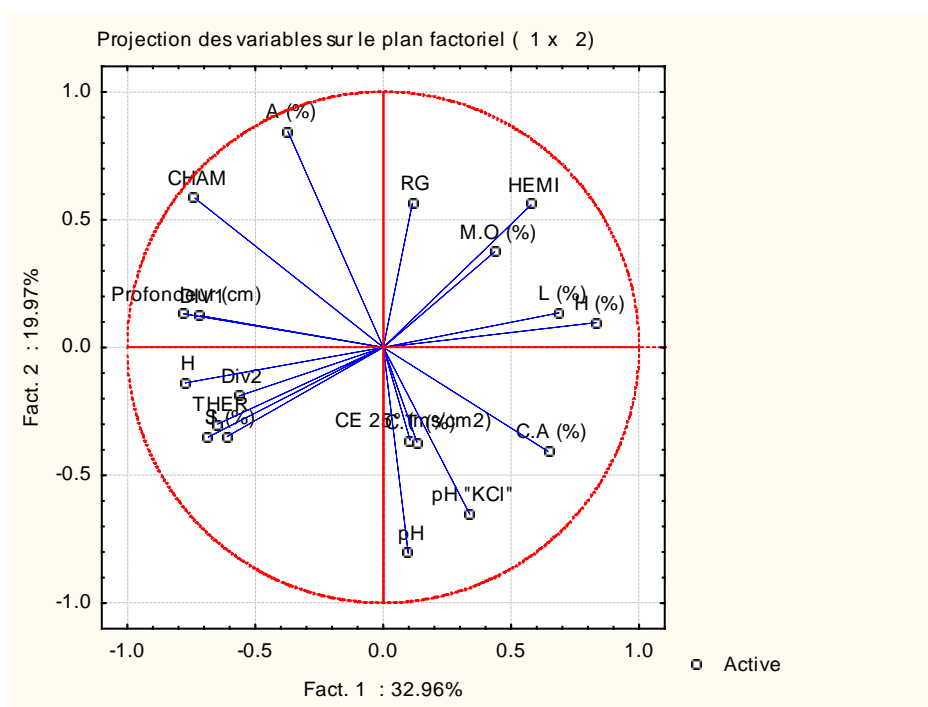


Figure 26 : Cercle de corrélation des variables écologiques sur l'axe 1 et 2.

Le cercle de corrélation des variables écologiques (Fig. 26) synthétise et confirme les observations faites sur la diversité biologique et pédologique. Le nombre des thérophytes est inversement proportionnel au nombre d'hémicryptophytes présents dans la zone d'étude, les thérophytes se localisent plus facilement sur les sols à texture sableuse tandis que les hémicryptophytes préfèrent les sols limoneux plus fins. Les argiles sont indépendantes de la texture et n'influent pas sur la distribution des espèces, elles sont corrélées négativement aux pH et calcaire actif, car ce sont des sols pauvres.

Le cercle des corrélations montre aussi qu'il n'y pas de corrélation significative entre les chaméphytes et les hémicryptophytes, mais la première AFC a démontré une correspondance négative entre ces deux types biologiques. Cette ACP montre le facteur écologique qui a influencé leurs distributions.

Le groupe de l'Alfa est localisé sur un sol à texture plus fine où le taux de limon fin est plus élevé, la couleur du sol dans ces placettes est brun foncé à marron clair, nous remarquons aussi la présence relativement élevé de la pierraille, on peut déduire que la texture des sols des placettes où l'Alfa domine est de la classe Limono-fin. Les analyses pédologiques effectuées ne sont pas assez détaillées, elles ne permettent pas de voir le taux des limons fins/limons grossiers et les sables fins/sables grossiers.

L'autre groupe, celui qui est dominé par l'association Armoise – Sparte est présent dans les placettes qui sont caractérisées par un sol à texture plus grossière de la classe Limono-sableux, de couleur brun clair à brun foncé où la présence de la pierraille est relativement faible.



Conclusion



CONCLUSION

Dans la présente étude, nous avons parlé du défi majeur que représente aujourd'hui la lutte contre la désertification et la nécessité d'adapter ces moyens de lutte pour chaque région. En Algérie, ce sont les steppes qui sont les plus touchées par ce phénomène à cause des sécheresses récurrentes et des pressions anthropiques croissantes au fil des années.

La région de Menkeb Ben hamed représente parfaitement ces constats alarmants où elle subit une dégradation continue à cause du surpâturage et du défrichage. Notre étude s'est fait sur cette région, à savoir le diagnostic d'une communauté végétale dans un milieu en désertification.

Ce diagnostic s'est fait par l'évaluation des paramètres qualitatifs et quantitatifs de la végétation, ainsi que l'analyse physico-chimique des échantillons du sol. Ce travail a été réalisé en échantillonnant 10 placettes (aire minimale) de 100 m² chacune (10 m de coté) équidistante de 300 m le long d'un transect Nord-Est Sud-Ouest. Les paramètres étudiés sont :

- Les paramètres qualitatifs de la végétation : la liste floristique, la diversité des espèces et équitabilité, la diversité des familles et les types biologiques ;
- Les paramètres quantitatifs de la végétation : le recouvrement global, la contribution spécifique, le coefficient d'abondance-dominance et le coefficient de sociabilité ;
- Les paramètres édaphiques : l'humidité, le pH, la matière organique, le calcaire, la salinité et la texture.

Une AFC et une ACP sont utilisées grâce aux données de ces paramètres pour caractériser les relations et les dépendances qui peuvent exister entre les variables étudiées.

Les résultats montrent que la végétation à Menkeb Ben Hamed est faiblement riche avec 38 espèces recensées regroupées en 14 familles où Les *Asteraceae* et les *Poaceae* sont les plus représentées (24 et 11 % des espèces recensées).

Cette végétation est dominée en nombre d'espèce par les thérophytes, indicatrices d'un certain degré de dégradation, alors que, ce sont les hémicryptophytes qui dominent en nombre, représentées par *Stipa tenacissima* où l'état général des touffes dans la mise en défens est très bon. La diversité floristique y est aussi la plus élevée avec des valeurs de l'indice de Shannon-Wiever supérieur à 2 dans le centre du terrain protégé. En effet, plus on se dirige vers la mise en défens et plus la diversité augmente. Cela prouve qu'une certaine stabilité et un équilibre dans le système écologique mis en place est atteinte. La mise en protection d'une partie du parcours semble un moyen de lutte viable contre la dégradation et le freinage du processus de désertification.

CONCLUSION

Le recouvrement global témoigne de cet état d'équilibre. En terrain protégé, et ce malgré la pauvreté du nombre d'espèces qui s'y trouve (10 à 13 espèces), le recouvrement global est de presque 60 %, en forêt naturelle il diminue à 40 % et en parcours il chute à près de 25 %.

C'est *Stipa tenacissima* qui contribue le plus au couvert végétal (14%) et elle est aussi la plus abondante et forme des colonies, suivie par *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum* (24 et 18 %). Parmi les annuelles, c'est *Plantago albicans* qui contribue le plus au couvert avec 14 %.

Notons que dans ce système écologique 19 espèces propres à une placette contribuent très peu au couvert végétal et sont individualisées mais enrichissent grandement la biodiversité steppique malgré la dégradation.

Les effets de cette dégradation se ressentent aussi sur la qualité pédologique des sols de la région de Ben Hamed, ils sont peu profonds (10 à 25 cm), dépourvus de matière organique, très calcaires où les sables fins sont les plus abondants mais ils ne sont pas salés. Ces sols sont squelettiques et très fragiles, très exposés aux facteurs d'érosion notamment éoliens.

Ces facteurs écologiques influent grandement sur la distribution des espèces dans la région, les analyses multivariées montre que le nombre des thérophytes est inversement proportionnel au nombre d'hémicryptophytes : les thérophytes se localisent sur les sols à texture sableuse, plus grossière tandis que les hémicryptophytes se trouvent sur les sols limoneux, plus fins. Les analyses montrent aussi que le taux des argiles des sols de la région d'étude est indépendant de la texture et n'influe pas sur la distribution des espèces, ces sols sont pauvres et meubles.

Les moyens de lutte contre la désertification doivent tenir compte de ce paramètre en mettant en place un plan d'aménagement adapté en réduisant la surface des sols nus, l'interdiction des labours et autres défrichements et en contrôlant la charge animale sur ces parcours.

L'écosystème steppique observé dans la zone d'étude est stable grâce à la mise en défens mais devient très vite critique en dehors, d'où la nécessité de définir des seuils de désertification. L'observation, le suivi et le diagnostic permettent de moduler l'intervention dans ces milieux fragiles suivant ces seuils. Si l'état critique n'est pas atteint, l'élimination des pressions extérieures notamment anthropiques permet de stabiliser l'écosystème et favorise la remontée biologique. Mais dans le cas contraire, où l'état critique est atteint, il faut intervenir pour

CONCLUSION

reconstituer l'écosystème par la protection de ses sols, la plantation des espèces clé de voûte propres à cet écosystème et régénérer ses espèces si c'est possible.

Les pressions anthropiques importantes et les aléas climatiques semblent homogénéiser le paysage steppique mais ses écosystèmes demeurent résilients pour peu qu'on les suive et protège correctement.

En perspective, il semble en effet que le système des mises en défens dans la région de Menkeb Ben Hamed est tout à fait viable, il faut donc veiller à le renforcer par l'augmentation des superficies protégées, l'introduction d'un plan de rotation lors de leurs exploitations, le contrôle de la charge animale et la favorisation de la remontée biologique des espèces autochtones qui sont les plus résistante à la dégradation.

Les plans d'aménagement doivent intégrer les habitant de la steppe par leur sensibilisation aux dangers de la désertification et par leur participation *sine qua non* au développement de la région et ainsi faire d'eux des partenaires économiques.

Le suivi et l'évaluation des parcours steppiques peuvent s'établir aussi dans un cadre plus global *ex situ*, grâce à l'utilisation des outils modernes comme les systèmes d'information géographiques et la télédétection pour aboutir à la création et l'actualisation des cartes de sensibilité à la désertification et les cartes de suivi qui permettront la surveillance de l'écosystème steppique et la perception des changements écologiques.



Références bibliographiques



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **Aidoud A., 1983.** *Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud oranais: phytomasse, productivité primaire et applications pastorales.* Doct. 3^{ème} cycle, U.S.T.H.B., Alger, 257p ;
- 2- **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 ;
- 3- **Aidoud A., 1994.** *Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie, cas de la steppe d'alfa (Stipa tenacissima L.),* Paralelo 37, 16, 33-42 ;
- 4- **Aidoud A., 1996.** *La régression de l'alfa (Stipa tenacissima L), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes.* Sécheresse, 7, 187-93 ;
- 5- **Aidoud-Lounis F., 1997.** *Le complexe alfa-armoïse-sparte (Stipa tenacissima L., Artemisia herba-alba L, Lygeum spartum L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales.* Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, Marseille. 263p ;
- 6- **B.N.E.D.E.R., 2007.** *Schéma directeur des espaces naturels et aires protégées.* Bur. Nat. Etu. Dev. Rur., Rapport d'étape pour Min. Agric. Dev. Rur., Alger. 72p ;
- 7- **Bagnouls F. & Gaussen H., 1953.** *Saison sèche et indice xérothermique.* Doc. Carte Product. Végét. Sér : Généralités, 3(1), art.8 : 47p ;
- 8- **Baize D., 2000.** *Guide des analyses en pédologie.* Editions Quae, Paris, 266p ;
- 9- **Bedrani S., 1998.** *Désertification et emploi en Algérie.* In les Cahiers du CREAD, n° 4, 1998 ;
- 10- **Bedrani S., 1999.** *Situation de l'agriculture, de l'alimentation et de l'économie algérienne.* CIHEAM. Paris ;
- 11- **Bedrani S., 2006.** In AGRI.MED. CHIEAM ; rapport annuel 2006 pp.291-315 ;
- 12- **Benmessaoud H., 2008.** *Étude de la vulnérabilité à la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des Aurès (Algérie).* Thèse Doctorat, Université El Hadj Lakhdar, Batna. 277p ;
- 13- **Bessaoud O., 2006.** *La stratégie de développement rural en Algérie.* Options Méditerranéennes, ser A/N°71 ; 79-89 ;
- 14- **Bonneau M. & Souchier B., 1979.** *Pédologie, tome 2 : constituant et propriétés du sol.* Edition MASSON, Paris, 1979. ISBN : 2 – 225 – 62931 – 5, 459p ;

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 15- Bouazza, M., 1995.** *Etude phyto-écologique des steppes à Stipa tenacissima L. et Lygeum spartum L. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie).* Thèse de Doctorat ès Sciences. Université de Tlemcen, Algérie;
- 16- Bouxin G., 2008.** *Analyse statistique des données de végétation.* 577 p ;
- 17- Claude F., 2011.** *Ecologie: Approche scientifique et pratique.* Lavoisier. Paris. 450p ;
- 18- Clément M. & Françoise P., 2003.** *Analyse chimique des sols, méthodes choisies.* Edition TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 382p ;
- 19- Daget P. & Poissonet J., 1971.** *Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application.* Ann. Agron, 22, pp5-41 ;
- 20- Daget P. & Poissonet J., 1997.** *Biodiversité et végétation pastorale.* Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 50 (2) : 141-144 ;
- 21-Dajoz, R., 2003.** *Précis d'écologie.* Dunod, Paris, 615 p ;
- 22- Djebaili S., 1978.** *Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des Hautes Plaines Steppiques et de l'Atlas Saharien algérien.* Diss. Thèse doct. Montpellier, 229p ;
- 23- Drouineau G., 1942.** *Dosage rapide du calcaire actif des sols.* Ann.Agro., 441-450 ;
- 24- El Zerey Wael, Salah Eddine Bachir Bouiadjra, Mohamed Benslimane et Khalladi Mederbal, 2009.** *L'écosystème steppique face à la désertification : cas de la région d'El Bayadh, Algérie.* , *VertigO* - la revue électronique en sciences de l'environnement -[En ligne], Volume 9 Numéro 2 | septembre 2009, mis en ligne le 26 octobre 2009, URL : <http://vertigo.revues.org/8821> ; DOI : 10.4000/vertigo.8821 ;
- 25- Faurie C., Ferra C. et Medori P., 1980.** *Ecologie.* Baillièrre J.B. (ed.), Paris, 1091 p ;
- 26- Floret C., Le Floc'h E. et Pontanier R., 1992.** *Perturbations anthropiques et aridification en zone présaharienne. L'aridité, une contrainte au développement.* Éditions ORSTOM, Paris : 449-463 ;
- 27-Floret C., Le Floc'h E., Romane F., Pontanier R., 1981.** *Dynamique des systèmes écologiques de la zone aride. Application à l'aménagement sur les bases écologiques d'une zone de la Tunisie présaharienne.* Acta Oecologica, Oecol. Applic. pp, 195-214 ;
- 28- Food and Agriculture Organization of United Nations, 1989.** *Evaluation des Terres pour l'Agriculture Irriguée: Directives-Soils Bulletin ;*
- 29- Food and Agriculture Organization of United Nations, 1992.** *Le rôle de forestière dans la lutte contre la désertification.* pp124-126 ;

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 30- Gillet F., 2000.** *La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique.* Université de Neuchâtel, Institut de Botanique. Doc. Labo. Ecol. Vég., 1, 68 p ;
- 31- Gillet F., Foucault B. (de) & Julve Ph., 1991.** *La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts.* Candollea, 46, 315-340 ;
- 32- Gounot M., 1961.** *Les méthodes d'inventaire de la végétation.* Centre national de la recherche scientifique ;
- 33- Gounot M., 1969.** *Méthodes d'étude quantitative de la végétation.* Masson éd., Paris, 314p ;
- 34- Gray, J. S., McIntyre, A. D., & Stirn, J. 1992.** *Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos.* FAO Document technique sur les pêches, N° 324, 53 ;
- 35- Hirche A., A. Boughani et M. Salamani, 2007.** *Évolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes.* Science et changement planétaire/Sécheresse, Vol.18, N°431420 ;
- 36- 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 d'écologie, Université d'Aix-Marseille, 328 p. + ann.
- 37- Khelil A., 1997.** *L'écosystème steppique : Quel avenir ?.* Alger, Editions DAHLAB, 1997, 187 pages ;
- 38- Khodja S., 2011.** *Etude comparative de la structure spatiale de l'Alfa (Stipa tenacissima L.) d'une mise en défens et d'un parcours libre de Menkeb Ben Hamed (Taâdmit, Wilaya de Djelfa).* Mémoire d'ingénieur, Université Ziane Achour, Djelfa, 2011 ;
- 39- La Banque Mondiale, 2002.** *World development report 2003 : Sustainable development in a dynamic world : transforming institutions, growth, and quality of life.* Oxford University Press, World Bank ;
- 40- Laboratoire Agronomique de Normandie, 2015.** *Analyse granulométrique.* URL : http://www.lano.asso.fr/web/analyse_granulometrique.html ;
- 41- Le Houerou H.N., 1985.** *La régénération des steppes algériennes.* Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger pp, 33-51 ;
- 42- Le Houerou H-N., 1995.** *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation.* Centre international de haute Etudes Agronomiques méditerranéenne, 396p ;
- 43- Lemelin A., 2004.** *Méthodes quantitatives des sciences sociales appliquées aux études urbaines et régionales,* Montréal, INRS-UCS, édition révisée, pagination multiple.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 44- **M. Benslimane, A. Hamimed, W. El Zerey, A. Khaldi et K. Mederbal, 2008.** *Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord, VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* - [En ligne], Volume 8 Numéro 3 | décembre 2008, mis en ligne le 18 février 2009. URL : <http://vertigo.revues.org/6782> ; DOI : 10.4000/vertigo.6782
- 45- **Mederbal, K, 1992.** *Compréhension des mécanismes de transformation du tapis végétal : approches phyto-écologiques par télédétection aérospatiale et analyse dendroécologique de Pinus halepensis Mill., dans l'ouest Algérien.* Thèse d'Etat Es Sciences, Université d'Aix Marseille III, 229.
- 46- **Millennium Ecosystem Assessment, 2005.** *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*, Island Press, Washington D.C., 36 p.
- 47- **Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2002.** *Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD)*. Alger, 140p.
- 48- **Nedjraoui D., 1990.** *Adaptation de l'alfa (Stipa tenacissima L.) aux conditions stationnelles.* Thèse Doct. Sciences, USTHB, Alger, 256p.
- 49- **Nedjraoui D., Bédrani S., 2008.** *La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte, VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* -[En ligne], Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, mis en ligne le 01 avril 2008. URL : <http://vertigo.revues.org/5375> ; DOI : 10.4000/vertigo.5375
- 50- **Pearson T. H., & Rosenberg R., 1978.** *Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment.* *Oceanographic Marine Biology Annual Review*, 16, 230-306.
- 51- **Peet, R. K., 1974.** *The measurement of species diversity.* *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 285-307.
- 52- **Pielou E. C., 1969.** *An introduction to Mathematical Ecology* (Witley-Interscience ed.). New York: Witley Interscience ;
- 53- **Quézel, P., & Santa, S., 1962.** *Nouvelle Flore de l'Algérie I.* Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris ;
- 54- **Ramade F., 1984.** *Eléments d'Ecologie: Ecologie fondamentale.* Me Graw-Hill, 397 p ;
- 55- **Raunkiaer C., 1904.** *Om biologiske Typer, med Hensyn til Planternes Tilpasning til at overleve ugunstige Aarstider.* *Bot. Tidsskrift*, 26, 1904 ;
- 56- **Slimani H., 1998.** *Étude des mécanismes de désertification. Cas de la steppe à alfa (Stipa tenacissima L.) de Rogassa des Hautes Plaines occidentales algériennes.* Thèse de magister, Univ. Sci. Technol. Houa-ri Boumediene, Alger. 123p ;

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 57- Slimani H., 2012.** *Mécanismes de désertification de la steppe des hautes plaines d'Algérie.* 2012. Thèse de doctorat. Univ. Sci. Technol. Houa-ri Boumediene, Alger, 120p ;
- 58- Stewart, 1969.** *Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique.* Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 59, pp. 23-36 ;
- 59- United Nations Convention to Combat Desertification, 1992.**
http://www.fao.org/desertification/article_html/en/1.htm ;
- 60- United Nations Convention to Combat Desertification, 2006.**
<http://www.unccd.int/knowledge/faq.php> ;
- 61- Ziani M., Ladaouri H., 2010.** *Potentialités et contraintes agricoles de la commune de Taâdmit.* Mémoire d'ingénieur, U.S.T.H.B., Alger, 2010.



Annexe



Annexe

Annexe 1 : Inventaire des espèces rencontrées à Menkeb Ben Hamed

N°	Code	Espèce
1	Aly1	<i>Alyssum alpestre</i> L.
2	Aly2	<i>Alyssum scutigerum</i> D.
3	Art	<i>Artemisa herba alba</i> L.
4	Ast	<i>Astragalus sinicus</i> L.
5	Atr1	<i>Atractylis prolifera</i> L.
6	Atr2	<i>Atractylis serratuloides</i> Sieber
7	Bro	<i>Bromus rubens</i> L.
8	Car	<i>Carthamus lanatus</i> L.
9	Cen	<i>Centaurea parviflora</i> Desf.
10	Echu	<i>Echium trigorrhizum</i> pomel
11	Echn	<i>Echinaria capitata</i> Desf.
12	Hed	<i>Hedysarum pallidum</i> Desf.
13	Hel1	<i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers.
14	Hel2	<i>Helianthemum hirtum</i> Pers.
15	Hel3	<i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers.
16	Her	<i>Herniaria hirsuta</i> L.
17	Lau1	<i>Launaea angustifolia</i> Desf.
18	Lau2	<i>Launaea mucronata</i> L.
19	Lyg	<i>Lygeum spartum</i> L.
20	Mal	<i>Malva aegyptiaca</i> L.
21	Med	<i>Medicago minima</i> L.
22	Mic	<i>Micropus bombycinus</i> Lag.
23	Noa	<i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. & Schweinf.
24	Par1	<i>Paronychia arabica</i> Batt.
25	Par2	<i>Paronychia argentea</i> Lamk.
26	Pla1	<i>Plantago albicans</i> L.
27	Pla2	<i>Plantago psyllium</i> L.
28	Res1	<i>Reseda alba</i> L.
29	Res2	<i>Reseda lutea</i> L.
30	Sal	<i>Salvia verbenaca</i> L.
31	Sca	<i>Scabiosa stellata</i> L.
32	Sid	<i>Sideritis montana</i> L.
33	Sti	<i>Stipa tenacissima</i> L.
34	Tel	<i>Telephium imperati</i> L.
35	Thyl	<i>Thymelaea tartonraira</i> (L.) All.
36	Thym	<i>Thymus ciliatus</i> L.
37	Tri	<i>Trigonella polyceratia</i> L.
38	Xer	<i>Xeranthemum inapertum</i> L.

Annexe

Annexe 2 : Distribution des espèces dans les familles

Familles	Espèces
<i>Asteraceae</i>	<i>Atractylis proliфера</i> L. <i>Artemisa herba alba</i> L. <i>Micropus bombycinus</i> Lag. <i>Xeranthemum inapertum</i> L. <i>Launaea angustifolia</i> Desf. <i>Atractylis serratuloides</i> Sieber <i>Launaea mucronata</i> L. <i>Centaurea parviflora</i> Desf. <i>Carthamus lanatus</i> L.
<i>Boraginaceae</i>	<i>Echium trygorrhizum</i> Pomel.
<i>Brassicaceae</i>	<i>Alyssum alpestre</i> L. <i>Alyssum scutigerum</i> D.
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Paronychia arabica</i> Batt. <i>Herniaria hirsuta</i> L.
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. & Schweinf
<i>Cistaceae</i>	<i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers. <i>Helianthemum hirtum</i> Pers. <i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers.
<i>Dipsacaceae</i>	<i>scabiosa stellata</i> L.
<i>Fabaceae</i>	<i>Astragalus sinicus</i> L. <i>Medicago minima</i> L.
<i>Lamiaceae</i>	<i>Thymus ciliatus</i> L. <i>Salvia verbenaca</i> L. <i>Sideritis montana</i> L.
<i>Leguminosae</i>	<i>Hedysarum pallidum</i> Desf.
<i>Malvaceae</i>	<i>Malva aegyptiaca</i> L.
<i>Molluginaceae</i>	<i>Telephium imperati</i> L.
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago psyllium</i> L. <i>Plantago albicans</i> L.
<i>Poaceae</i>	<i>Lygeum spartum</i> L. <i>Echinaria capitata</i> Desf. <i>Bromus rubens</i> L. <i>Stipa tenacissima</i> L.
<i>Resedaceae</i>	<i>Resada lutea</i> L. <i>Reseda alba</i> L.
<i>Thymelaeaceae</i>	<i>Thymelaea tartonraira</i> (L.) All.

Annexe

Annexe 3 : Distribution des espèces selon leurs types biologiques

Types biologiques	Espèces
Chaméphytes	<i>Alyssum alpestre</i> L. <i>Artemisa herba alba</i> L. <i>Atractylis serratuloides</i> Sieber <i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers. <i>Helianthemum hirtum</i> Pers. <i>Thymus ciliatus</i> L. <i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers. <i>Noaea mucronata</i> (Forssk.) Asch. & Schweinf <i>Thymelaea tartonraira</i> (L.) All. <i>Centaurea parviflora</i> Desf. <i>Lygeum spartum</i> L.
Hémicryptophytes	<i>Stipa tenacissima</i> L. <i>Plantago albicans</i> L. <i>Telephium imperati</i> L. <i>Paronychia argentea</i> Lamk. <i>Echium trygorrhizum</i> Pomel. <i>Salvia verbenaca</i> L. <i>Hedysarum pallidum</i> Desf. <i>Paronychia arabica</i> Batt.
Thérophytes	<i>Atractylis prolifera</i> L. <i>Herniaria hirsuta</i> L. <i>Reseda alba</i> L. <i>Bromus rubens</i> L. <i>Astragalus sinicus</i> L. <i>Micropus bombycinus</i> Lag. <i>Xeranthemum inapertum</i> L. <i>scabiosa stellata</i> L. <i>Alyssum scutigerum</i> D. <i>Launaea angustifolia</i> Desf. <i>Plantago psyllium</i> L. <i>Trigonella polyceratia</i> L. <i>Medicago minima</i> L. <i>Sideritis montana</i> L. <i>Carthamus lanatus</i> L. <i>Malva aegyptiaca</i> L. <i>Resada lutea</i> L. <i>Launaea mucronata</i> L. <i>Echinaria capitata</i> Desf.

Annexe

Annexe 5 : Table des occurrences/fréquences des espèces

	Place 01	Place 02	Place 03	Place 04	Place 05	Place 06	Place 07	Place 08	Place 09	Place 10
Aly1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aly2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Art	0	14	2	24	7	3	7	0	0	0
Ast	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Atr1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Atr2	0	0	5	0	0	0	1	3	2	0
Bro	3	3	0	0	0	4	1	0	0	0
Car	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Echu	0	0	1	0	1	0	1	3	0	0
Echn	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Hed	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Hel1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Hel2	0	0	3	0	1	0	0	1	1	0
Hel3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Her	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lau1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lau2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lyg	0	3	0	18	4	6	2	5	1	2
Mal	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Med	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Mic	0	3	0	2	2	5	3	0	0	0
Noa	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Par1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Par2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Pla1	0	0	6	0	7	14	0	0	2	0
Pla2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Res1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Res2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Sal	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Sca	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sid	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Sti	10	3	17	6	4	0	28	17	26	30
Tel	0	0	1	0	1	0	2	4	1	1
Thyl	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Thym	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Tri	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Xer	0	2	0	2	0	0	0	2	1	0

التصحّر في المناطق السهبية مشكلة بيئية وتنموية. متابعة وتقييم هذه الظاهرة ضروريان لتكثيف وسائل مكافحتها، وقد تم اختيار منطقة منكب بن حامد المتدهورة لتشخيص آثار هذه الظاهرة على هذا المجتمع النباتي. تم تعيين 10 مساحات يقدر كلا منها بـ 100 م² بينها مسافة 300 متر لكل مساحة على طول مستقيم شمال شرقي جنوب غربي. لدراسة المقاييس النوعية والكمية الغطاء النباتي وللتربة.

أظهرت النتائج أن الغطاء النباتي ضعيف إذ لم يتم احصاء الا 38 نوعا مع وضوح ظاهرة *thérophytisation* في المراعي. في المحمية النظام الإيكولوجي مستقر ونسبة التغطية في حدود 60٪ حيث تساهم فيه الحلفاء بالأغلبية يليها الشيح ثم السناق. نوعية التربة في المنطقة هشة، كلسية، قليلة السمك، خالية من المواد العضوية ومتجانسة إلى حد ما مع ملمس غريني رملي. كلمات مفتاحية: التصحر، التدهور، النظام البيئي في المناطق السهبية، المحميات الرعوية، الحلفاء، التعيين النظامي.

Résumé

La désertification dans les steppes est un problème majeur d'environnement et de développement. Le suivi et l'évaluation de ce phénomène sont essentiels pour adapter les moyens de lutte. La région de Menkeb Ben Hamed, en dégradation continue, a été choisie pour diagnostiquer les effets de ce phénomène sur la communauté végétale présente. Dix placettes de 100 m² chacune, équidistante de 300 m ont été échantillonnées le long d'un transect Nord-Est Sud-Ouest afin d'étudier les paramètres qualitatifs et quantitatifs de la végétation et des sols.

Les résultats montrent que la végétation est assez pauvre avec 38 espèces recensées et une thérophytisation prononcée dans le parcours. Dans la mise en défens, l'écosystème est stable avec un taux de recouvrement de 60 % où *Stipa tenacissima* y contribue fortement, suivie de *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum*. Les sols sont squelettiques, calcaires, peu profonds, dépourvu de matière organique et assez homogène avec une texture limono-sableuse.

Mots clés : Désertification, écosystème steppique, dégradation, *Stipa tenacissima*, mise en défens, échantillonnage systématique.

Summary

The steppes's desertification is a major environmental and development problem. The monitoring and evaluation of this phenomenon are essential to adapt combat ways. The deteriorating region of Menkeb Ben Hamed was chosen to diagnose the effects of this phenomenon on its plant community, by sampling 10 plots of 100 m² each equidistant 300 meters along a transect North-East South-West in order to study the qualitative and quantitative parameters of vegetation and soils.

The results show that the vegetation is rather poor with 38 species recorded with a pronounced therophytisation in the course. In the enclosure, the ecosystem is stable with a recovery rate of 60% where *Stipa tenacissima* contributes to it strongly, followed by *Artemisia herba-alba* and *Lygeum spartum*. The floors are skeletal, limestone, shallow, devoid of organic material and fairly homogeneous with a silty-sandy texture.

Key words: Desrtification, degradation, steppic ecosystem, enclosure, Alfa, systematic sampling.