

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun – Tiaret –

Faculté des Sciences de La Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière : "Sciences biologiques"

Spécialité : " Écosystèmes Steppiques et Sahariens"

Présenté et soutenu publiquement par

M. ANNANE ANES

M. SEBBAR MOHAMED

**Contribution à l'étude de la relation entre la
végétation et les conditions édaphiques (Cas du
canton Ain Harmela).**

Devant le jury:

Président : M. ZEDEK M.

Promotrice : M^{me}. BOUCHENAF A N.

Examineur : M. BENKHETTOU A.

Année universitaire : 2016 – 2017

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun – Tiaret-

Faculté des Sciences de La Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière : "Sciences Biologiques"

Spécialité : " Écosystèmes Steppiques et Sahariens"

Présenté et soutenu publiquement par

M. ANNANE ANES

M. SEBBAR MOHAMED

**Contribution à l'étude de la relation entre la
végétation et les conditions édaphiques (Cas du
canton Ain Harmela).**

Devant le jury:

Président : M. ZEDEK M.

Promotrice : M^{me}. BOUCHENAF A N.

Examineur : M. BENKHETTOU M.

Année universitaire : 2016 – 2017

Remerciements

Tout d'abord nous remercions ALLAH, le tout puissant de nous avoir aidé pour réaliser ce travail.

Nos remerciements s'adressent à M^{me}. BOUCHENAJA N. qui a accepté d'être notre encadreur et pour ses efforts déployés, ses encouragements et sa patience.

Nous tenons à remercier M. ZEDEK M. d'avoir présidé le jury.

Nos vives gratitude vont à M. BENKHETTOU A. qui a bien voulu examiné notre travail.

Nous remercions également les directeurs, les techniciens et les ingénieurs de la DSA, de la Conservation des forêts de Tiaret et de Sougueur, qui nous ont aidés pendant la réalisation de notre travail expérimental.

Le personnel du laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest L.T.P.O à Tiaret, nous a apporté beaucoup d'aide durant la réalisation des analyses de sol, nous les en remercions.

Nous remercions également tous les ingénieurs et techniciens des laboratoires de la faculté qui nous ont aidés pendant la réalisation de notre travail expérimental.

Notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements vont à tous les enseignants qui nous ont encadrés durant notre cursus.

Sans oublier de remercier tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour effectuer ce travail.

Enfin, nos immenses remerciements vont à tous nos amis de la promotion Master II, écosystèmes steppiques et sahariens, pour leur support, leurs aides et leurs encouragements.

DEDICACE

Je dédie cet humble travail :

A mes chers parents, en qui j'ai trouvé le soutien immense dans les études et la vie, espérant que ce travail soit pour eux le témoignage de ma profonde affection et mon grand respect ;

A ma chère sœur ;

A toute ma famille ;

A Mes amis : Abdelkerim, Amine, Yassine, Nouredine, Mokhtar, Karim, Islem, Redhouane, Mohamed et Abdeljabbar ;

A tous les membres de l'association KAFIL ELYATIME ;

A mes camarades de la promotion sans exception ;

A toutes les personnes qui m'ont soutenue de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Anes...A

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail avec mes sentiments les plus profonds :

A mes très chers parents ;

A mes très chers frères A mes très chères sœurs ;

A tous mes amis ;

A tous les membres de « ASSOCIATION KAFIL ELYATIME » ;

A mon binôme: Anes ;

A tous mes professeurs ;

A tous les étudiants et le personnel de l'université de Tiaret et en particulier les étudiants de la promotion Master II, écosystèmes steppiques et sahariens.

Moh...S

Résumé

Notre étude a été réalisée dans la forêt de Harmela qui se trouve dans la partie orientale du massif du Nador, dont l'objectif est de fournir des données phytoécologiques en mettant en évidence les relations entre le couvert végétal et les paramètres édaphiques afin de permettre une meilleure connaissance de la végétation qui colonise notre zone d'étude.

La méthodologie utilisée est basée sur les analyses floristiques et les analyses physico-chimiques du sol. Ensuite, les données issues de ces deux réalisations ont été traitées par des méthodes statistiques multi variées, pour aboutir à des associations végétales plus ou moins homogènes par rapport à leur milieu édaphique.

Mots clés : Nador, Harmela, phytoécologie, relation, sol, végétation, ACP, AFC, CAH.

Abstract

Our study was carried out in the Harmela forest in the eastern part of the Nador massif, whose objective is to provide phytoecological data by highlighting the relationship between vegetation cover and edaphic parameters in order to better knowledge the vegetation that colonizes our study area.

The methodology used is based on floristic analyzes and soil physico - chemical analyzes. Then, the data obtained from these two realizations were treated by multi-varied statistical methods; in order arrive to plant associations more or less homogeneous with their edaphic environment.

Keywords: Nador, Harmela, phytoecology, relation, soil, vegetation, PCA, CA, HC.

الملخص

قمنا بإجراء دراسة في غابة حرملة الواقعة في الجهة الشرقية من جبال الناظور من أجل تكوين معلومات بيئية تساعدنا على معرفة نوعية النباتات في منطقة الدراسة وعلاقتها بالتربة. المنهجية التي استعملناها تعتمد على دراسة النبات ودراسة التركيبية الفيزيوكيميائية للتربة. و بعد ذلك قمنا بمعالجة المعطيات بطرق إحصائية متعددة المتغيرات من أجل الوصول إلى تجمعات نباتية متجانسة مع وسطها الترابي.

الكلمات المفتاحية :

الناظور، حرملة، معلومات بيئية ، علاقة ، تربة ، نبات ، ACP ، AFC ، CAH.

Liste des abréviations

% : Pour cent

°C : Degré Celsius

A : Argile

ACP : Analyse en composantes principales

AFC : Analyse factorielle des correspondances

ANAT : Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire

Ca : Calcaire actif

CAH : Classification ascendante hiérarchique

Ce : Conductivité électrique

CDF : Conservation Des Forêts

cm : Centimètre

Ct : Calcaire total

DSA : Direction des services agricoles

FAO : Food and Agriculture Organisation

g : Gramme

GPS : Global Positioning System

ha : Hectare

HCDS : Haut-Commissariat au Développement de la Steppe

INSID : Institut national des sols de l'irrigation et du drainage

K : Degré Kelvin

km² : Kilomètre carré

L : Limon

L.T.P.O : Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest

m : Mètre

m² : Mètre carré

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

ml : Millilitre

mm : Millimètre

Mo : Matière organique

MS : Matière sèche

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NE : Nord-Est

P (mm) : Pluviométrie en millimètre

S : Sable

SAU : Surface agricole utile

SO : Sud-Ouest

T : Température

TM : Température maximale

Tm : Température minimale

UF : Unité fourragère

WRI : World Resources Institute

Liste des figures

Figure N°01 : Carte des zones sèches dans le monde	2
Figure N°02 : Délimitation de la steppe algérienne	3
Figure N°03 : Carte bioclimatique de l'Algérie	4
Figure N°04 : Les types de sol en Algérie	6
Figure N°05 : Schéma de l'évolution de la végétation dans l'étage aride	12
Figure N°06 : L'indice de végétation de la steppe algérienne	16
Figure N°07 : Situation géographique de la zone d'étude	21
Figure N°08 : Diagramme ombrothermique de la zone étude	24
Figure N°09 : Protocole de la méthode de travail.	32
Figure N°10 : Répartition des espèces par type biologique.	33
Figure N°11 : Projection des relevés sur les axes 1 et 2.	34
Figure N°12 : Projection des espèces sur les axes factoriels.	34
Figure N°13 : Projection des échantillons du sol sur les axes 1 et 2.	36
Figure N°14 : Cercle de corrélation des variables mésologiques	37
Figure N°15 : Dendrogramme des espèces	38
Figure N°16 : Dendrogramme des relevés floristiques	39
Figure N°17 : Dendrogramme des échantillons (CAH).....	40
Figure N°18 : Sol d'apport colluvial (station n°04).....	40
Figure N°19 : Photo illustrant la présence d'une espèce de Jasmin sur un sol peu évolué (station n°06).....	41
Figure N°20 : Photo illustrant la présence de l'espèce <i>Thymelaea hirsuta</i> sur un lithosol (station n°03).....	41

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 °c.....	10
Tableau N°02 : L'état des parcours steppiques en 2005.....	16
Tableau N°03 : Les précipitations mensuelles moyennes (1990-2013).....	23
Tableau N°04 : Les températures mensuelles moyennes (1990-2013).....	23
Tableau N°05 : Valeurs propres et pourcentage d'inertie des 3 premiers axes de l'AFC	33
Tableau N°06 : Valeurs propres et pourcentage d'inertie des 4 premiers axes de l'ACP	35

SOMMAIRE

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1: Généraliés sur la steppe

1.1. Définition	2
1.2. Répartition des steppes arides	2
1.2.1. Dans le monde	2
1.2.2. Dans le Nord-Africain	3
1.2.3. En Algérie	3
1.2.4. Dans la wilaya de Tiaret	4
1.3. Conclusion.....	5

Chapitre 2: Les sols en milieu steppique

2.1. Introduction	6
2.2. Aperçu sur les déférents types de sols.....	7
2.2.1. Les sols peu évolués.....	7
2.2.2. La classe des sols calcimagnésiques	7
2.2.3. La classe des sols isohumiques	8
2.2.4. La classe des sols minéraux bruts	8
2.3. Le calcaire	8
2.3.1. Définition	8
2.3.2. Le sol calcaire.....	8
2.3.3. Origine du calcaire dans le sol	9
2.3.4. Formes du calcaire dans le sol.....	9
2.3.5. Effet du calcaire sur le sol et les végétaux	10
2.4. La salinité	10

2.4.1. Définition	10
2.4.2. Le sol salé.....	10
2.4.3. Origine de la salinité des sols	10
2.4.4. Action de la salinité sur les propriétés physiques du sol.....	11
2.4.5. Action de la salinité sur les propriétés chimiques du sol	11
2.4.6. Effet de la salinité sur les végétaux.....	11
Chapitre 3: La végétation en milieu steppique	
3.1. Les formations végétales.....	12
3.1.1. Les formations forestières et de dégradation forestière	13
3.1.1.1. Les forêts	13
3.1.1.2. Les matorrals	13
3.1.2. Les formations steppiques.....	13
3.1.2.1. Les formations à Alfa.....	13
3.1.2.2. Les formations à armoise blanche.....	13
3.1.2.3. Les formations à sparte	14
3.1.2.4. Les formations à Remt	14
3.2. Les principaux groupements végétaux.....	14
3.2.1. Groupements de type zonal.....	14
3.2.2. Groupements de type azonal (ou subazonal).....	14
3.3. Caractéristiques générales des espèces végétales	15
3.4. L'état actuel de la végétation steppique	16
3.5. Les facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques.....	17
3.5.1. Facteurs physiques	17
3.5.1.1. Sécheresse	17
3.5.1.2. Erosion éolienne.....	17
3.5.2. Facteurs anthropiques.....	17
3.5.2.1. Le surpâturage	17
3.5.2.2. Défrichement et extension de la céréaliculture	18

3.5.2.3. Eradication des espèces ligneuses comme combustibles	18
3.6. Principales actions d'aménagement	18
3.7. Relation sol-végétation.....	18
3.7.1. Généralités.....	18
3.7.2. L'influence de la végétation.....	19
3.7.2.1. L'influence directe de la végétation	19
3.7.2.2. L'influence indirecte de la végétation.....	19

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 04 : Présentation de la zone d'étude

4.1. Localisation administrative	21
4.2. Relief.....	21
4.3. Géomorphologie.....	21
4.4. Géologie	22
4.5. Pédologie.....	22
4.6. Végétation	22
4.7. Hydrologie.....	23
4.8. Climat.....	23
4.8.1. Pluviométrie	23
4.8.2. Température	23
4.8.3. Vent.....	24
4.8.4. Gelée	24
4.8.5. Neige.....	24

Chapitre 05 : Matériels et méthodes

5.1. Objectif.....	25
5.2. Méthodologie	25
5.3. Méthode de quantification de la végétation	25
5.4. Réalisation des relevés	25
5.5. Détermination botanique	26

5.6. Analyses pédologiques	26
5.7. Traitements statistiques	28
5.7.1. Supports et moyens de travail	28
5.7.2. Exploitation des données.....	29
5.7.3. Méthodes d'ordination et de classification.....	31
5.7.3.1. Classification ascendante hiérarchique (CAH)	31
5.7.3.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	31
5.7.3.3. Analyse en composantes principales (ACP)	31

Chapitre 6: Résultats et discussion

6.1. Spectre biologique.....	33
6.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	33
6.2.1. Les valeurs propres.....	33
6.2.2. La carte factorielle.....	33
6.3. Analyse en composantes principales (ACP)	35
6.3.1. Les valeurs propres.....	35
6.3.2. La carte factorielle.....	36
6.3.3. Cercle de corrélation	37
6.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)	38
6.4.1. Dendrogramme des espèces	38
6.4.2. Dendrogramme des relevés	39
6.4.3. Dendrogramme des échantillons du sol	39
Conclusion générale	42

References bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

Les forêts ont toujours constituées une composante déterminante de la stabilité de l'équilibre socioéconomique de la population ; elles offrent aussi un habitat pour la faune sauvage et protègent le milieu contre la désertification et l'érosion.

Nulle part, le problème de la protection des forêts, ne se pose avec autant d'acuité que dans les zones arides, où les aléas climatiques combinés aux actions anthropozoïques peuvent aboutir à une dégradation irréversible de ces écosystèmes qui sont déjà fragilisés.

Une stratégie de protection, de conservation, de restauration ou de réhabilitation dans le cas échéant, s'impose, afin d'atténuer les effets dévastateurs de la désertification. Mais il faut tout d'abord faire un diagnostic aussi complet que possible, c'est ce que permet la phytoécologie.

Par ailleurs, le massif de Nador constitue une zone menacée de notre patrimoine ; car il fait parti de l'étage bioclimatique aride. De par sa localisation géographique et son étendue sur 50 km de l'ouest vers l'est, il constitue une zone de transition pour le mouvement de cheptels transhumants. La dynamique de la végétation indique une évolution régressive, c'est-à-dire le passage d'une forêt à un matorral, évoluant à une formation végétale steppique.

Dans le cadre de préservation des écosystèmes forestiers et steppiques dans la région de Tiaret, nous avons mené une étude dans la partie orientale du massif du Nador. Par ailleurs, nous avons entamé notre travail par une investigation bibliographique, suivie d'une récolte de données phytosociologiques sur terrain, et des prélèvements des échantillons du sol. En établissant des tableaux contenant l'essentiel de l'information requise, nous avons procédé à des analyses factorielles (ACP, AFC) complétées par la classification ascendante hiérarchique (CAH).

La finalité de ce travail est de faire ressortir les différentes associations végétales et la relation entre la végétation et le milieu au niveau du massif.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 01 :

GÉNÉRALITÉS SUR LA STEPPE

1.1. Définition

Le terme steppe évoque d'immenses étendues plus ou moins arides, à relief peu accusé, couvertes d'une végétation basse et clairsemée (**LE HOUEROU, 1995**).

D'après **AIDOU** (1996), la steppe est un milieu aride qui n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation pérenne.

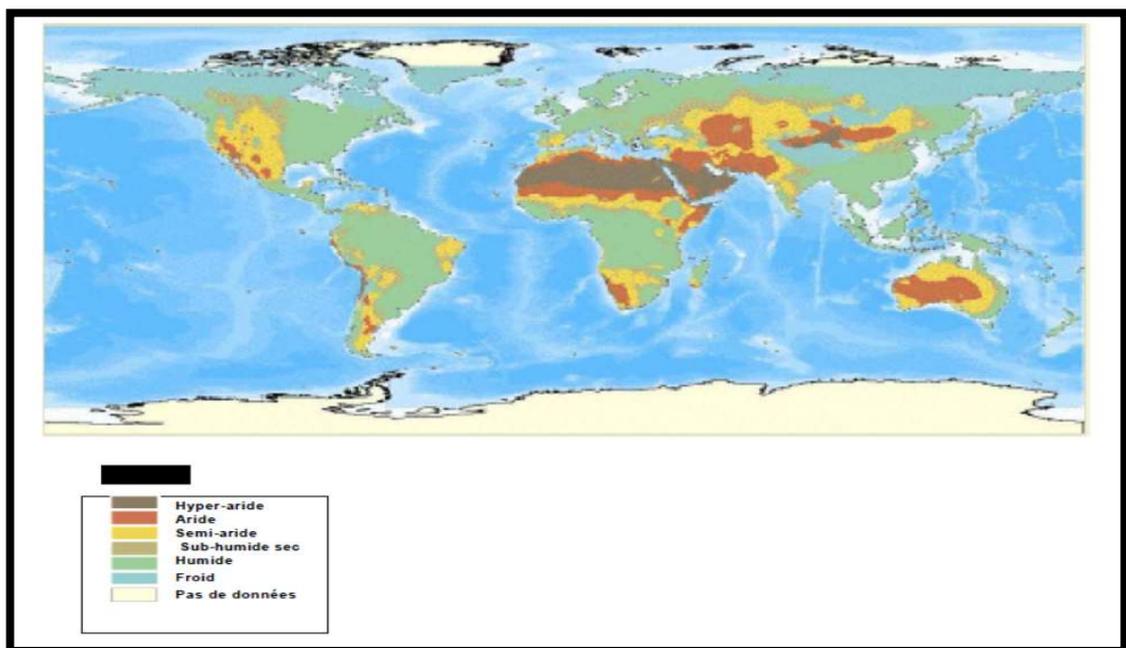
BENCHERIF (2011) a défini la steppe comme étant un écosystème caractérisé par une formation végétale hétérogène discontinue plus au moins dense, composée de plantes herbacées et arbustives xérophiles de hauteur limitée, et par des sols généralement maigres à faible taux en matière organique.

1.2. La répartition des steppes arides

1.2.1. Dans le monde

Selon **WRI (2002)** les zones arides comprennent les zones arides, semi-arides et subhumides sèches (**Figure N°01**) :

- Les zones arides couvrent près de 54 millions de km² du globe. Les zones semi-arides sont les plus étendues, suivies des zones arides, puis des terres subhumides sèches. Ces zones d'aridité s'étendent sur tous les continents, mais se trouvent surtout en Asie et en Afrique.
- La zone hyper-aride est la moins étendue, comprenant environ 11 millions de km² (soit 8 pour cent de la superficie totale) et est représentée principalement par le désert saharien. Les terres hyper-arides ne conviennent généralement pas à la culture.



Source : WRI (2002)

Figure N°01 : Carte des zones sèches dans le monde.

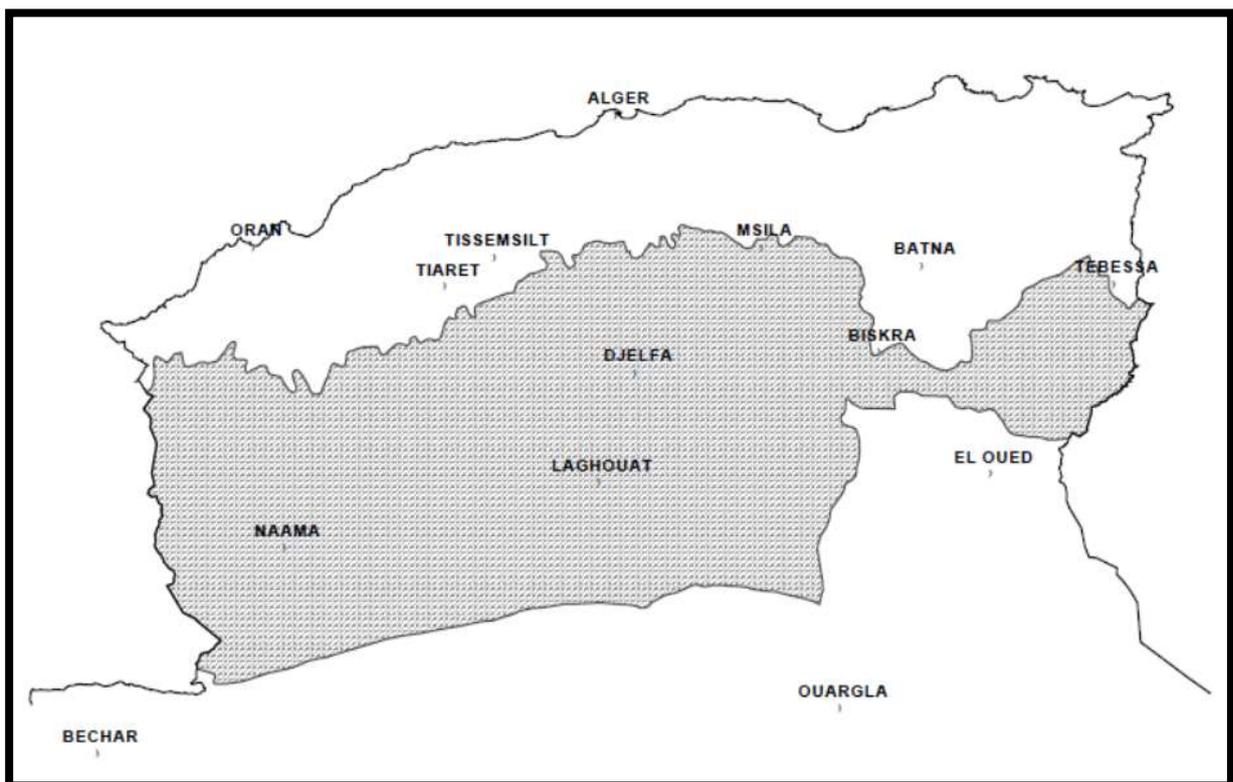
1.2.2. Dans le Nord-Africain

Les zones arides et steppiques occupent un peu plus de 600 000 Km² au Nord du Sahara, dont environ 34 % en Algérie, 31 % en Libye, 19 % au Maroc, 11 % en Tunisie et 5 % en Egypte (LE HOUEROU, 1995).

Le climat, de ces zones, est méditerranéen aride. La pluie est l'élément climatique prépondérant et la délimitation des zones climatiques peut être valablement fondée sur la moyenne pluviométrique annuelle (P en mm/an) AIDOUUD et al, (2006).

1.2.3. En Algérie

La steppe algérienne, limitée au nord par l'Atlas tellien et au sud par l'Atlas saharien (au sud Est, elle est limitée par une zone présaharienne), s'étend sur une longueur d'environ 1000 km de la frontière tunisienne à la frontière marocaine, et sur une largeur irrégulière allant de 300 km à l'ouest à 150 km à l'est (Figure N°02). Son altitude varie de 400 à 1200 m, d'où l'appellation de Hauts plateaux que l'on donne aussi à cette région. Elle occupe 20 millions d'hectares sur un total de 42 millions d'hectares de steppe pour l'ensemble du Maghreb (BENCHERIF, 2011).



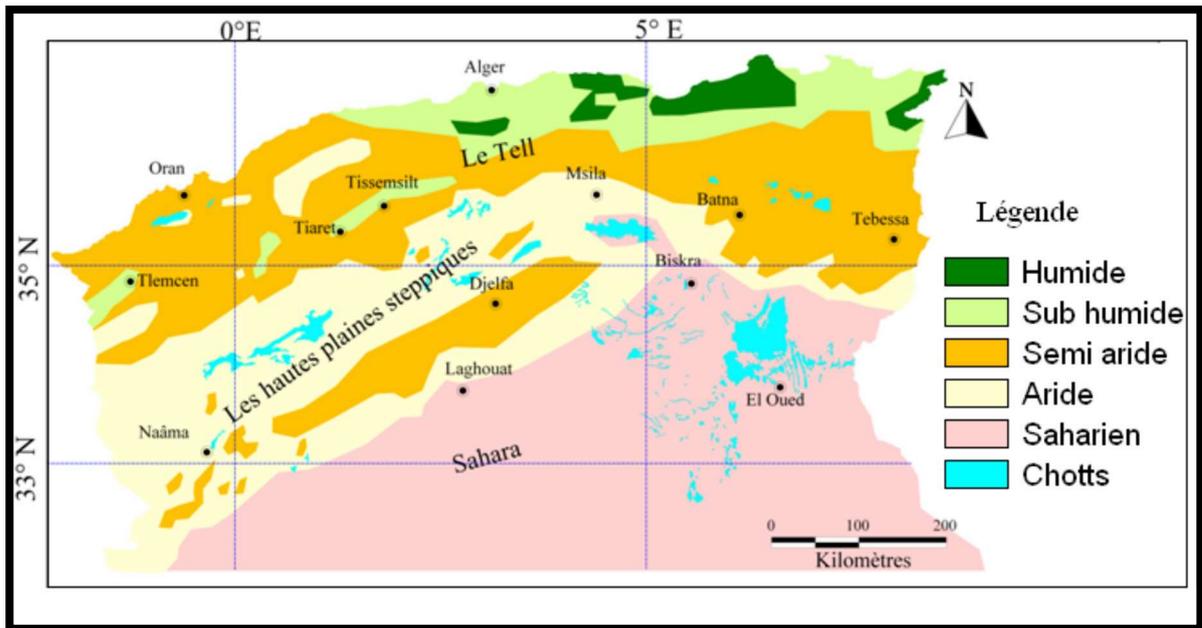
Source : NEDJRAOUI (2004)

Figure N°02 : Délimitation de la steppe algérienne.

La steppe algérienne est caractérisée par un climat semi-aride fortement marqué par la continentalité (Figure N°03). Ce climat se caractérise par :

- La faiblesse et l'irrégularité des précipitations.
- Une forte luminosité.
- L'amplitude de température moyenne annuelle est toujours supérieure à 20°C.
- Une forte évaporation.

La température et la pluviométrie ont un impact important sur la végétation de parcours, l'élevage ovin et même la vie d'éleveurs principalement les nomades (AROUR, 2001).



Source : ANAT (2004) cité par BENGUERAI (2011)

Figure N°03 : Carte bioclimatique de l'Algérie.

1.2.4. Dans la wilaya de Tiaret

La région de Tiaret, quoique relevant de l'Atlas tellien, présente 70% de superficie de parcours steppiques. Elle est retenue comme une zone où le phénomène de désertification est accentué compte tenu de sa situation sur l'itinéraire des éleveurs, en particulier des nomades (BENKHETTOU et al, 2015).

La zone steppique s'étale sur 14 communes et occupe une superficie de 1.380.401 ha, soit 68,44% de la superficie totale de la wilaya (Carte N°04). En majorité, elles sont localisées dans le sous étage bioclimatique aride moyen qui est caractérisé par une végétation purement steppique et une pluviométrie variant entre les isohyètes 200 et 300 mm/an. Excepté le massif du Nador se localise dans l'aride supérieur, où s'y trouvent des essences forestières vestigiales associées aux espèces steppiques (PAW, 2009 in BESBAS et BOUMENTEL, 2012).

Sur le plan édaphique les sols sont squelettiques à un seul horizon ne dépassant 25 cm de profondeur, ils offrent une très faible capacité de rétention d'eau. En outre ils présentent deux caractéristiques principales : pauvreté et fragilité, prédominance des sols minces de couleur grise

à cause de la rareté en humus, d'où, ils sont plus exposés à l'érosion. Ces sols posent d'énormes problèmes de mise en valeur, ils présentent des croutes calcaires ou gypseuses et sont la plupart de temps salés et sujets à l'érosion.

Dans la wilaya de Tiaret cependant, les parcours et les nappes alfatières représentent respectivement 26,62% et 24,12% des zones steppiques (**PAW, 2009 in BESBAS et BOUMENTEL, 2012**).

1.3. Conclusion

La spécificité de la steppe reste liée aux facteurs : climat, végétation, sol et l'homme. A leur tour ces facteurs combinés déterminent les productions de la steppe. L'hétérogénéité et la spécificité de la steppe restent les éléments fondamentaux qui guideraient toute tentative d'utilisation de la steppe. Cette utilisation doit être dictée par les types d'occupation du sol (**HADDOUCHE, 2009**).

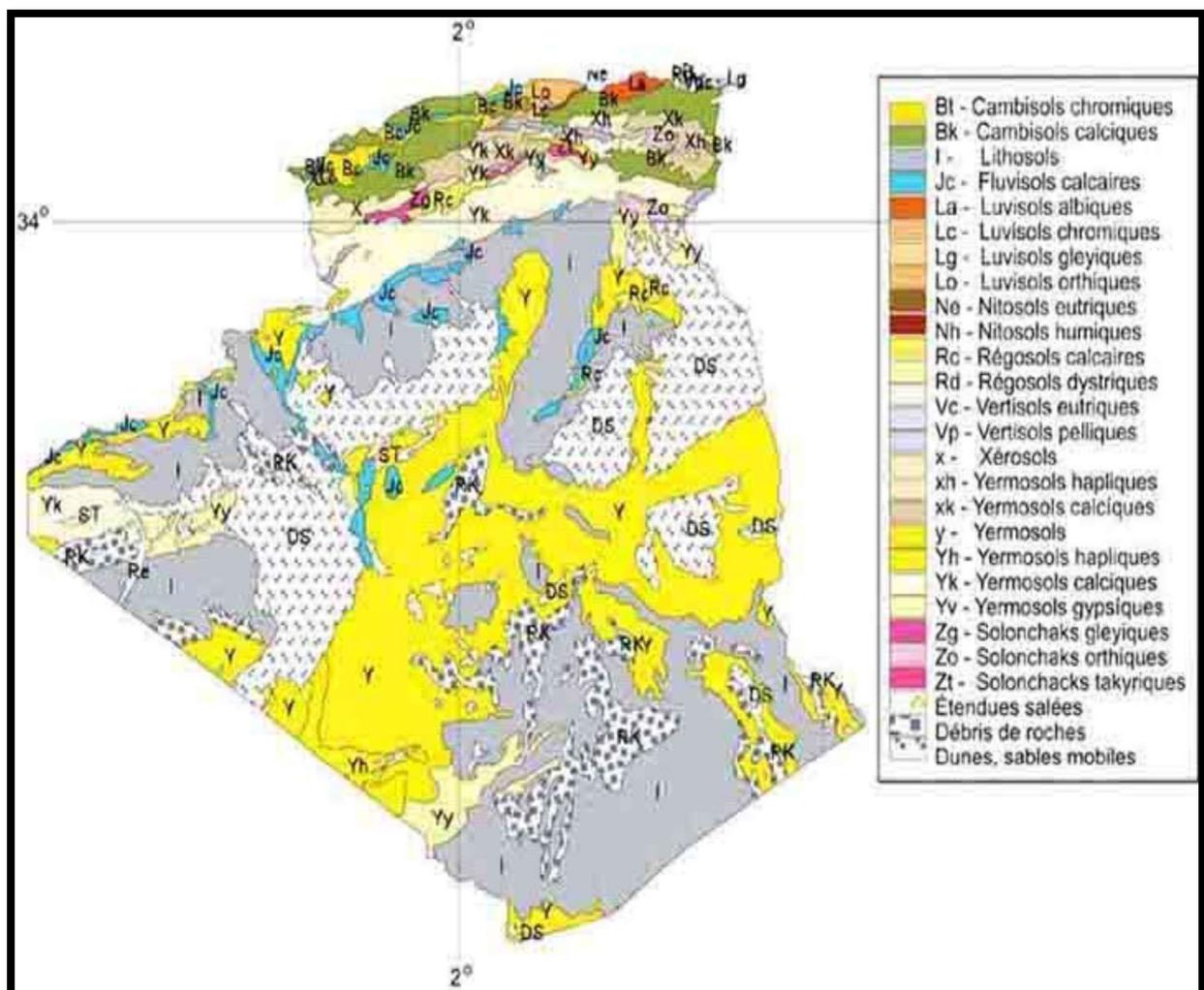
*CHAPITRE 02 : LES SOLS EN
MILIEU STEPPIQUE*

2.1. Introduction

Selon **POUGET (1980)**, La plupart des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sol utile ; ils sont généralement pauvres en matière organique et sensibles à la dégradation. Les bons sols dont la superficie est limitée, se situent au niveau des dépressions (sols d'apport alluvial) soit linéaire et constituées par les lits d'oueds soit fermées et appelées Dayas (**Figure N°04**).

En revanche, les fortes variations de température diurne provoquent une désagrégation très poussée de matériaux, libérant des particules de dimension variable qui sont l'objet d'un tri par les vents violents qui règnent dans ces zones. Certains de ces sols sont cependant soumis aux processus de redistribution des sels : calcification, salinisation (**DUCHAUFOR, 2001**).

Les roches mères sont en général calcifères : alluvions éoliens déposés sur des calcaires pulvérulents (**BENCHETRIT, 1956**).



Source : FAO (2005)

Figure N°04 : Les types de sol en Algérie.

2.2. Aperçu sur les différents types de sols

La répartition des sols steppiques correspond à une mosaïque compliquée ou se mêlent sols anciens (paléosols) récent, dégradés et évolués (BOUKHLIFA, 1977 in AROUR, 2001).

Selon POUGET (1980), les principaux sols rencontrés dans la steppe sont :

2.2.1. Les sols peu évolués

Ils se distinguent par deux types de sols :

➤ Les sols peu évolués d'apport alluvial

Les sols se répartissent particulièrement dans les chenaux d'oueds alluvionnés, les épandages de débordement sur la terrasse récente des oueds principaux et les petits DAYATS.

Ils présentent la majeure partie des sols cultivés en céréales, les principaux groupements végétaux sont des groupements cultigènes et jachères, à (*Ziziphus lotus*) et à (*Artemisia herba-alba*). Ils sont de texture fine à moyenne et à grossière avec une grande hétérogénéité dans le profil, la structure est généralement lamellaire sur les premiers centimètres, polyédrique subangulaire en profondeur, la profondeur est de 10 à 50 cm limitée par une croûte calcaire pauvre en matières organiques sur roche mère dure (calcaire grès) ou tendre (marnes). La profondeur est peu importante (< 20 cm) avec une proportion élevée d'éléments grossiers, une forte charge caillouteuse et un faible taux de matières organiques.

➤ Les sols peu évolués d'érosion

Sur roche mère (grès calcaire) ou tendre (marne) présentent une profondeur peu importante inférieure à 20 cm et une proportion élevée d'éléments grossiers, une forte charge caillouteuse et un faible taux de matière organique.

2.2.2. La classe des sols calcimagnésiques

Cette classe est représentée par plusieurs types de sols :

➤ Les rendzines

Ils sont localisés essentiellement dans l'Atlas saharien, souvent très dégradés et érodés, (associées aux sols bruns calcaires, lithosols et regosols), présentant en générale les caractéristiques suivantes :

Une structure grumeleuse, un taux de matières organiques supérieur à 3%, un taux de calcaire total supérieur à 40% et une végétation forestière et préforestière à base de pin d'Alep, genévrier, de romarin et d'alfa.

➤ Les sols bruns calcaires

Ils sont également caractéristiques de la zone montagneuse et se définissent comme les rendzines par une structure grumeleuse, un taux de matières organiques également supérieur à 3% et un couvert végétal forestier.

➤ **Les sols bruns calcaires à accumulation calcaire**

Ces sols, localisés sur les glacis du quaternaire sont dans l'ensemble caractérisés par une profondeur peu importante (20 à 50 cm), une texture sablo-limoneuse à limone-sableuse, un taux de matières organiques inférieur à 2% et une végétation à base d'alfa, d'armoise blanche et sparte.

2.2.3. La classe des sols isohumiques

Essentiellement des sierozems, se localisent sur glacis ou moins caillouteux du quaternaire moyen et ancien. Ces sols présentent une texture grossière, un taux de calcaire total élevé, un faible taux de matière organique (< 10%) et sont occupés par une végétation psamophyle.

2.2.4. La classe des sols minéraux bruts

Sols peu évolués d'érosion sur les Djebels et affleurement du substratum géologique, cette classe est représentée par plusieurs types de sols :

➤ **Les sols minéraux bruts**

Ils sont situés généralement sur pente assez forte où les couches superficielles sont constamment entraînées empêchant ainsi la formation du sol. Le couvert végétal est très peu significatif.

➤ **Les sols minéraux bruts d'apport alluvial**

Se localisent au niveau des lits d'oueds, ils présentent une texture sableuse et une forte charge caillouteuse.

➤ **Les sols minéraux bruts d'apport éolien**

Ils sont constitués de sables plus ou moins mobiles.

2.3. Le calcaire

2.3.1. Définition

Le calcaire est une roche sédimentaire principalement organogène qui peut être détritique (contenant au moins 50% de CaCO_3 . Exemple : un calcaire marneux) (**BAIZE et JABIOL, 1995**), ou chimique (**LOZET et MATHIEU, 2002**). Le calcaire est généralement bien stratifié ou compact. Sa couleur est variable mais souvent blanchâtre, gris ou sombre (**LOZET et MATHIEU, 2002 in GADJA, 2010**).

2.3.2. Le sol calcaire

Un sol calcaire c'est un sol contenant du CaCO_3 libre en quantité suffisante pour présenter une effervescence visible sous l'action d'HCl dilué à froid, le CaCO_3 est souvent accompagné de MgCO_3 (**MADANI, 2008**).

Selon la teneur en calcaire, il y a cinq (05) classes de sols calcaires (**LOZ et MATHIEU, 1990 in MADANI, 2008**) :

- Sols très faiblement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 < 2\%$.

- Sols faiblement calcaires avec un taux de CaCO₃ de 2 à 10%.
- Sols moyennement calcaires avec un taux de CaCO₃ de 10 à 25%.
- Sols fortement calcaires avec un taux de CaCO₃ de 25 à 50%.
- Sols très fortement calcaires avec un taux de CaCO₃ > 50%.

2.3.3. Origine du calcaire dans le sol

Le calcaire peut provenir de l'altération de la roche mère (RUELLAN, 1976) ou de précipitation de carbonate de calcium secondaire (RUELLAN, 1971 ; DUCHAUFOR et SOUCHIER, 1977 in DJILI et Al, 1999).

Il arrive aussi que le calcaire du sol ait une origine biologique et qu'il soit constitué, partiellement ou en totalité, par des coquilles de gastéropodes (Hélicidés) (MATHIEU et Al, 2003 in MADANI, 2008).

2.3.4. Formes du calcaire dans le sol

Le calcaire peut être distribué et individualisé de trois façons différentes :

➤ Distribution diffuse

Le calcaire se présente sous forme de particules fines de dimensions égales ou inférieures à 1mm. Ces particules sont distribuées au hasard dans la base de l'horizon (RUELLAN, 1971 in MADANI, 2008).

➤ Concentrations discontinues

En Algérie, d'après DJILI (2000), les formes diffuses et discontinues, se localisent aussi bien dans les régions Sud de l'Algérie septentrionale, ces deux formes sont les biens représentés dans l'ensemble du profil (MADANI, 2008).

Les principales formes que ces concentrations discontinues peuvent avoir sont les suivantes :

- Les pseudo- myceliums.
- Les amas friables.
- Les nodules.

➤ Concentrations continues

Cette forme se rencontre rarement en surface ; elle est relativement plus fréquente à la base du profil (MADANI, 2008).

Il y a plusieurs types d'encroûtements :

- Les encroûtements non feuilletés : il y a deux types : (les encroûtements massifs et les nodulaires).
- Les encroûtements feuilletés : il y a deux types : (les croûtes et les dalles compactes).

La forme continue se situe essentiellement au niveau des régions arides et semi- arides (DJILI, 2000 in MADANI, 2008).

2.3.5. Effet du calcaire sur le sol et les végétaux

La présence de calcaire dans un sol, dès la surface, provoque une augmentation de la teneur en matière organique totale, ainsi qu'une incorporation de matière organique sur une grande épaisseur (**LE TACON, 1978**).

En outre, il est bien connu que certaines espèces " les calcifuges " ne peuvent prospérer sur les sols calcaires : on sait que la nutrition de ces espèces est perturbée sur ces milieux le plus souvent par une insuffisance d'absorption en fer et en manganèse (**DUCHAUFOUR et BONNEAU, 1962**).

2.4. La salinité

2.4.1. Définition

La salinisation est l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium (K^+), le magnésium (Mg^{2+}), le calcium (Ca^{2+}), le chlorure (Cl^-), le sulfate (SO_4^{2-}), le carbonate (CO_3^{2-}), le bicarbonate (HCO_3^-) et le sodium (Na^+).

2.4.2. Le sol salé

Dans les « sols salés » nous incluons tous les sols dont l'évolution est dominée par leur richesse en sels solubles ou par les ions en provenant et provoquant la dégradation de leur structure qui devient diffuse. Il est proposé de les dénommer sols « salsodiques » (**AUBERT, 1983**).

Le tableau N°01 donne quelques classifications de salinité.

mmhos.cm ⁻¹ dS.m ⁻¹	0,6	1	2	3	4
CE _{1/5}	non salé	légèr- ement salé	salé	très salé	
CE _{1/10}	non salé	lege- rem: salé	salé	très salé	
				extrêmement salé	

Tableau N°01 : Classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 °c cité in **MADANI (2008)**.

2.4.3. Origine de la salinité des sols

En zones arides, la salinité des sols est quasiment tout le temps liée à l'irrigation des terres cultivables. Aborder le thème de la salinité dans ces zones c'est donc s'intéresser en particulier aux pratiques d'irrigation. La salinisation peut s'expliquer, entre autre par le fait que bien souvent en zones arides, les lieux d'implantation des périmètres irrigués se trouvent sur des zones où l'eau utilisée n'est pas de très bonne qualité (plus ou moins chargée en sels) ou, si elle l'est, se trouve détournée pour la consommation courante et exponentielle des villes (**BOUCHOUKH, 2009 in BOUKHALFA, 2013**).

2.4.4. Action de la salinité sur les propriétés physiques du sol

Les cations des sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par conséquent (DUCHUFFOUR, 1976 in HADDAD et ABBES, 2015) :

- Structure dégradée;
- Réduction de la perméabilité;
- Mauvaise stabilité structurale;
- Faible disponibilité de l'eau à la plante.

2.4.5. Action de la salinité sur les propriétés chimiques du sol

➤ Le pH

La réaction du sol est influencée par la nature des sels. Alors que certains sels sont acidifiants (CaSO_4 , MgSO_4), d'autres sont alcalinisants (NaHCO_3 , CaCO_3 , NaCO_3) (HALITIM, 1973 in HADDAD et ABBES, 2015).

➤ La fertilité chimique du sol

La faible fertilité des sols salés est généralement liée à la présence de sels solubles, en particulier les sels de sodium (SZABOLCS, 1979). L'étude de l'interaction entre la salinité et la fertilité sur la croissance, la composition minérale et le métabolisme de l'azote des plantes, a montré que la salinité diminue la fertilité du sol (GARG et al. 1993). Ils ont aussi noté qu'avec l'augmentation de la salinité, il y a une augmentation de la concentration de Na^+ échangeable et une baisse des concentrations de N. P. K (BOUKHALFA, 2013).

2.4.6. Effet de la salinité sur les végétaux

La richesse en sels solubles ou les mauvaises qualités physiques des sols salsodiques conduisent à une spécialisation de la végétation, et même à sa disparition totale lorsque, dans la solution du sol, la pression osmotique créée par les sels ou la toxicité spécifique de certains ions devient trop élevée comme le bore et surtout l'ion chlore (AYERS, 1978 ; BERNSTEIN, 1964, 1965 ; CALVET, 2003 in MADANI, 2008).

*CHAPITRE 03 : LA VÉGÉTATION
EN MILIEU STEPPIQUE*

3.1. Les formations végétales

Il est maintenant admis que la végétation de steppe provient de la dégradation plus ou moins récente de formations forestières primitives, ou éventuellement de steppes arborées.

La dynamique actuelle serait donc régressive (**Figure N°05**) sauf localement où l'on observe un début de dynamique progressive (resemis de pins d'Alep, colonisation des jachères et des sables mobiles, etc..) si la pression de l'homme n'est pas trop forte (**POUGET, 1980**).

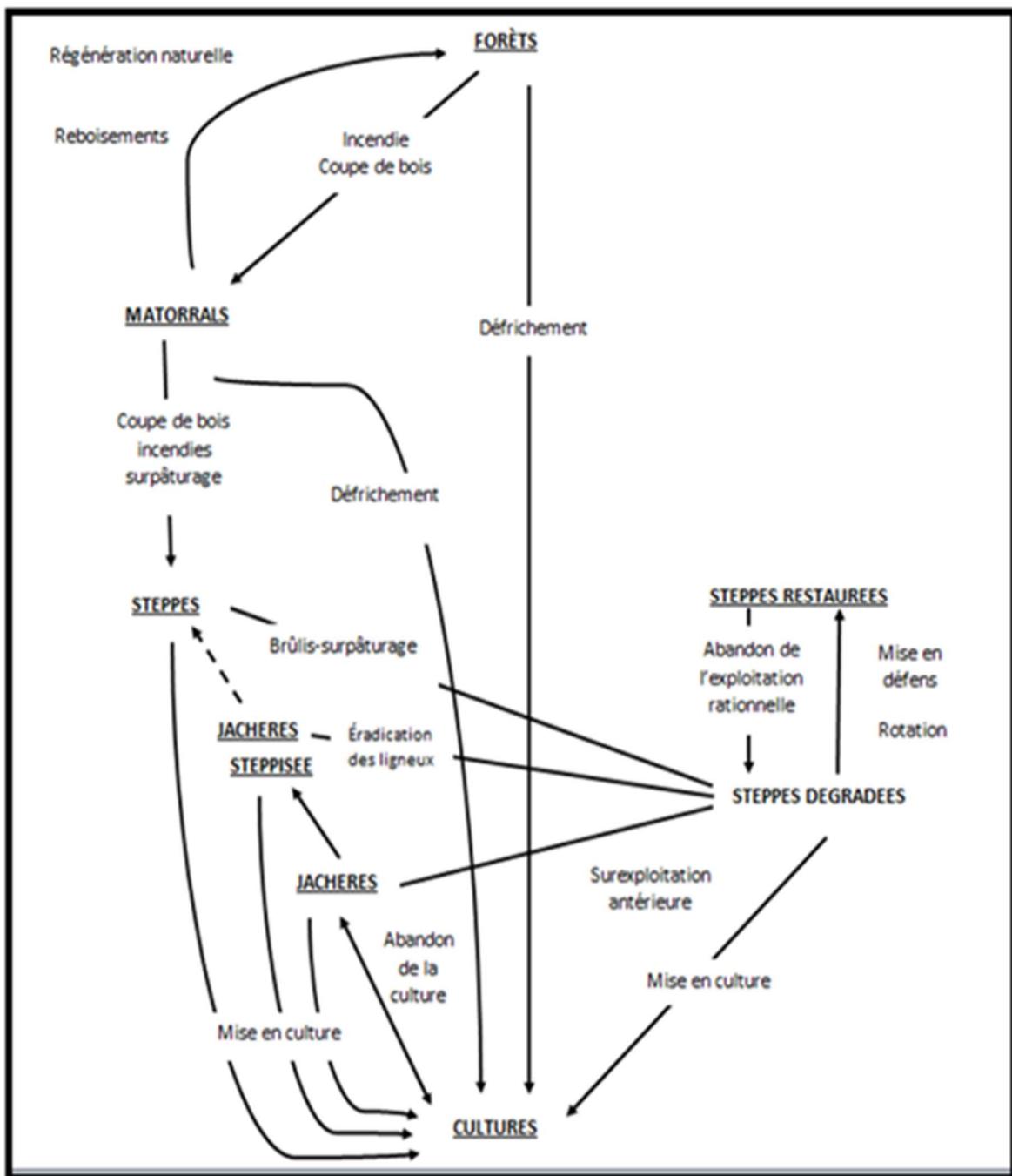


Figure N°05 : Schéma de l'évolution de la végétation dans l'étage aride d'après CLAUDIN et al, 1975 cité par POUGET, (1980).

Il est classique de distinguer :

3.1.1. Les formations forestières et de dégradation forestière

3.1.1.1. Les forêts

Toujours plus ou moins dégradées, forment un ensemble forestier hétérogène comprenant de vastes clairières sur les massifs des Atlas tellien et saharien : c'est la forêt claire à pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et chêne-vert (*Quercus ilex*). La taille des arbres dépasse 7 mètres de haut pour un nombre d'individus, d'au moins une centaine à l'hectare. Le sous-bois se compose d'arbustes, d'arbrisseaux et de chamaephytes variés ; l'alfa est présent en particulier dans les clairières (POUGET, 1980).

3.1.1.2. Les matorrals

Ce terme, utilisé d'abord en Espagne et maintenant largement répandu en Afrique du Nord, désigne une formation d'origine forestière, analogue à une garrigue ou à un maquis; il y subsiste des reliques d'arbustes ou arbrisseaux forestiers tels que le chêne-vert (*Quercus ilex*), les genévriers (*Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*) et autres pistachiers (*Pistacia terebinthus*, *Pistacia atlantica*), les cistes (*Cistus villosus*, *Cistus salvifolius*, *Cistus libanotis*), le romarin (*Rosmarinus tournefortii*), etc.(POUGET, 1980).

L'alfa peut y être très abondant, comme peuvent également subsister çà et là des arbres isolés dans les matorrals arborés. Les matorrals correspondent à une phase de transition dans les séries de dégradation, entre les forêts de Pin d'Alep et les steppes à alfa (LE HOUEROU, 1969; CELLES, 1975). Ils jouent un rôle important dans la conservation des sols contre l'érosion (QUEZEL, 1979 in POUGET, 1980).

3.1.2. Les formations steppiques

Selon HADBAOUI (2013) les steppes algériennes sont dominées par 4 grands types de formations :

3.1.2.1. Les formations à Alfa

Couvrent une superficie de 4 millions d'hectares présentent une forte amplitude écologique. On les retrouve en effet dans les bioclimats semi arides à hiver frais et froid, et dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude. La production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/ha mais la partie verte qui est la partie exploitable a une production de 1000 à 1 500 kg MS/ha.

3.1.2.2. Les formations à armoise blanche

Recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions. La production primaire varie de 500 à 4 500 kg

MS/ha avec une production annuelle totale de 1 000 kg MS/ha. La production annuelle consommable est de 500 kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha.

3.1.2.3. Les formations à sparte

Occupent 2 millions d'hectares, rarement homogènes. Ces formations sont soumises à des bioclimats arides supérieurs et moyens à hivers froids et frais. Les steppes à sparte sont peu productives avec une production moyenne annuelle variant de 300 à 500 kg MS/ha, mais elles constituent cependant des parcours d'assez bonne qualité.

3.1.2.4. Les formations à Remt

Forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5 %. Les mauvaises conditions de milieu (conditions édapho-climatiques) font de ces steppes des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral.

3.2. Les principaux groupements végétaux

La végétation est organisée en groupements ou en associations. Les groupements végétaux constituent "les unités élémentaires de la végétation définies floristiquement, écologiquement, statistiquement et ordonnées par l'interaction des facteurs du milieu et la concurrence vitale" (EMBERGER et LEMEE, 1962 in POUGET, 1980).

POUGET, (1980) a souligné la présence de deux types de groupements végétaux :

3.2.1. Groupements de type zonal

Tels que les groupements forestiers et steppiques, correspondent à une végétation naturelle fortement influencée par le climat, mais aussi par les autres facteurs écologiques édaphiques et anthropiques. Le passage aux cultures, plus ou moins progressif, aboutit à des groupements spécifiques (végétation messicole).

A titre d'exemple, on observe sur calcaire dur la succession :

- Groupement forestier à *Pinus halepensis* et *Cistus villosus* (forêt claire).
- Groupement de dégradation forestière à *Juniperus phoenicea* et *Cistus libanotis* (matorral).
- Groupement steppique à *Launaea acanthoclada* et *Stipa tenacissima* (steppe à alfa).

3.2.2. Groupements de type azonal (ou subazonal)

Caractérisent la végétation plus directement soumise à l'influence des facteurs édaphiques déterminants (salure, nappe, etc.) qui masquent l'action des autres facteurs écologiques, climatiques en particulier.

Groupements halophiles à *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum indicum*, *Suaeda fruticosa*, *Atriplex halimus*, *Atriplex glauca*, *Salsola vermiculata* var *villosa*, etc. La complexité

de ces groupements traduit l'interaction constante d'autres facteurs édaphiques nappe phréatique, gypse, texture, etc.

- Groupements phréatophiles à *Juncus maritimus*, *Schoenus nigricans*, *Phragmites communis*, etc, dans les dépressions à nappe phréatique proche de la surface (sols hydromorphes).
- Groupements des dunes à *Aristida pungens*, *Retama retam*, *Malcolmia aegyptiaca*, etc.
- Groupements des sols à encroûtement gypseux à *Erodium glaucophyllum*, *Herniaria mauritanica*, etc.

3.3. Caractéristiques générales des espèces végétales

Les rigueurs climatiques obligent les espèces végétales à des adaptations nécessaires à leur survie. Parmi les multiples adaptations, les plus classiques: **(OZENDA, 1958, 1964 in POUGET, 1980)** :

- Modifications anatomiques pour réduire la surface évaporante (réduction du système foliaire, épines, etc.), pour réduire la vitesse d'évaporation (épaississement des cuticules) et pour constituer des réserves en accumulant l'eau dans les tissus (feuilles crassulescentes).
- Modifications physiologiques : réduction du cycle végétatif avec de longues périodes de dormance estivale ou hivernale.
- Accroissement très important du système racinaire par rapport au système aérien pour aller puiser jusqu'au moindre recoin du sol un peu d'humidité **(KACHAROV et KOROVINE, 1942)**. Ce dernier point, essentiel pour l'étude des relations sol-végétation, intervient pour rendre compte de l'écologie des espèces ainsi que de l'action de la végétation sur les sols.

A ces adaptations, classiques dans les régions sèches et destinées à pallier l'insuffisance du bilan hydrique, s'ajoutent des adaptations spécifiques liées à la présence de conditions stationnelles particulières.

Ainsi la présence en excès de sels solubles (chlorure de sodium et magnésium, sulfate de sodium et magnésium, etc.), dans les solutions du sol, est toxique pour les plantes; elle entraîne des troubles nutritionnels et nécessite des adaptations. Certaines espèces augmentent dans leurs tissus le taux de Na^+ , Cl^- et Mg^{++} aux dépens de Ca^{++} et K^+ (groupe biogéochimique des halophores de BOUKHRIS et LOSSAINT, 1972) : *Atriplex halimus*, *Suaeda mollis*, *Traganum nudatum*, etc; elles appartiennent pour la plupart à la famille des chénopodiacées. D'autres

espèces halophiles comme les graminées (*Aeluropus litoralis*) paraissent s'adapter en limitant au contraire les accumulations de sels minéraux (groupe biogéochimique des oligophores).

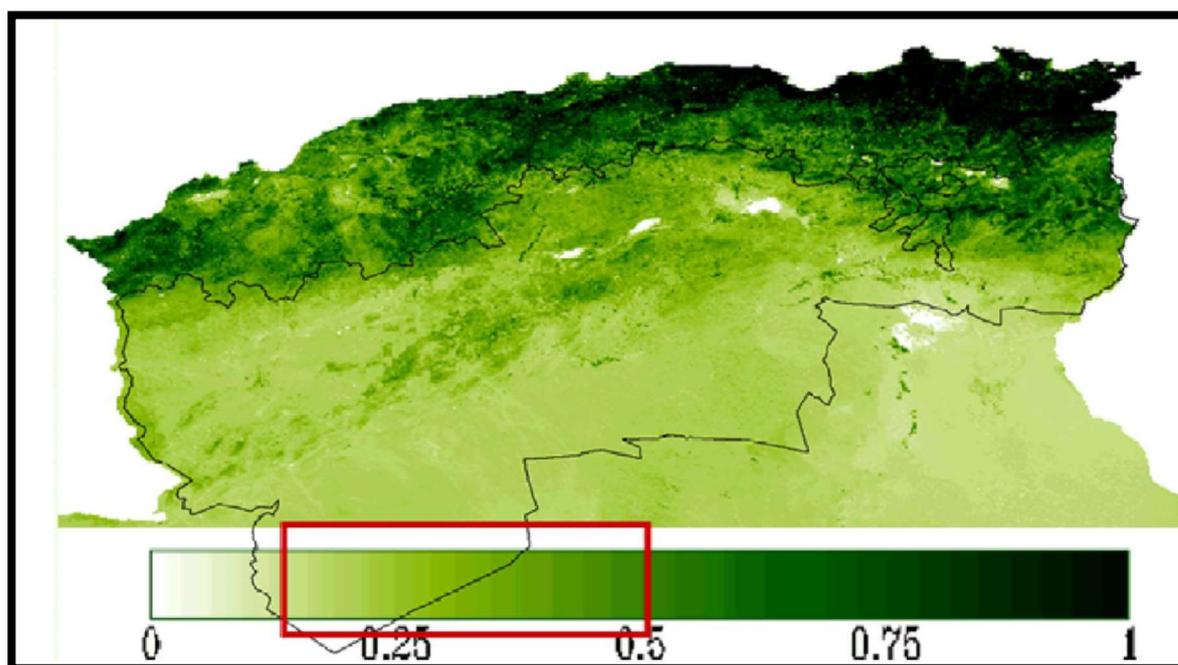
3.4. L'état actuel de la végétation steppique

Les indicateurs de la dégradation des ressources végétales sont multiples. Ils se manifestent surtout à travers la diminution du taux de recouvrement et le changement du cortège floristique par la diminution des espèces pérennes productives au profit des espèces annuelles à faible biomasse (**Figure N°06**). Le constat à faire c'est que la plus grande part des parcours steppiques se trouve soit dégradée, soit dans un état avancé de dégradation. Les statistiques officielles nous montrent que la part des parcours steppiques relativement bons s'élève à 20% seulement (**Tableau N°02**) (MEROUANE, 2014).

Tableau N°02 : L'état des parcours steppiques en 2005.

Etat des parcours	Superficie (millions d'ha)	Pourcentage (%)	Production (UF/ha)
Dégradés	6,5	43,3	30
Moyennement dégradés	5,5	26,7	70
Bons	3	20	120
Total	15	100	220

Source : HCDS, (2005) cité par MEROUANE, (2014)



Source : HCDS, (2010) cité par MEROUANE, (2014)

Figure N°06 : L'indice de végétation de la steppe algérienne.

La valeur (0,15 à 0,5) traduit un taux de couverture < 10 % et la présence d'une végétation correspondant à moins de 400 kg MS/ha (Sachant que le seuil NDVI de 0,05 indique un taux de couverture de 1 %).

3.5. Les facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques

Depuis une trentaine d'années, l'écosystème steppique a été complètement bouleversé, tant dans sa structure que dans son fonctionnement à travers sa productivité primaire. On assiste à un ensablement progressif allant du voile éolien dans certaines zones à la formation de véritables dunes dans d'autres.

La réduction du couvert végétale et le changement de la composition floristique sont les éléments qui caractérisent l'évolution régressive de la steppe (NEDJIMI et HOMIDA, 2006).

3.5.1. Facteurs physiques

3.5.1.1. Sécheresse

En générale la pluviométrie moyenne annuelle est faible (100 à 400mm) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averse) et leur aspect orageux (LE HOUEROU, 1995).

Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviométrie annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante.

De longues observations sur le terrain ont démontré qu'une aridité croissante provoque une détérioration des caractéristiques du sol donnant lieu à un processus de désertification observé notamment dans le sud oranais et le sud algérois (NEDJIMI et HOMIDA, 2006).

3.5.1.2. Erosion éolienne

L'action de l'érosion par le vent accentue le processus de désertification, elle varie en fonction du couvert végétale. Ce type d'érosion provoque une perte de sol de 100 à 250 tonnes/ha/an dans les steppes défrichées (LE HOUEROU, 1995).

3.5.2. Facteurs anthropiques

3.5.2.1. Le surpâturage

Le surpâturage est défini comme étant un prélèvement d'une quantité de végétal supérieur à la production annuelle des parcours (LE HOUEROU, 1995). La majeure partie de la population steppique tire ses revenus à travers la pratique de l'élevage d'un cheptel principalement ovin (SOTO, 1997). L'exploitation permanente des pâturages naturels, utilisant une charge animale nettement supérieurs au potentiel de production des parcours, a pour effet de réduire leur capacité de régénération naturelle (NEDJIMI et HOMIDA, 2006).

Cette sur exploitation est aggravé par l'utilisation des moyens de transport puissants et rapides qui permettent la concentration d'effectifs importants du cheptel au niveau des zones

fraîchement arrosée sans laisser pour cela le temps nécessaire à la végétation de se développer (piétinements, surcharge, plantes n'arrivant pas à boucler leurs cycles...) (MADR, 2000).

3.5.2.2. Défrichage et extension de la céréaliculture

Au cours des années 70, l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation du tracteur à disques pour le labour des sols à texture grossière fragile. Les labours par ces derniers constituent en un simple grattage de la couche superficielle accompagné de la destruction quasi totale des espèces pérennes. Ces techniques de labour ont aussi une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible (NEDJIMI et HOMIDA, 2006).

3.5.2.3. Eradication des espèces ligneuses comme combustibles

Les besoins en combustible pour la cuisson des aliments et le chauffage, amènent les habitants de la steppe à déraciner les espèces ligneuses, même parfois de petite taille (Armoise) (NEDJIMI et HOMIDA, 2006). D'après LE HOUEROU, (1995) la consommation moyenne de bois de feu est de 1.5kg de matière sèche par personne et par jour.

3.6. Principales actions d'aménagement

En Algérie, un effort particulier a été mené pour régénérer les espaces steppiques à travers des programmes multiples :

- La mise en défens : elle concerne les parcours moyennement dégradés, ils seront protégés et gardés durant une période déterminée pour permettre une reprise biologique ;
- La plantation d'arbres et d'arbustes fourragers ;
- La mise en place des puits pour l'alimentation en eau des populations et du cheptel ;
- La création des retenues collinaires ;
- L'exploitation rationnelle : il faut fixer le nombre de bêtes à introduire dans un parcours ainsi que la rotation à suivre pour parcourir le terrain dans le temps et dans l'espace.
- L'utilisation des brises vents pour assurer la protection des sols contre l'érosion éolienne.

3.7. Relation sol-végétation

3.7.1. Généralités

La végétation naturelle, pratiquement seule source de matière organique est indispensable à la formation et à l'évolution des sols. Synthétisée au niveau des organes aériens, la matière organique est restituée au sol :

- Sous forme de litière.
- Par la décomposition sur place du système racinaire.

A cet égard, la différence est grande entre la végétation forestière et la végétation de steppe (POUGET, 1980).

Sous forêt, la restitution se fait essentiellement par la litière avec la formation d'un horizon humifère de surface (horizon Ah), les horizons de profondeur étant encore relativement riches en matière organique (> 1 %).

Sous végétation de steppe, la matière organique provient de la décomposition sur place d'un système racinaire, d'où son incorporation profonde dans le profil (isohumisme). De plus, la différence de nature entre une végétation de type ligneux et une végétation de type herbacé, plus riche en cellulose, doit se répercuter sur les phénomènes d'humification et la nature des composés humiques (POUGET, 1980).

3.7.2. L'influence de la végétation

A l'évidence, la végétation assure d'autre part un rôle protecteur considérable contre l'érosion ; les sols les plus évolués et les plus humifères se trouvant sous forêts, matorrals ou steppes à alfa les moins dégradées (POUGET, 1980).

L'action du système racinaire se manifeste en outre d'une façon mécanique en élargissant les fissures de la roche-mère (OPPENHEIMER, 1956), particulièrement les racines des arbres et des arbustes. Plus généralement, il favorise la division du sol avec le développement de la structure et de la porosité (POUGET, 1980).

Dans les sols à croûte calcaire, l'influence de la végétation steppique s'exerce :

- Soit directement par l'activité du système racinaire.
- Soit indirectement en agissant sur les facteurs du milieu qui conditionnent cette activité des racines.

3.7.2.1. L'influence directe de la végétation

Le système racinaire des espèces steppiques s'implante plus ou moins profondément dans les horizons encroûtés. Il participe activement :

- à la destruction des feuillets supérieurs de la croûte dans les horizons A et Kh, mais aussi plus généralement dans les espaces interfeuillets.
- à la formation et à l'évolution dans le profil des horizons laminaires et des pellicules rubanées.
- à la formation de calcite très finement microcristallisée en bâtonnets qui jouerait un rôle dans la genèse de l'horizon laminaire et des pellicules rubanées les plus récentes (POUGET, 1980).

3.7.2.2. L'influence indirecte de la végétation

Les effets de la dégradation du couvert végétal mettent en évidence l'influence indirecte de la végétation; ainsi le régime hydrique des sols devenant plus "aride" tend à diminuer l'activité

du système racinaire. Ceci est particulièrement sensible dans les zones les moins humides de l'aride moyen où la pluviosité est proche de 200 mm/an (**POUGET, 1980**).

PARTIE EXPERIMENTALE

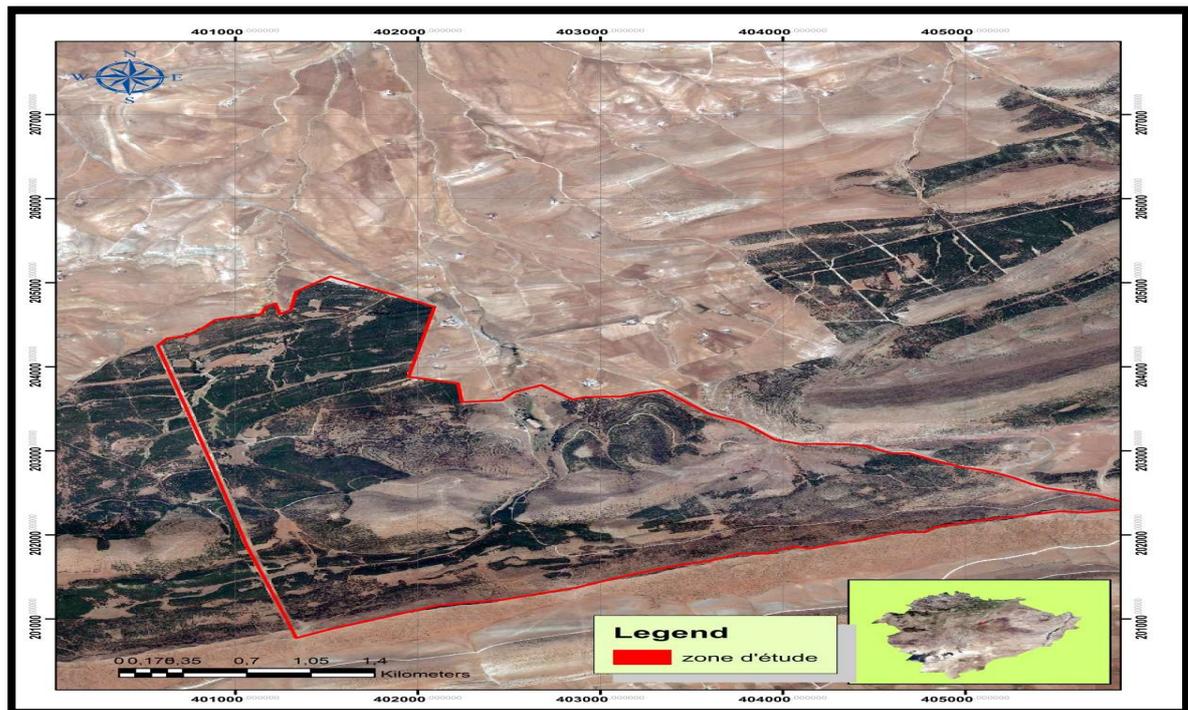
CHAPITRE 04 :

PRÉSENTATION DE LA ZONE

4.1. Localisation administrative

La forêt domaniale du Nador relevant de la circonscription de Sougueur se situe à 40 kilomètres au sud – est de Tiaret. Selon **BOUDY (1955) in ALLOUANE (2006)**, la forêt du Nador dans son ensemble couvre une superficie de près de 42.000 hectares.

Le canton Ain Harmela d'une superficie de 1425 hectares, se situe à 14 kilomètres au sud de Sougueur. Il est limité au nord par la commune de Si Abdelghani, à l'est par le canton Ain Mouilah et à l'ouest par le canton Ain Beloulid (**Figure N°07**).



Source : CDF (2017)

Figure N°07 : Situation géographique de la zone d'étude.

4.2. Relief

D'une variabilité altitudinale de 1100 à 1500 mètre, peu accidenté d'une inclinaison faible ne dépassant guère la valeur de 30° de pente (**ALLOUANE, 2006**).

4.3. Géomorphologie

DELEAU (1948) in ALLOUANE (2006) note que le Djebel Nador est aligné sensiblement SO – NE sur une cinquantaine de kilomètres, caractérisé par deux chaînons du sud – ouest au nord – est respectivement par Harmela et Bezzez.

La zone d'étude se trouve dans le chaînon de Harmela portant le nom de l'Ain Harmela, près de la route reliant Sougueur à Faidja. Ce chaînon s'allonge sur 35 kilomètres ; son extrémité occidentale est franchie par la route de Tiaret à Aflou et au nord – et il finit aux gorges de Sidi Saadoun ou passe l'oued Faidja .Il regroupe Djebel Ben Nsour (1474 m), Djebel Safch (1475m) et au centre Djebel Fértis (1493m).

4.4. Géologie

D'après la carte géologique établie par DELEAU en 1948, le chaînon d'Ain Harmela est caractérisé par les formations suivantes : l'Aalénien Toarcien correspond aux Djebels Ben Nsour, Safch et Fératis. Le franc sud du chaînon repose sur le Domérien. Ain Harmela qui se trouve sur le versant nord repose les formations du Séquanien Rauracien. Par ailleurs, le Trias n'apparaît qu'au centre du chaînon (ALLOUANE, 2006).

4.5. Pédologie

Selon BOUDY (1955) in ALLOUANE (2006), les sols de la forêt de Nador reposent sur des sols peu profonds, rocheux ou caillouteux, argilo- calcaires ou franchement calcaires.

Selon LAKFINECH (1994) in BENHAMZA et ZITOUNI (2009) les sols sont globalement squelettiques et de faibles profondeurs, inférieure à 20cm. Sur les fortes pentes, les sols sont peu évolués, on y rencontre des lithosols. Sur ce type de substrat, la végétation herbacée s'installe difficilement et l'érosion est par endroit très intense. La couche humifère est pauvre avec souvent un humus très peu décomposé. La litière quand elle existe se compose d'aiguilles de pin d'Alep et genévrier oxycède genévrier de Phénicie et de feuilles de chêne vert, et d'autres espèces arbustives. Dans les replats, le sol est assez profond et la strate herbacée est très présente. La zone se caractérise aussi par des sols calcaires c'est-à-dire riches en chaux. Tous les profils possèdent un encroûtement calcaire plus ou moins épais sous l'horizon AC. Parfois tufeuse et parfois dure.

4.6. Végétation

D'après BOUDY (1955) in BENHAMZA et ZITOUNI (2009), les peuplements étaient composés de 60% de Chêne vert, de 30% de Genévrier oxycède mais le faciès prédominant était celui taillis clairsemés.

DARGONE et al (1992) in BENHAMZA et ZITOUNI (2009), signalent que les reboisements à base de pin d'Alep et Eucalyptus ont eu lieu régulièrement depuis les années soixante-dix sur le versant nord du Djebel Nador.

La végétation naturelle est composée essentiellement de tiges clairsemées et dégradées de Genévrier oxycède (*Juniperus oxycedrus*), de Chêne vert (*Quercus ilex*) et lentisque (*Pistacia lentiscus*). Dans ce groupement il s'y trouve l'Alfa (*Stipa tenacissima*) en touffes isolées accompagnées d'asphodèle (*Asphodelus microcarpus*) signalant la dégradation. Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et le Thym (*Thymus vulgaris*) cantonnent les flancs des djebels. Le Diss (*Ampelodesma mauritanica*) présent en touffes isolées et rares en bordure d'oueds.

4.7. Hydrologie

Selon **DELEAU (1948) in ALLOUANE (2006)**, dans le revers Nord – Ouest proprement dit du Djebel Harmela les sources sortent du Jurassique, leur débit est faible quelques litres/minute. Les principales sont : Ain Beloulid, Ain Massous et Ain Harmela qui se trouve à proximité de la maison forestière.

4.8. Climat

Pour identifier le climat de la zone d'étude et suite à l'insuffisance des données, nous nous sommes référés aux travaux de **CHAUMONT & PAQUIN (1971)** et **INSID (2006)** cités par **BENKHETTOU et al (2013)**.

Les données climatiques utilisées proviennent de la station météorologique de Ksar Chellala située à 15 km à une altitude de 800 m à l'est du massif, sur une période de vingt-trois ans (1990-2013).

4.8.1. Pluviométrie

La zone d'étude est comprise en les isohyètes 200 à 300 mm/an. Les précipitations enregistrées durant la période (1990-2013) en moyenne sont de 269,47 mm/an, avec un déficit hydrique par rapport à la moyenne (**Tableau N°03**).

Tableau N°03 : Les précipitations mensuelles moyennes (1990-2013).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	23,15	24,09	21,91	29,24	31,76	12,21	9,11	11,71	33,68	29,18	20,06	23,37

Source : Station météorologique de Ksar Chellala, (2013)

D'après ce tableau, on constate que les mois les plus pluvieux sont Septembre et Mai, avec des moyennes de 33,68 mm et 31,76 mm respectivement, et les mois les plus sèches sont : Juillet, Juin et Août avec des moyennes de 9,11mm, 11,71 mm et 12,21 mm respectivement.

4.8.2. Température

Tableau N°04 : Les températures mensuelles moyennes (1990-2013).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	8,1	8,7	12,1	15,3	19,8	25,9	29,9	28,7	23,7	19,2	12,8	8,5

Source : Station météorologique de Ksar Chellala, (2013)

La température moyenne annuelle se situe autour de 17.72°C. D'après le tableau n°4, les mois les plus froids sont : Janvier (8.1°C), Décembre (8.5°C) et Février (8.7°C). Les mois les plus chauds sont Juillet (29.9°C), Août (28.7°C) et Juin (25.9°C).

Diagramme ombrothermique de la zone d'étude

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de calculer la durée de la saison sèche en portant pour chaque station, la pluviométrie (P) et la température moyenne mensuelle (T), sur des axes où l'échelle de la pluviométrie est double de celle de la température (P = 2 T).

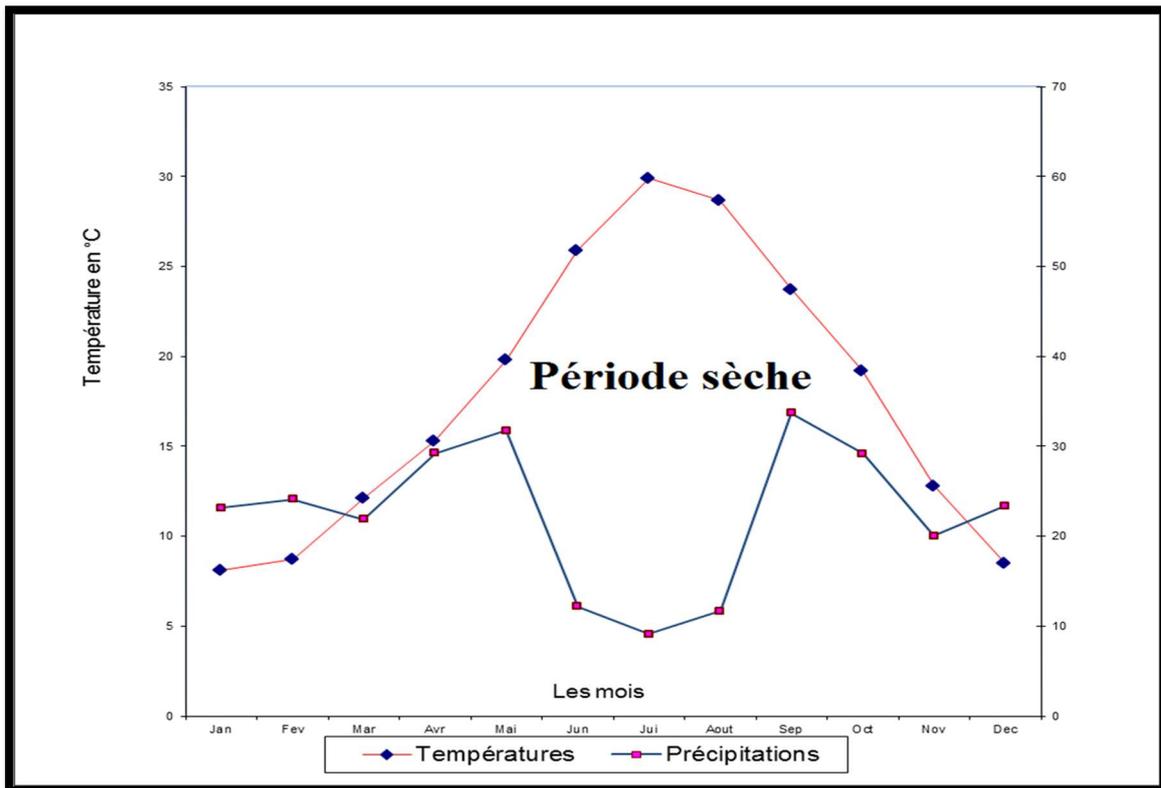


Figure N°08 : Diagramme ombrothermique de la zone étude durant la période (1990 – 2013).

D'après le diagramme, nous pouvons déduire que la période sèche, dans la zone d'étude, s'étale sur une période de plus de neuf mois et ce, à partir du mois de mi-février jusqu'à mi-novembre.

4.8.3. Vent

Comme partout dans les régions arides, les vents ont joué et jouent encore un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, dans les dégradations de la végétation et la destruction des sols (érosion éolienne). La direction, la fréquence et la vitesse sont très variables au cours de l'année. Cependant, les vents du Nord- Ouest et l'Ouest sont dominants et sont à l'origine des pluies (BENKHETOU, 2003).

Par contre ceux du Sud sont généralement secs et chauds et deviennent très compromettant (desséchant). Ils font baisser le degré hygrométrique de 60% à 20%. Dans ces régions le siroco peut sévir pendant 15 jours (DJEBAILI, 1984).

4.8.4. Gelée

La répartition du nombre de jours de gelées par mois est irrégulière d'une année à l'autre avec une moyenne annuelle de 35 jours/an (ALLOUANE, 2006).

4.8.5. Neige

Les chutes de neige ne sont pas fréquentes. Le nombre moyen annuel de jours de neige varie de 1 à 10 jours/an, soit du mois de décembre au mois de mars (ALLOUANE, 2006).

*CHAPITRE 05 : MATÉRIELS ET
MÉTHODES*

5.1. Objectif

Diverses études ont été menées par des chercheurs dans le massif du NADOR DELEAU (1948), BOUDY, (1950), DARGONE et al (1992), MAATOUG (1992) et d'autres approches dans le cadre de préparation de mémoire d'ingénieur ont été également effectuées ZEMEM (2004), ALLOUANE (2005), OMAR (2007), BADAOUI (2007), BENHAMZA et ZITOUNI (2008), BENKHETOU et BELFEDHAL (2008), MEZRAR (2009) et BENKHETOU et al (2013). Mais ces travaux n'ont pas touché l'ensemble du territoire du massif. A cet effet, nous avons entrepris la même démarche pour achever ces études.

L'objectif de ce travail consiste à faire ressortir la relation existante entre le couvert végétal et le sol dans la forêt de Harmela et d'expliquer la structure en mosaïque de la végétation en ce milieu.

5.2. Méthodologie

Cette étude prend en compte d'une part, l'analyse des principaux facteurs édaphiques (paramètres physico-chimiques) et topographiques (altitude, pente, orientation) ainsi que l'inventaire de la flore à travers une analyse quantitative et qualitative (présence-absence, fréquence, types biologiques).

Le choix de l'emplacement des prélèvements est conditionné d'une part par la composition floristique du groupement végétal que l'on se propose d'étudier du point de vue pédologique, et d'autre part par la nature du substratum géologique (AUBERT, 1978).

5.3. Méthode de quantification de la végétation

Aire minimale

Rappelons que l'aire minimale joue un rôle de premier ordre dans la comparaison floristique des relevés, il est connu que cette aire minimale varie en fonction de chaque groupement végétal (DJEBAILI, 1984, GUINOCHE, 1973).

En effet, pour que tous les types biologiques figurent dans nos relevés floristiques, nous avons opté une aire minimale de 400m².

5.4. Réalisation des relevés

Au total 06 relevés floristiques ont été effectués dont nous avons identifié 65 espèces ; 06 prélèvements des échantillons du sol pour la caractérisation de quelques paramètres édaphiques. Les relevés ont été effectués pendant le mois d'Avril. Lors de la réalisation de ces relevés, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Un carnet et un stylo ;
- Une tarière pédologique ;
- Un GPS pour prendre les coordonnées géographiques ;
- Un appareil photo numérique pour prendre des photos témoins ;
- Des sachets pour mettre les échantillons.

5.5. Détermination botanique

Les espèces végétales appartenant à divers types biologiques (phanérophytes, nanophanérophytes, chaméphytes, géophytes, thérophytes...etc.) ont été identifiées, pour la plupart, sur le terrain ; nous avons procédé à des récoltes systématiques de leurs feuilles, fleurs ou fruits.

L'identification des espèces a été faite à partir de la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (QUEZEL et SANTA, 1962) appuyée par le site web (tela-botanica).

5.6. Analyses pédologiques

Nous avons entrepris l'étude de quelques paramètres pédologiques afin de ressortir des éléments pouvant intervenir dans la relation sol – végétation, spécialement les éléments qui ont une influence sur l'association des espèces végétales.

Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de pédologie de la faculté, et au niveau de L.T.P.O.

Les analyses de laboratoire ont porté sur certaines caractéristiques physico-chimiques fondamentales des sols telles que le pH, la conductivité électrique, calcaire total, calcaire actif, la granulométrie et la teneur en matière organique. Avant de procéder aux analyses, les échantillons ont été séchés et tamisés à 2mm.

➤ **Granulométrie**

Cette analyse permet de connaître la texture des sols à travers le pourcentage des différents groupes granulométriques selon le diamètre des particules :

A. Argile.....< 0,002mm

LF. Limon fin.....0,002 à 0,02mm

LG. Limon grossier.....0,02 à 0,05mm

SF. Sable fin.....0,05 à 0,2 mm

SG. Sable grossier.....0,2 à 2 mm

La méthode utilisée est celle de pipette de ROBINSON qui repose sur la loi de STOCKES : plus une particule est grosse, plus elle sédimente rapidement dans l'eau, sachant que la température de l'eau influe sur la vitesse de sédimentation.

➤ **Mesure du pH**

Le pH est le logarithme de l'inverse de la concentration des ions H^+ dans une solution.

$$pH = - \log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]}$$

La lecture se fait avec du papier pH, qui change de couleur selon la concentration en H^+ de la solution, ou avec un pH mètre. Pour cette dernière méthode le principe consiste à plonger deux électrodes l'une indicatrice et l'autre de référence dans une suspension aqueuse qui résulte d'un mélange de sol avec de l'eau distillée avec un rapport de 1/5.

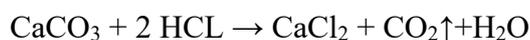
➤ **Conductivité électrique (CE)**

La salinité s'apprécie d'après la conductivité électrique d'un extrait du sol ou de l'eau d'irrigation.

Elle a été déterminée par la méthode potentiométrique avec une solution identique à celle utilisée pour le pH. Ensuite les valeurs de CE ont été lues au conductimètre.

➤ **Calcaire total**

Le pourcentage du calcaire total est mesuré au niveau du laboratoire par le biais du calcimètre de BERNARD, le principe consiste à la décomposition du carbonate de calcium ($CaCO_3$) par l'acide chlorhydrique (HCl) puis on mesure le volume de CO_2 dégagé et on calcule le poids à l'aide de l'équation :



Le volume de CO_2 dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium existante dans l'échantillon analysé.

➤ **Calcaire actif**

Le dosage du calcaire actif repose sur titrage par oxydoréduction qui utilise le permanganate de potassium ($KMnO_4$) et l'oxalate d'ammonium ($(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$). On met en contact la terre (10g) avec un excès (250ml) d'une solution d'oxalate. Le calcaire actif donne un précipité d'oxalate de calcium (CaC_2O_4). Après filtration on prélève 20ml seulement du filtrat et on dose l'oxalate qui reste avec une solution de permanganate en milieu acide. Pendant ce titrage

le KMnO_4 se décolore en oxydant l'oxalate, une persistance de la coloration violette du KMnO_4 indique qu'il n'y a plus d'oxalate à oxyder et qu'on est arrivé au point d'équivalence.

Pour le témoin, on titre 20ml d'oxalate par le KMnO_4 pour avoir N.

Le calcul ce fait à l'aide de l'équation :

$$(\%) \text{ CA} = (N - n) \times 1.25$$

N : nombre de millilitres de KMnO_4 consommés dans le dosage du témoin.

n : nombre de millilitres de KMnO_4 consommés dans le dosage de l'échantillon du sol.

➤ Carbone organique

On utilise la méthode Anne pour doser le carbone organique contenu dans le sol. Il est oxydé en milieu acide par du dichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en excès. La quantité de dichromate réduite est proportionnelle à la teneur en carbone organique. L'excès est titré par une solution de sel de MOHR ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à 0,2 N, en présence de diphénylamine dont la couleur passe du violet au vert.

À partir du pourcentage du carbone organique, nous pouvons déduire la teneur en matière organique de notre échantillon de sol en appliquant la relation :

$$\% \text{ MO} = \% \text{ CO} \cdot 1,72$$

MO : matière organique

CO: carbone organique

5.7. Traitements statistiques

5.7.1. Supports et moyens de travail

a. Le logiciel R

R est un système d'analyse statistique et graphique "*A langage for data analysis and graphics*" créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman en 1996. Il est distribué librement sous les termes de la GNU General Public licence; son développement et sa distribution sont assurés par plusieurs statisticiens rassemblés dans le R development Core Team (**PARADIS, 2005 in HEDIA et ATTIL, 2013**).

a1. Pourquoi choisir l'utilisation du logiciel R ?

selon **RAYMONDAUD (2012)**, le choix du logiciel **R** relève de plusieurs considérations parmi lesquelles : la gratuité ; l'utilisation de plus en plus répandue dans l'enseignement supérieur et les organismes de recherche (INRA...) ; un langage de programmation interactif facile à apprendre, permettant aussi bien la mise en œuvre des méthodes de la description statistique et de l'inférence, même les plus récentes, que la programmation de simulations probabilistes simples ou complexes ; une bibliothèque de fonctions très fournie, rassemblées dans des

“packages” et proposées sur internet par une communauté de développeurs, spécialistes des méthodes qu'ils proposent ; la possibilité de construire ses propres fonctions ; des graphiques d'une grande qualité et d'une grande variété ; des outils mathématiques comme le calcul matriciel, l'intégration numérique, l'optimisation...

Pour faciliter le fonctionnement de R il est indispensable d'installer le package qui contient des collections de fonctions utilisables sous R.

b. Les packages

Un package est une bibliothèque externe, il contient des collections de fonctions utilisable sous R souvent centrés sur un sujet particulier. Ce système permet d'augmenter considérablement la puissance de R.

b1. Le logiciel FactoMineR (package)

Le package FactoMineR, permet de réaliser de nombreuses analyses, notamment des analyses des données multivariées (AFC et ACP) et des représentations graphiques. Il convient donc, pour effectuer l'analyse multivariée, d'installer le logiciel R et le package FactoMineR.

b2. Le logiciel cluster

C'est un logiciel qui permet d'effectuer l'analyse de classification ascendante hiérarchique (CAH).

5.7.2. Exploitation des données

➤ **Descripteurs**

Le terme descripteur servira à désigner les attributs, variables ou caractères. Les objets comparés sont des échantillons, des localités, des parcelles des observations ou des prélèvements qui forment la variable indépendante de l'étude. Les descripteurs utilisés pour décrire ou qualifier les objets, et qui forment les variables dépendantes, sont les caractéristiques physiques, chimiques, écologiques ou biologiques de ces objets qui intéressent l'écologiste pour l'étude en cours.

➤ **Méthode de système binaire**

Les données dans cette méthode sont de type binaire. Les données binaires correspondent à des données d'absence / présence où la présence s'indique par le chiffre "1" et l'absence par le chiffre "0".

➤ **Standardisation (normalisation)**

LEGENDRE (1979) in HEDIA et ATTIL (2013), note que les variables métriques, utilisées en écologie comme descripteurs du milieu, sont souvent exprimées dans des unités incompatibles entre elles. Pour comparer ces descripteurs aussi différents entre eux, ou avant de

les utiliser ensemble dans un processus de classification, il faut d'abord les ramener à une mesure commune.

Si les variables sont mesurées dans les mêmes unités et si elles ont le même ordre de grandeurs, il est préférable d'éviter de les normaliser.

➤ **Méthodes de normalisation des données**

Il y a deux types de changement linéaire d'échelle

- La translation

C'est un changement qui consiste à ajouter ou à soustraire une constante à toutes les observations.

La translation permet d'éliminer de façon simple les différences de taille dues à la position du zéro des différentes échelles ; il suffit de soustraire la moyenne des observations \bar{y} à chacune des valeurs y :

$$Y' = y - \bar{y}$$

- L'expansion

C'est un changement d'échelle obtenu en multipliant ou en divisant toutes les observations par une certaine constante.

L'expansion permet d'exprimer toutes les valeurs dans un intervalle de 0 à 1, en divisant chaque y par la plus grande valeur observée pour cette variable.

$$Y' = y/y_{\max}$$

Si l'échelle de variation comporte des valeurs négatives, on utilisera au dénominateur la valeur absolue de la plus grande valeur positive ou négative, et les résultats seront situés dans un intervalle de -1 à 1 .

Il existe d'autres méthodes qui combinent les deux précédentes (translation et expansion) à la fois. Parmi ces méthodes particulièrement appliquées à l'Analyse des Composantes Principales (ACP), celle de LEGENDRE qui permet de rendre les variables comparables et qui consiste à obtenir des données centrées réduites. L'opération consiste à exprimer les données en unités d'écart type, en soustrayant d'abord la moyenne (translation) puis en divisant par l'écart type(expansion):

$$y' = (y - \bar{y})/\sigma$$

y' : valeur normalisée

y : valeur brute

\bar{y} : moyenne des valeurs

σ : l'écart-type

5.7.3. Méthodes d'ordination et de classification

La classification a pour but d'arranger des relevés en classes. Les membres de chaque classe ont en commun un certain nombre de caractéristiques les écartant des autres classes. La classification est utile à de nombreux points de vue : base de cartographie, activité synthétisante (GOUNOT, 1969).

5.7.3.1. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Dans la classification ascendante hiérarchique, le classement résulte de regroupements successifs des individus au moyen d'indices de similarité. On obtient un arbre de classification ou dendrogramme (VILAIN, 1999).

5.7.3.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'analyse des correspondances est une méthode adaptée aux tableaux de contingence et permet d'étudier les éventuelles relations existant entre deux variables nominales. Le tableau de contingence (dit aussi de dépendance ou tableau croisé) est obtenu en ventilant une population selon deux variables nominales (LEBART et al. 2006 in HEDIA et ATTIL, 2013).

Les premières applications de cette analyse multivariée ou ordination remontent à RAMSESKI (1930) cité par BOUCHARREB (2000). Elle est utilisée depuis déjà, de nombreuses années pour les traitements des données phytosociologiques et phytoécologiques avec notamment des études sur la végétation steppique par de nombreux auteurs (DJEBAÏLI, 1978 ; CELLE, 1975 ; POUGET, 1980 ; KHABECH, 1991 et AIDOUD).

C'est une technique similaire à l'ACP applicable à des tableaux de contingence où lignes et colonnes jouent un rôle symétrique. On cherche à comparer des profils de lignes ou de colonnes plus que des valeurs (VILAIN, 1999).

Les résultats d'une AFC se présentent essentiellement sous forme d'une suite de graphes où positionnés les éléments lignes et les éléments colonnes. Les projections des individus et des variables figurent simultanément sur les mêmes graphiques (VILAIN, 1999).

5.7.3.3. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales est la méthode de base de l'analyse multidimensionnelle. On l'utilise lorsqu'on a mesuré p variables numériques jouant toutes le même rôle sur n individus ou unité et que l'on cherche les variables qui expliquent le mieux les différences entre eux (VILAIN, 1999).

L'ACP repose sur le calcul de coefficients de corrélation entre des variables, qui sont descriptives d'objets dont on souhaite synthétiser les interrelations (DUFRENE, 2003).

En ACP, on cherche à obtenir une projection sur un plan présentant des distorsions minimales de la configuration exacte. L'ACP est le point de départ d'analyses explicatives puisqu'elle permet de réduire le nombre de variables explicatives pertinentes (VILAIN, 1999).

CHAMUSSY et al. (1997) in HEDIA et ATTIL (2013), signalent qu'en ACP centrée réduite, la matrice d'inertie est aussi la matrice des covariances entre variables mais comme la standardisation a donné même écart-type, égal à 1, à toutes les variables, ces covariances sont en fait des coefficients de corrélation et la diagonale principale porte des (1).

- Logiciel Microsoft Excel 2010

Le tableur Excel sert à organiser les données de différentes natures numériques et alphanumériques qui seront introduites par la suite dans le logiciel R.

En outre, on a utilisé un GPS (Global Positioning System), un microordinateur (ASUS UX 303) et une imprimante Canon Ibp 2900.

La méthodologie adoptée durant l'exécution de notre travail se résume dans le protocole suivant.

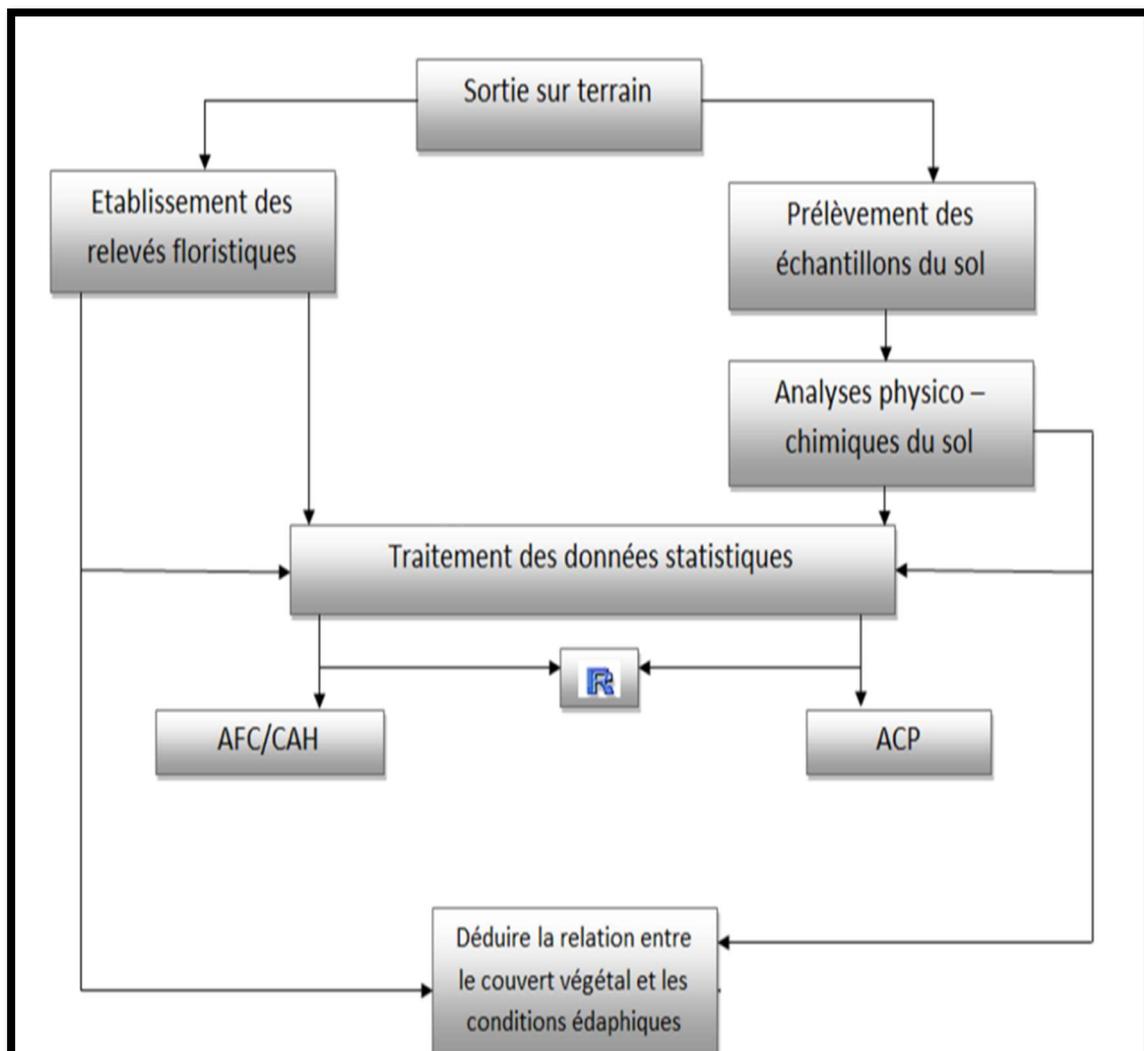


Figure N°09 : Protocole de la méthode de travail.

CHAPITRE 06 :
RESULTATS ET DISCUSSION

6.1. Spectre biologique

La zone d'investigation accuse une prédominance des thérophytes (34%) sur les chaméphytes (25%), les hémicryptophytes (23%), les nanophanérophytes (9%), les phanérophytes (5%) et les géophytes (4%) (**Figure N°10**).

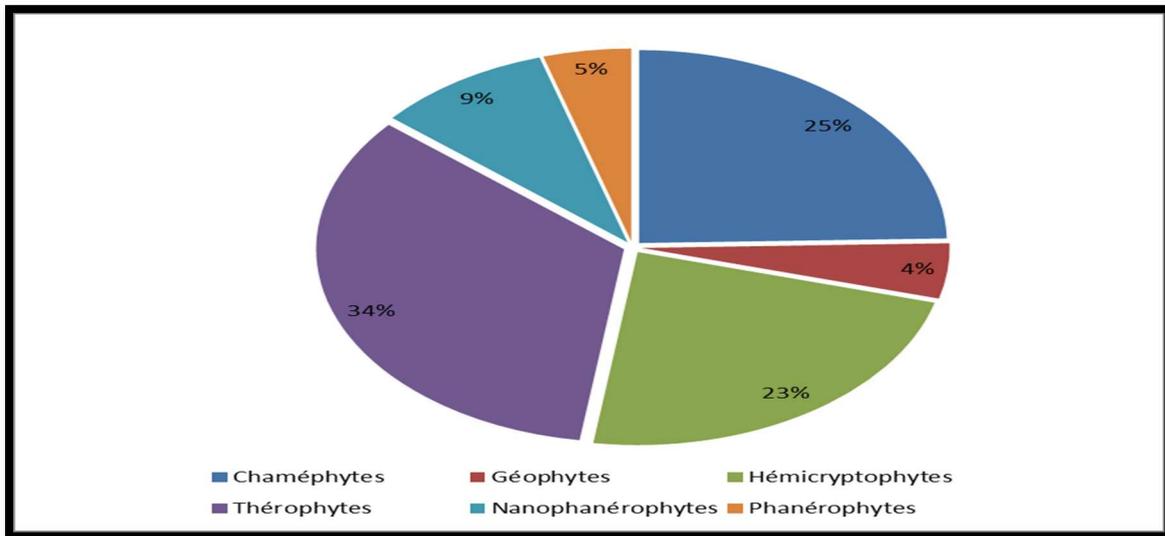


Figure N°10 : Répartition des espèces par type biologique.

6.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

6.2.1. Les valeurs propres

Les valeurs propres de ces axes nous permettent de déterminer le nombre d'axes à prendre en considération pour expliquer la répartition des relevés et des espèces.

L'analyse factorielle des correspondances a regroupé les différents relevés autour des trois premiers axes qui représentent 73,887 % de la variance totale (**Tableau N°05**).

Tableau N°05 : Valeurs propres et pourcentage d'inertie des 3 premiers axes de l'AFC.

Axes	Valeurs propres	Pourcentage d'inertie	Valeurs cumulées
1	0,511	37,329	37,329
2	0,293	21,410	58,739
3	0,207	15,148	73,887

En regardant ces valeurs propres, nous voyons que la valeur propre moyenne des trois premiers axes est de 0,337. Pour qu'un axe soit pris en considération lors du traitement, il doit avoir une valeur propre supérieure à la moyenne. Pour ce, seul le premier axe est retenu dans notre cas, et comme nous ne pouvons pas faire une analyse par un seul axe, on prend le premier et le deuxième axe qui cumulent 58,739% de l'information.

6.2.2. La carte factorielle

Sur côté positif de l'axe 01 on trouve le relevé 3, alors que les relevés 2 et 6 sont situés sur le côté négatif de cet axe.

Le relevé 1 est situé sur le côté positif de l'axe 02, alors que les relevés 4 et 5 se trouvent sur le côté négatif du même axe. La figure illustre la projection des relevés et des espèces sur les axes.

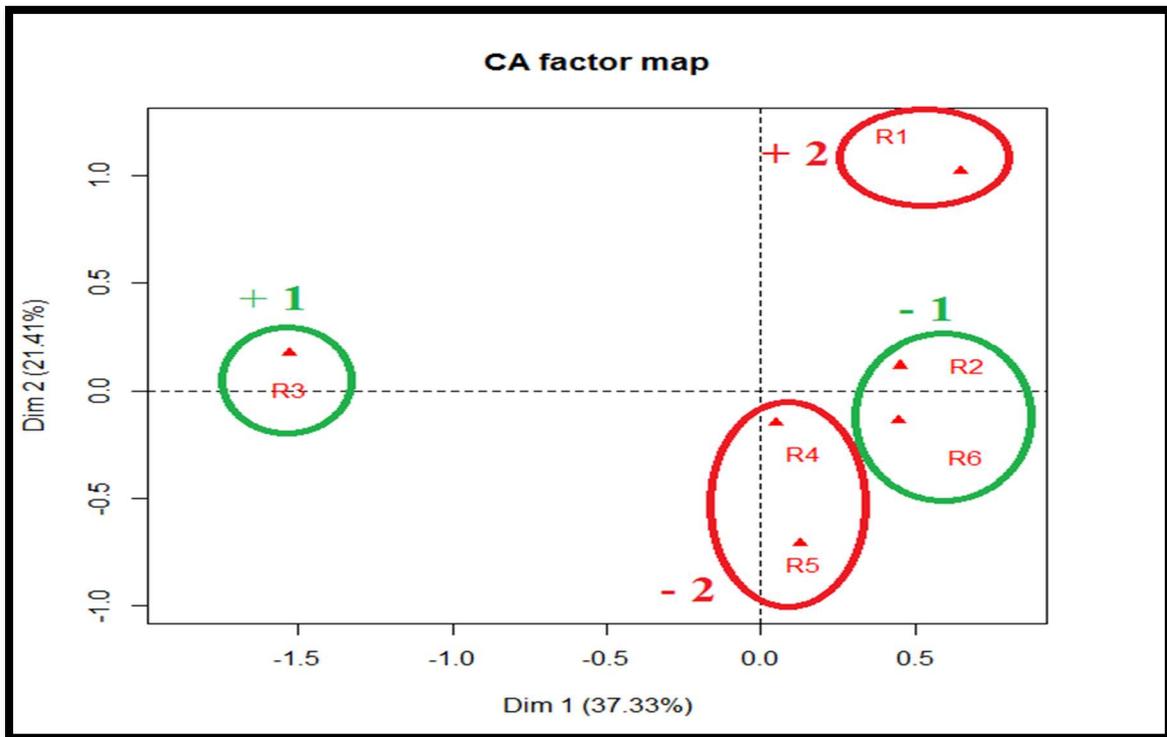


Figure N°11 : Projection des relevés sur les axes 1 et 2.

La figure suivante (Figure N°12), illustre la projection des différentes espèces sur les axes.

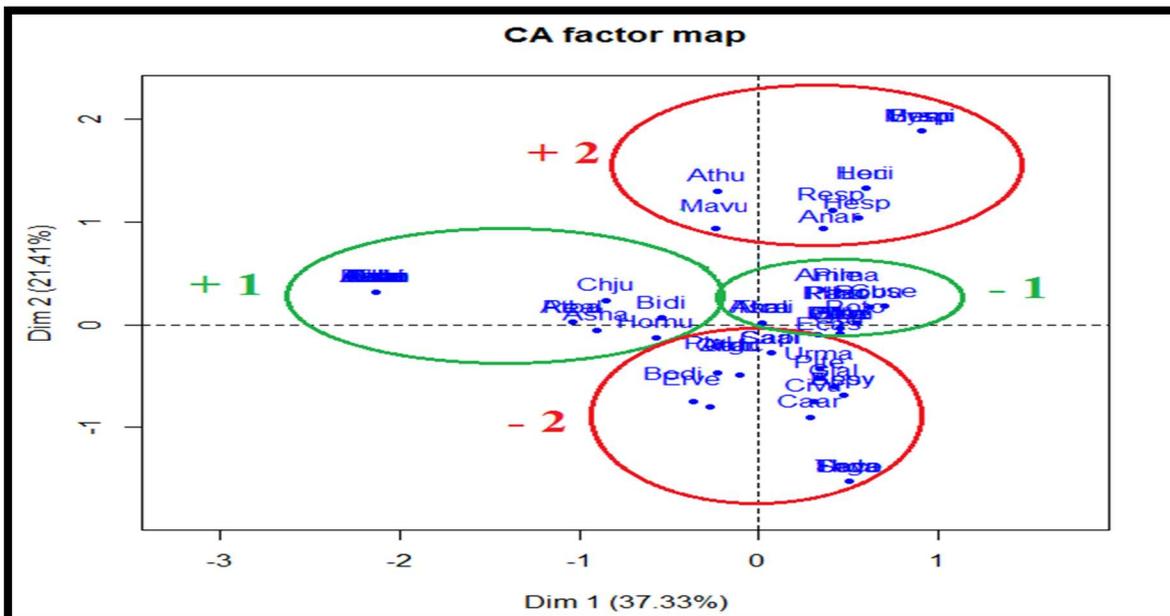


Figure N°12 : Projection des espèces sur les axes factoriels.

D'après cette figure nous observons que le côté positif de l'axe 01 regroupe les espèces suivantes : *Adonis annua* (Adan), *Anthemis triumfetti* (Antr), *Asparagus albus* (Asal), *Asparagus horridus* (Asho), *Astragalus hamosus* (Asha), *Atractylis babelii* (Atba), *Atractylis serratuloides*

(Atse), *Biscutella didyma* (Bidi), *Bombycilaena discolor* (Bodi), *Carthamus lanatus* (Cala), *Centaurea incana* (Cein), *Chondrilla juncea* (Chju), *Erodium laciniatum* (Erla), *Hippocrepis comosa* (Hico), *Hordeum murinum* (Homu), *Ranunculus bulbosus* (Rabu), *Reseda alba* (Real) et *Thymelaea hirsuta* (Thmi).

Le côté négatif comporte les espèces : *Ampelodesmos mauritanicus* (Amma), *Asphodelus microcarpus* (Asmi), *Atractylis caespitosa* (Atca), *Centaurea tenuifolia* (Cete), *Cupressus sempervirens* (Cuse), *Echium asperrimum* (Ecas), *Juniperus oxycedrus* (Juox), *Paronychia argentea* (Paar), *Phillyrea angustifolia* (Phan), *Pinus halepensis* (Piha), *Pistacia lentiscus* (Pile), *Plantago holosteum* (Plho), *Poa bulbosa* (Pobu), *Quercus ilex* (Quil), *Rhaponticum acaule* (Rhac), *Rosmarinus tournefortii* (Roto), *Stipa tenacissima* (Stte) et *Thymus algeriensis* (Thal).

Sur le côté positif de l'axe 02, s'agrègent les espèces : *Anagallis arvensis* (Anar), *Atractylis humilis* (Athu), *Bupleurum spinosum* (Busp), *Genista microcephala* (Gemi), *Hedysarum spinosissimum* (Hesp), *Helianthemum cinereum ssp.rubellum* (Heci), *Lolium rigidum* (Lori), *Lygeum spartum* (Lysp), *Marrubium vulgare* (Mavu), *Medicago minima* (Memi) et *Retama sphaerocarpa* (Resp).

Sur le côté négatif on trouve : *Asteriscus pygmaeus* (Aspy), *Atractylis gummifera* (Atgu), *Bellis sylvestris* (Besy), *Carduncellus pinnatus* (Capi), *Calendula arvensis* (Caar), *Cirsium vulgare* (Civu), *Ferula communis* (Feco), *Eruca vesicaria* (Erve), *Globularia alypum* (Glal), *Jasminum fruticans* (Jafr), *Onopordum acaulon* (Onac), *Pistacia terebinthus* (Pite), *Plantago albicans* (Plal), *Salvia argentea* (Saar), *Salvia verbenaca* (Save), *Thapsia garganica* (Thga), *Urospermum dalechampii* (Urda) et *Urginea maritima* (Urma).

6.3. Analyse en composantes principales (ACP)

6.3.1. Les valeurs propres

Pour le traitement des données quantitatives (**voir annexe II**) on a procédé à une ACP. (Tableau N° 06).

Tableau N°06 : Valeurs propres et pourcentage d'inertie des 4 premiers axes de l'ACP.

Axes	Valeurs propres	Pourcentage d'inertie	Valeurs cumulées
1	5,202	52,016	52,016
2	2,822	28,217	80,232
3	1,080	10,800	91,032
4	0,635	6,349	97,381

En regardant ces valeurs propres, nous voyons que la valeur propre moyenne des quatre premiers axes est de 2,434. Seul le premier axe et le deuxième axe sont retenus dans notre cas, ces axes cumulent 80,232% de l'information.

6.3.2. La carte factorielle

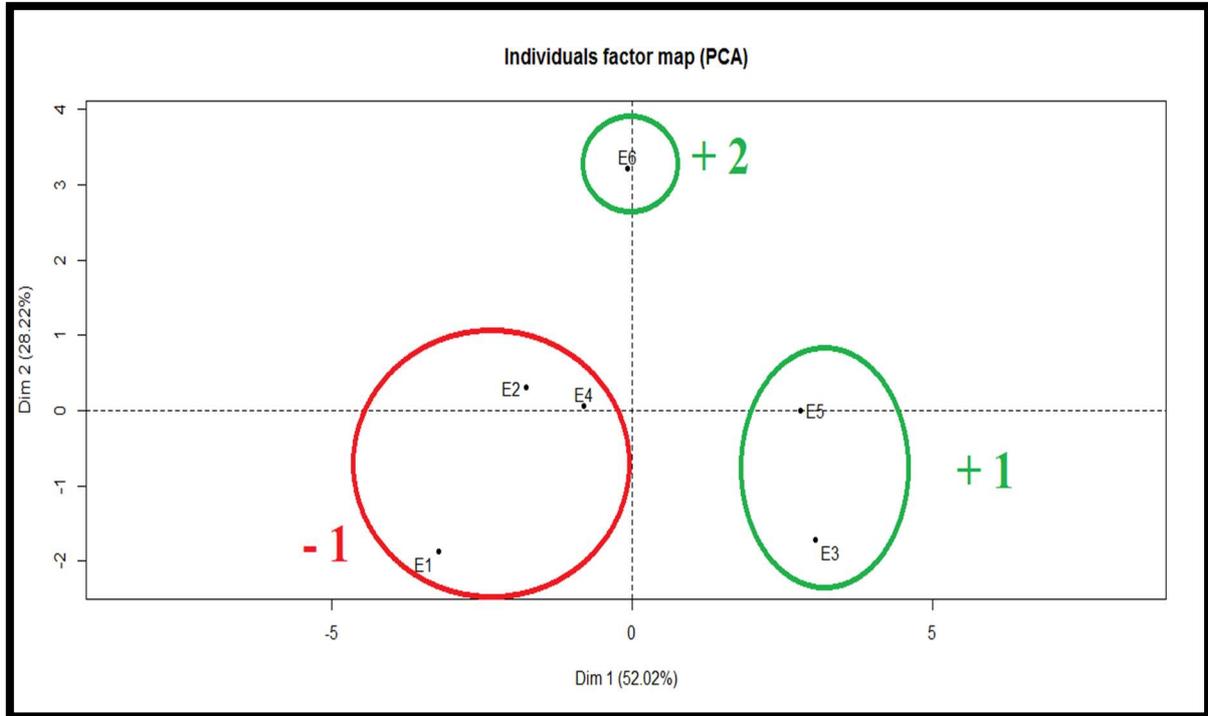


Figure N°13 : Projection des échantillons du sol sur les axes 1 et 2.

D'après la figure N°13 qui illustre la répartition des échantillons du sol sur les deux axes, nous pouvons distinguer trois groupes :

- **Groupe 1** comporte les relevés 3 et 5 situés sur le côté positif de l'axe 01, ce groupe est caractérisé par le pH, la conductivité électrique (Ce), le calcaire total (Ct) et le calcaire actif (Ca) ;
- **Groupe 2** situé sur le côté négatif de l'axe 1 renferme deux relevés qui sont 1, 2 et 4, il se caractérise par la matière organique (Mo) et le sable (S) ;
- **Groupe 3** est constitué à son tour par le relevé 6. Il se trouve sur le côté positif de l'axe 2 et il est caractérisé par le limon (L) et l'argile (A).

En observant la disposition des différentes unités dans le plan de l'ACP, on remarque que certaines d'entre elles s'écartent de leurs groupes et ce, en raison de leurs teneurs particulières en certains paramètres;

Par exemple l'échantillon 2 s'écarte de l'échantillon 1 à cause de sa teneur élevée en Limon.

L'échantillon 3 est éloigné de l'échantillon 5 de à cause de sa faible teneur en calcaire total et sa fort teneur en calcaire actif.

6.3.3. Cercle de corrélation

La corrélation entre deux variables est déterminée par l'angle existant entre deux flèches indicatrices de ces variables (voir annexe V).

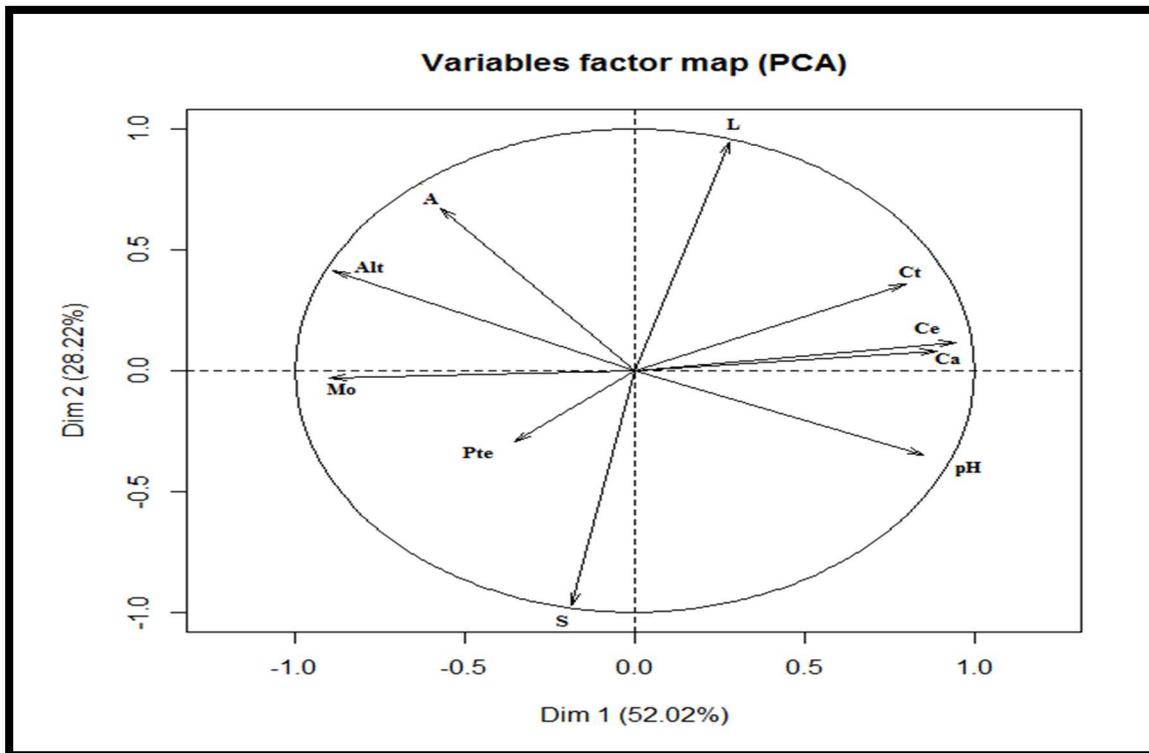


Figure N°14 : Cercle de corrélation des variables mésologiques.

D'après la figure N°14 on constate qu'il existe une corrélation positive entre le calcaire total et le calcaire actif, dont $r = 82,4\%$, cela veut dire que la teneur en calcaire totale a une influence positive sur la teneur en calcaire actif.

De la même façon nous remarquons également une corrélation positive entre l'argile et le limon ($r = 47,5\%$), entre l'argile et la matière organique ($r = 37,1\%$), entre le pH et la conductivité électrique ($r = 86,3\%$), l'altitude et la matière organique ($r = 71\%$) et entre le calcaire actif et la conductivité électrique ($r = 76,6\%$).

Par contre nous observons une corrélation négative entre le sable et le limon ($r = -99,2\%$), entre l'argile et le sable ($r = -57,7\%$), entre la matière organique et la conductivité électrique ($r = -86,2\%$), l'altitude et le pH ($r = -90,9\%$), la pente et le calcaire total ($r = -49,6$) et entre le pH et l'argile ($r = -54,5\%$). Cela veut dire que l'augmentation de l'un entraîne une diminution de l'autre et inversement.

On remarque qu'il existe une corrélation très faible entre: le limon et le pH ($r = -7,9\%$), le sable et le pH ($r = 14,8\%$), et entre l'altitude et la pente ($r = 11,7\%$). Cela veut dire que l'influence du pH sur les variations de la teneur en limon, en sable est très faible et que l'influence d'altitude sur la pente l'est aussi.

6.4. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

6.4.1. Dendrogramme des espèces

La figure ci-dessous montre clairement l'existence de trois groupes d'espèces.

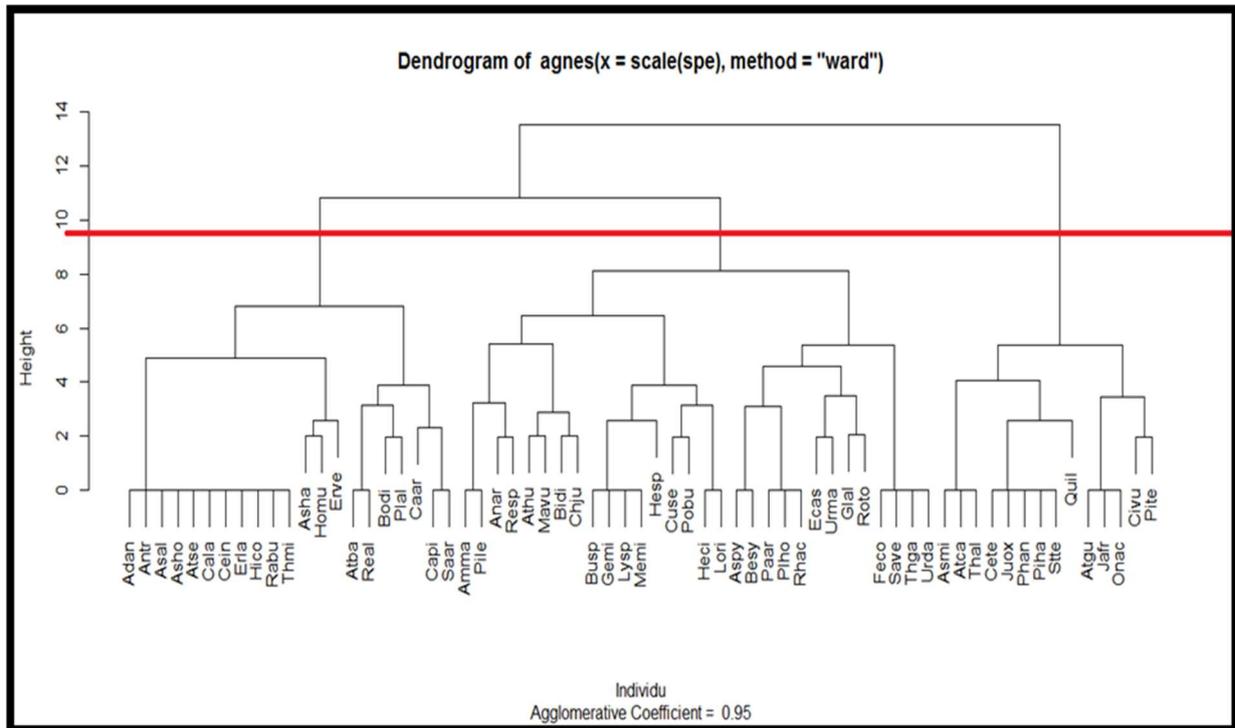


Figure N°15 : Dendrogramme des espèces.

- **Groupe 1** est caractérisé par les espèces suivantes : *Adonis annua*, *Anthemis triumfetti*, *Asparagus albus*, *Asparagus horridus*, *Atractylis serratuloides*, *Carthamus lanatus*, *Centaurea incana*, *Erodium laciniatum*, *Hippocrepis comosa*, *Ranunculus bulbosus*, *Thymelaea hirsuta*, *Astragalus hamosus*, *Hordeum murinum*, *Eruca vesicaria*, *Atractylis babelii*, *Reseda alba*, *Bombycilaena discolor*, *Plantago albicans*, *Calendula arvensis*, *Carduncellus pinnatus* et *Salvia argentea*.
- **Groupe 2** comporte les espèces suivantes : *Ampelodesmos mauritanicus*, *Pistacia lentiscus*, *Anagallis arvensis*, *Retama sphaerocarpa*, *Atractylis humilis*, *Marrubium vulgare*, *Biscutella didyma*, *Chondrilla juncea*, *Bupleurum spinosum*, *Genista microcephala*, *Lygeum spartum*, *Medicago minima*, *Hedysarum spinosissimum*, *Cupressus sempervirens*, *Poa bulbosa*, *Helianthemum cinereum ssp.rubellum*, *Lolium rigidum*, *Asteriscus pygmaeus*, *Bellis sylvestris*, *Paronychia argentea*, *Plantago holosteum*, *Rhaponticum acaule*, *Echium asperrimum*, *Urginea maritima*, *Globularia alypum*, *Rosmarinus tournefortii*, *Ferula communis*, *Salvia verbenaca*, *Thapsia garganica* et *Urospermum dalechampii*.
- **Groupe 3** contient les taxons suivants : *Asphodelus microcarpus*, *Atractylis caespitosa*, *Thymus algeriensis*, *Centaurea tenuifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia*, *Pinus*

halepensis, *Stipa tenacissima*, *Quercus ilex*, *Atractylis gummifera*, *Jasminum fruticans*, *Onopordum acaulon*, *Cirsium vulgare* et *Pistacia terebinthus*.

Nous pouvons attribuer aux groupes sur-citées en fonction des espèces dominantes, les nomenclatures suivantes :

Groupe 1 : *Eruca vesicaria* et *Plantago albicans* ;

Groupe 2 : *Pistacia lentiscus* et *Rosmarinus tournefortii* ;

Groupe 3 : *Stipa tenacissima* et *Juniperus oxycedrus*.

6.4.2. Dendrogramme des relevés

Rappelons que la proximité entre les relevés, s'explique par le fait que ces derniers contiennent un plus grand nombre d'espèces en commun : donc ils offrent des conditions écologiques voisines. La classification ascendante hiérarchique (CAH) (**Figure N°16**), nous a permis d'individualiser 03 groupes qui sont les suivants :

- Le premier groupe est formé par le relevé R1 ;
- Le deuxième groupe comporte les relevés R2, R4, R5 et R6 ;
- Et le troisième groupe est caractérisé par le relevé R3.

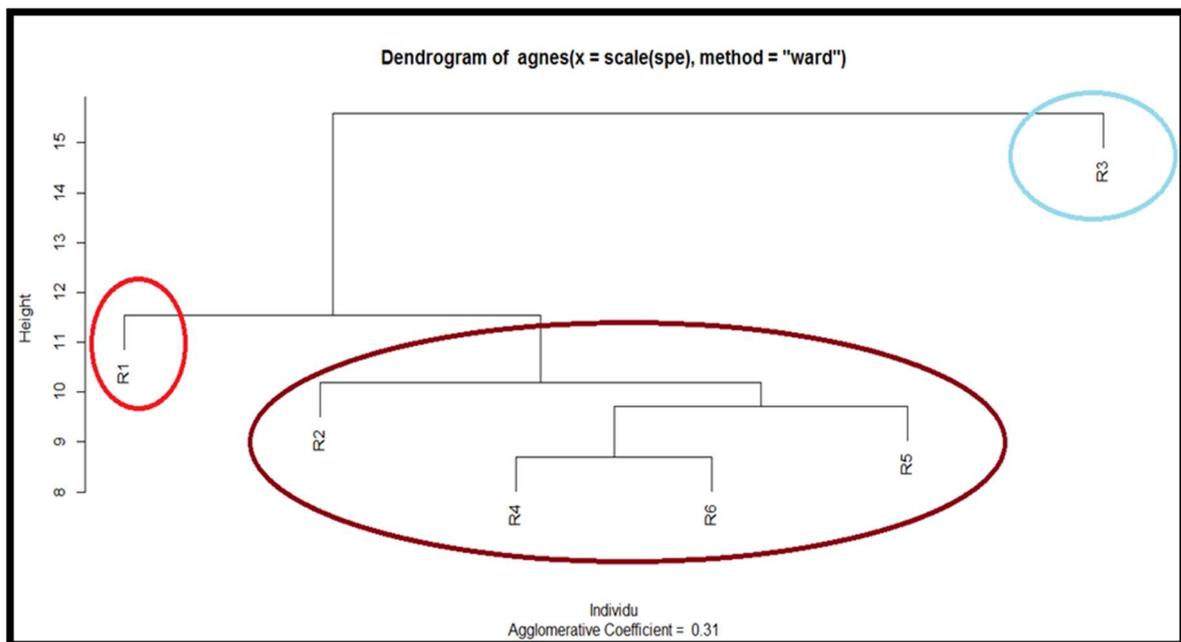


Figure N°16 : Dendrogramme des relevés floristiques.

6.4.3. Dendrogramme des échantillons du sol

L'ACP combinée à la CAH (**Figure N°17**), révèle l'existence de trois groupes de relevés en fonction des variables mésologiques :

- La classe 1 comporte les relevés 1, 2 et 4 qui se trouvent sur sols d'apports colluviaux (**Figure N°18**) ;

- La classe 2 regroupe le relevé 6, caractérisé par des sols peu évolués d'érosion (**Figure N°19**) ;
- La classe 3 renferme les relevés 3 et 5 localisés sur des lithosols (**Figure N°20**).

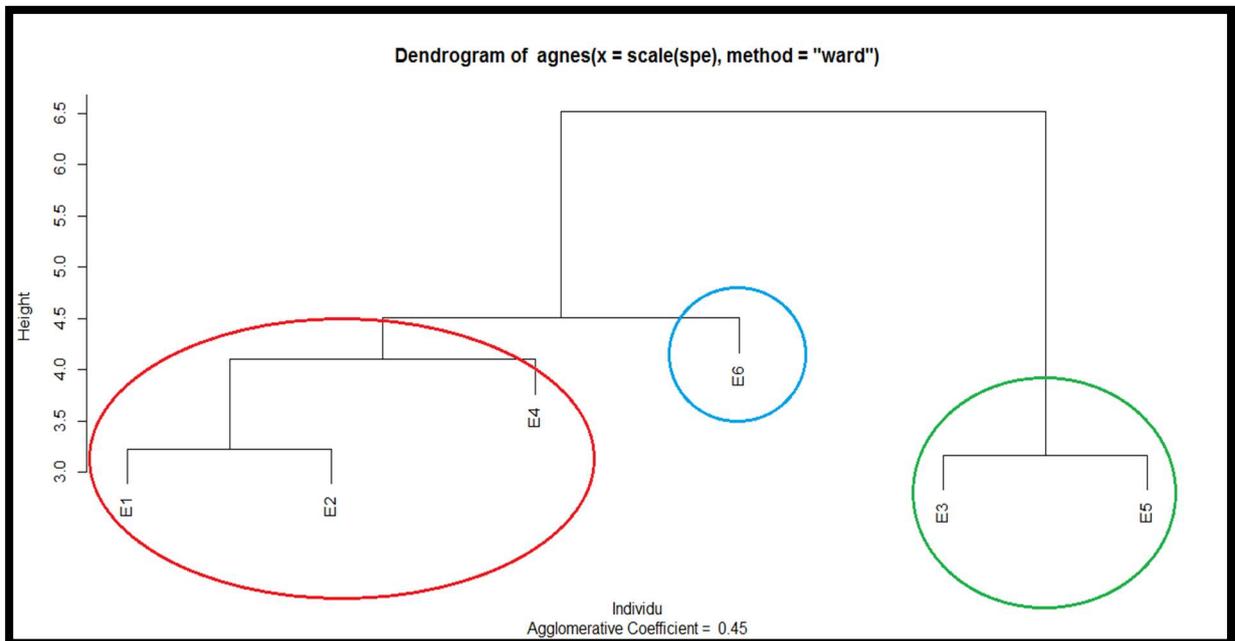


Figure N°17 : Dendrogramme des échantillons (CAH).



Figure N°18 : Sol d'apport colluvial (station n°04).



Figure N°19 : Photo illustrant la présence d'une espèce de Jasmin sur un sol peu évolué (station n°06).



Figure N°20 : Photo illustrant la présence de l'espèce *Thymelaea hirsuta* sur un lithosol (station n°03).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Après une étude phytoécologique sur le massif du Nador nous avons inventorié 65 espèces sur les 06 relevés effectués. Le spectre biologique est typique de l'ambiance bioclimatique méditerranéenne avec une prédominance des thérophytes (34%), des chaméphytes (25%) et des hémicryptophytes (23%).

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) combinée à la classification ascendante hiérarchique (CAH) nous a permis d'individualiser trois groupes, chaque groupe présente une ou deux espèces dominantes, ayant servie à distinguer trois groupements différents :

- Le premier groupement est caractérisé par les deux espèces *Eruca vesicaria* et *Plantago albicans*.
- Le deuxième groupement là où la présence de *Pistacia lentiscus* et *Rosmarinus tournefortii* est très claire.
- Le troisième groupement dans ce groupe les espèces *Stipa tenacissima* et *Juniperus oxycedrus*, sont très abondantes.

L'analyse des composantes principale (ACP) appuyée par la (CAH) montre qu'il y a trois groupes de sols : sols d'apports colluviaux, sols peu évolués d'érosion et les lithosols.

Les sols d'apports colluviaux abritent le groupement de *Stipa tenacissima* et *Juniperus oxycedrus*. Les sols peu évolués sur lesquels, cantonne le groupement de *Pistacia lentiscus* et *Rosmarinus tournefortii*. Les lithosols sont occupés par le groupement d'*Eruca vesicaria* et *Plantago albicans*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **AÏDOUD A ; TOUFFET J. 1996** - La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*; Vol. 7, numéro 3 : 187- 193 p.
- **AÏDOUD A; LE FLOC'H E ; LE HOUEROU H.N. 2006** - Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*. Volume 13, Numéro 1, 19 -30 p.
- **ALLOUANE K. 2006** - Contribution à l'étude physico-chimique et biologique (*Azotobacters*) des sols du foret du Nador canton Ain Harmla. Thèse d'ingénieur. Univ Ibn Khaldoun Tiaret. 70 p.
- **AROUR E. 2001** - Variation diachronique saisonnière de la dynamique de végétation dans une zone pré saharienne (Cas de la région de Messâad W.Djelfa). Thèse ingénieur, Centre Universitaire ZIANE ACHOUR Djelfa. 100 p.
- **AUBERT G. 1978** - Méthodes d'analyse des sols. C.N.D.P. Marseille. 191 p.
- **AUBERT G. 1983** - Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, vol.10, n° 1, 73-78 p.
- **BAIZE D ; JABIOL B. 1995** - Guide de description des sols. Ed. AFES-INRA, Paris, 388 p.
- **BENCHERIF S. 2011** - L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Évolution et possibilités de développement. Thèse doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, AgroParisTech, 294 p.
- **BENCHETRIT M. 1956** - Les sols d'Algérie. *Revue de géographie alpine*, Volume 44, Numéro 4. 749-761 p.
- **BENGUERAI A. 2011** - Evolution du phénomène de désertification dans le sud oranais (Algérie). These Doct., Univ Tlemcen. 138 p.
- **BENHAMZA O ; ZITOUNI A. 2009** - Etude phytosociologique et phytoécologique dans la zone orientale du massif du NADOR par utilisation d'un "SIG". Thèse d'ingénieur. Univ Ibn Khaldoun Tiaret. 56 p.
- **BENKHATOU. A 2003** - Contribution à l'étude de la mise en culture des zones steppiques dans le cadre de l'association à la propriété foncière agricole et impact sur l'écosystème « cas de Rechaiga ». Wilaya de Tiaret. Thèse Magister, Univ IBN Khaldoun, Tiaret, 98 p.
- **BENKHETTOU A ; AZOUZI B ; DJILI K ; BENKHETTOU M ; ZEDEK M ; SAADI R. 2015** – Diversité floristique du massif du Nador en zone steppique (Tiaret, ALGÉRIE). *European Scientific Journal* July 2015 edition vol.11, No.21, 401- 419 p.

- **BESBAS N ; BOUMENTEL K. 2012** - Etude et cartographie des agro-systèmes en zone aride Cas de « Ksar Chellala ». Thèse ingéniorat. Univ Tiaret. 101 p.
- **BOUKHALFA I. 2013** - L'effet de la gestion de l'irrigation sur la salinisation du sol (cas de palmeraie de l'Oued Righ), Thèse d'ingénieur, Univ Kassdi-Merbah Ouargla, 67 p.
- **Conservation Des Forêts. 2017** - Carte de la situation géographique de la forêt de Harmela au 1/1 400. 1 feuille, échelle 1/1.400.
- **DAJOZ R. 2003** - Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615 p.
- **DJEBAILI S. 1984** - Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. Ed OPU, Alger, 177 p.
- **DJILI K ; DAOUD Y ; AYACHE N. 1999** - Analyse de la distribution verticale et spatiale du calcaire dans les sols de l'Algérie septentrionale. Etude et gestion des sols, 6, 3, 201-213 p.
- **DJILI K. 2000** - Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse doctorat. INA, Alger, 243 p.
- **DRAY S. 2003** - Eléments d'interface entre analyses multivariées, systèmes d'informations géographiques et observations écologiques. Thèse doctorat, Univ Claud Berbard, Lyon, 318 p.
- **DUCHAUFOR P ; BONNEAU M 1962.** – Étude expérimentale de l'influence du calcaire sur la nutrition et la croissance d'un résineux acidiphile.- Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts, vol.19, n°3, 389-413 p.
- **DUCHAUFOR Ph. 2001** - Introduction à la science du sol: sol, végétation, environnement. 6^e édition de 14 Abrégé de pédologie. Dunot, Paris, 331 p.
- **DUFRENE M. 2003.** Méthodes d'analyses des données écologiques et biogéographiques. 126 p.
- **FAO. 2005:** Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome, 61 p.
- **GADJA H. 2010** - Etude de quelques formes d'accumulation du calcaire dans les sols de la région d'Ouargla. Thèse d'ing. Univ Ouargla. 99 p.
- **GOUNOT M. 1969** - Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson, Paris, 314 p.
- **GUINOCHET M. 1973** - Phytosociologie. Ed Masson, Paris, 227 p.
- **HADBAOUI I. 2013** - Les parcours steppiques dans la région de M'Sila: quelle gestion pour quel devenir ? Thèse Magister. Université Kasdi Merbah- Ouargla (Algérie), 139 p.
- **HADDAD S ; ABBES K. 2015** - Etude de l'impact de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols à l'exploitation de l'université Kasdi Merbah de Ouargla. Thèse Master, Univ Kasdi Merbah Ouargla, 73 p.

- **HADDOUCHE I. 2009** - La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie. Cas de la région de Naâma. Thèse Doct. Univ Tlemcen. 211 p.
- **HEDIA M ; ATTIL I. 2013** - Etude et cartographie des agro-écosystèmes dans les régions steppiques (Cas de Zmalet Emir Abdelkader et Serguine, Tiaret). Thèse Master, Univ Ibn Khaldoun Tiaret, 55 p.
- **LE HOUEROU H.N. 1995** - Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du Nord de l'Afrique- Diversité biologique, développement durable et désertisation. Options méditerranéennes. Série B : Eudes et recherches n° 10, CIHEAM. Montpellier, 397 p.
- **LE TACON F. 1978** - La présence de calcaire dans le sol. Influence sur le comportement de l'Épicéa commun (*Picea excelsa* Link.) et du Pin noir d'Autriche (*Pinus Nigra nigricans* Host.). Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences, 35 (2).165-174 p.
- **MADANI D. 2008** - Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone à déficit hydrique. Thèse Magister. Univ Batna. 165 p.
- **MATHIEU ; C et LOZET, J. 2002** - Dictionnaire de sol.4eme Ed. Lavoisier, Paris, 575 p.
- **MEROUANE B. 2014** - Quelques aspects liés à la désertification dans la steppe de sud de Tlemcen. Thèse d'ingénieur. Univ Tlemcen. 137 p.
- **Ministère de l'Agriculture et du Développement Durable. 2000** - L'Agriculture par les chiffres. 15p.
- **NEDJIMI B ; HOMIDA M. 2006** - Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. Revue du Chercheur, 4 :13-19 p.
- **NEDJRAOUI D. 2004** - Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définitions des indicateurs de dégradation. IAMZ-CIHEAM Cahiers Options Méditerranéennes Vol. 62, 239-243 p.
- **POUGET M. 1980** - Les relations sol- végétation dans les steppes sud Algéroises. Travaux et documents de l'ORSTOM. N° 116. Paris, 555 p.
- **QUEZEL P ; SANTA S. 1962** - Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, vol. 1-2. C.N.R.S., Paris, 1170 p.
- **RAYMONDAUD H. 2012** - Le logiciel R comme outil d'initiation à la statistique descriptive : enquête sur les dépenses des ménages ,51 p.
- **RUELLAN A. 1976** - Morphologie et répartition des sols calcaires dans les régions méditerranéennes et désertiques. Ann. Agr. (INA) vol VI, n° 1, 11-39 p.
- **VILAIN M. 1999** - Méthodes expérimentales en agronomie. « Pratique et analyse » Ed.technique et documentation, Paris, 337 p.

- **WRI. 2002** - World resources institute drylands, people and ecosystem goods and services : a web-based geospatial analysis.

ANNEXES

Annexe I : Tableau des informations géographiques de la zone d'étude.

	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Exposition	Pente (°)
R1	35° 07' 42" N	1° 40' 50" E	1343	Nord-Est	10,5
R2	35° 07' 24" N	1° 39' 53" E	1380	Nord-Est	6,1
R3	35° 09' 05" N	1° 35' 58" E	1144	Nord-Est	9,01
R4	35° 07' 20" N	1° 38' 51" E	1310	Nord-Est	22,37
R5	35° 07' 18" N	1° 38' 30" E	1220	Nord-Est	0,56
R6	35° 07' 08" N	1° 39' 33" E	1340	Nord-Est	3,5

Annexe II : Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons du sol.

	pH	Ce	Mo	Ct	Ca	S	L	A	Texture
E1	7,9	0,135	2,58	1,33	0	87,8	7,2	5	Sableuse
E2	7,99	0,318	1,6	2,23	0	72,1	20	7,9	Limono-sableuse
E3	8,24	0,454	1,01	22,32	9,75	78,08	17,9	4,02	Sablo-limoneuse
E4	8,03	0,253	1,44	15,63	5	68,18	24,75	7,07	Limono-sableuse
E5	8,08	0,37	0,75	50,45	8,75	70,45	25,78	3,77	Limono-sableuse
E6	7,95	0,31	1,81	31,25	6,5	46,11	46,09	7,8	Limoneuse

Annexe III : Tableau de présence- absence des espèces.

Espèces	R1	R2	R3	R4	R5	R6
<i>Adonis annua</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Ampelodesmos mauritanicus</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Anagallis arvensis</i>	1	1	0	1	0	0
<i>Anthemis triumfetti</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Asparagus albus</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Asparagus horridus</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Asphodelus microcarpus</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Asteriscus pygmaeus</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Astragalus hamosus</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Atractylis babelii</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Atractylis caespitosa</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Atractylis gummifera</i>	0	1	1	1	1	1
<i>Atractylis humilis</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Atractylis serratuloides</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Bellis sylvestris</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Biscutella didyma</i>	0	1	1	1	0	0
<i>Bombycilaena discolor</i>	0	0	1	1	1	0
<i>Bupleurum spinosum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Calendula arvensis</i>	0	0	0	1	1	0

<i>Carduncellus pinnatus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Carthamus lanatus</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Centaurea incana</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Centaurea tenuifolia</i>	1	1	0	1	1	1
<i>Chondrilla juncea</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Cirsium vulgare</i>	0	0	0	1	1	1
<i>Cupressus sempervirens</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Echium asperrimum</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Erodium laciniatum</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Eruca vesicaria</i>	0	0	1	0	1	1
<i>Ferula communis</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Genista microcephala</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Globularia alypum</i>	0	1	0	0	1	1
<i>Hedysarum spinosissimum</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Helianthemum cinereum ssp.rubellum</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Hippocrepis comosa</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Hordeum murinum</i>	0	0	1	1	0	1
<i>Jasminum fruticans</i>	0	1	1	1	1	1
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	1	0	1	1	1
<i>Lolium rigidum</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Lygeum spartum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Marrubium vulgare</i>	1	1	1	1	0	0
<i>Medicago minima</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Onopordum acaulon</i>	0	1	1	1	1	1
<i>Paronychia argentea</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Phillyrea angustifolia</i>	1	1	0	1	1	1
<i>Pinus halepensis</i>	1	1	0	1	1	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Pistacia terebinthus</i>	0	1	0	1	1	1
<i>Plantago albicans</i>	0	1	1	1	1	0
<i>Plantago holosteum</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Poa bulbosa</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Quercus ilex</i>	1	0	0	1	1	1
<i>Ranunculus bulbosus</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Reseda alba</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Retama sphaerocarpa</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Rhaponticum acaule</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Rosmarinus tournefortii</i>	1	1	0	0	1	1
<i>Salvia argentea</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Salvia verbenaca</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Stipa tenacissima</i>	1	1	0	1	1	1
<i>Thapsia garganica</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Thymelaea hirsuta</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Thymus algeriensis</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Urginea maritima</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Urospermum dalechampii</i>	0	0	0	0	1	0

Annexe IV : Tableau des codes et des fréquences des espèces rencontrées dans la zone d'étude.

Espèces	Code	Fréquence
<i>Adonis annua</i>	Adan	1
<i>Ampelodesmos mauritanicus</i>	Amma	4
<i>Anagallis arvensis</i>	Anar	3
<i>Anthemis triumphetti</i>	Antr	1
<i>Asparagus albus</i>	Asal	1
<i>Asparagus horridus</i>	Asho	1
<i>Asphodelus microcarpus</i>	Asmi	6
<i>Asteriscus pygmaeus</i>	Aspy	2
<i>Astragalus hamosus</i>	Asha	2
<i>Atractylis babelii</i>	Atba	2
<i>Atractylis caespitosa</i>	Atca	6
<i>Atractylis gummifera</i>	Atgu	5
<i>Atractylis humilis</i>	Athu	3
<i>Atractylis serratuloides</i>	Atse	1
<i>Bellis sylvestris</i>	Besy	2
<i>Biscutella didyma</i>	Bidi	3
<i>Bombycilaena discolor</i>	Bodi	3
<i>Bupleurum spinosum</i>	Busp	1
<i>Calendula arvensis</i>	Caar	2
<i>Carduncellus pinnatus</i>	Capi	1
<i>Carthamus lanatus</i>	Cala	1
<i>Centaurea incana</i>	Cein	1
<i>Centaurea tenuifolia</i>	Cete	5
<i>Chondrilla juncea</i>	Chju	2
<i>Cirsium vulgare</i>	Civu	3
<i>Cupressus sempervirens</i>	Cuse	2
<i>Echium asperrimum</i>	Ecas	2
<i>Erodium laciniatum</i>	Erla	1
<i>Eruca vesicaria</i>	Erve	3
<i>Ferula communis</i>	Feco	1
<i>Genista microcephala</i>	Gemi	1
<i>Globularia alypum</i>	Glal	3
<i>Hedysarum spinosissimum</i>	Hesp	2
<i>Helianthemum cinereum ssp.rubellum</i>	Heci	2
<i>Hippocrepis comosa</i>	Hico	1
<i>Hordeum murinum</i>	Homu	3
<i>Jasminum fruticans</i>	Jafr	5
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Juox	5
<i>Lolium rigidum</i>	Lori	2
<i>Lygeum spartum</i>	Lysp	1
<i>Marrubium vulgare</i>	Mavu	4
<i>Medicago minima</i>	Memi	1
<i>Onopordum acaulon</i>	Onac	5
<i>Paronychia argentea</i>	Paar	1
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Phan	5
<i>Pinus halepensis</i>	Piha	5

<i>Pistacia lentiscus</i>	Pile	4
<i>Pistacia terebinthus</i>	Pite	4
<i>Plantago albicans</i>	Plal	4
<i>Plantago holosteum</i>	Plho	1
<i>Poa bulbosa</i>	Pobu	3
<i>Quercus ilex</i>	Quil	4
<i>Ranunculus bulbosus</i>	Rabu	1
<i>Reseda alba</i>	Real	2
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Resp	2
<i>Rhaponticum acaule</i>	Rhac	1
<i>Rosmarinus tournefortii</i>	Roto	4
<i>Salvia argentea</i>	Saar	1
<i>Salvia verbenaca</i>	Save	1
<i>Stipa tenacissima</i>	Stte	5
<i>Thapsia garganica</i>	Thga	1
<i>Thymelaea hirsuta</i>	Thhi	1
<i>Thymus algeriensis</i>	Thal	6
<i>Urginea maritima</i>	Urma	1
<i>Urospermum dalechampii</i>	Urda	1

Annexe V : Matrice de corrélation des variables mésologiques.

	pH	Ce	Mo	Ct	Ca	S	L	A	Alt	Pte
pH	1	0,863	-0,805	0,380	0,759	0,148	-0,079	-0,545	-0,909	-0,012
Ce	0,863	1	-0,862	0,550	0,766	-0,240	0,300	-0,285	-0,723	-0,379
Mo	-0,805	-0,862	1	-0,703	-0,779	0,173	-0,242	0,371	0,710	0,212
Ct	0,380	0,550	-0,703	1	0,824	-0,463	0,559	-0,407	-0,548	-0,496
Ca	0,759	0,766	-0,779	0,824	1	-0,326	0,423	-0,491	-0,846	-0,204
S	0,148	-0,240	0,173	-0,463	-0,326	1	-0,992	-0,577	-0,211	0,236
L	-0,079	0,300	-0,242	0,559	0,423	-0,992	1	0,475	0,110	-0,287
A	-0,545	-0,285	0,371	-0,407	-0,491	-0,577	0,475	1	0,797	0,222
Alt	-0,909	-0,723	0,710	-0,548	-0,846	-0,211	0,110	0,797	1	0,117
Pte	-0,012	-0,379	0,212	-0,496	-0,204	0,236	-0,287	0,222	0,117	1