



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**MEMOIRE DE MASTER**

Présenté par : Taibi Halima

**DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES**

**OPTION : Amélioration des plantes et Biotechnologie**

**Thème**

*Etude de la rhizosphère de quelques plantes fixatrices des dunes de sable dans la région de Laghouat*

**Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Zaza Massaouda	MAB	Présidente
Houyou Zohra	MAA	Examinatrice
Maallem Hamida	MAA	Promotrice

**Promotion : Juin 2015**

**Taibi Halima.**

**Etude de la rhizosphère de quelques plantes fixatrices des dunes de sable dans la région de Laghouat.**

**Résumé**

Dans ce mémoire nous présentons l'étude de la rhizosphère de trois plantes fixatrices des dunes ; deux Légumineuses (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) et une Graminée (*Aristida pungens*) dans une zone ensablée appelée Kaf Mokran, située au Nord de la ville de Laghouat.

Des analyses physico-chimiques et microbiologiques sur un ensemble de 32 échantillons du sol représentant la rhizosphère de trois plantes et d'un sol nu ont été effectuées.

Les résultats obtenus montrent que l'installation d'une végétation steppique, améliore les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du sol : elle augmente le taux d'humidité, le taux de la matière organique et le taux d'azote dans le sol et diminue le pH.

La richesse microbienne varie d'une espèce à une autre : nous avons constaté que, *Retama raetam* (fabaceae), attire plus de bactéries, alors que *Aristida pungens* (graminée) attire plus de champignons.

**Mots clé :** Laghouat, sable, rhizosphère, *Retama raetam*, *Astragalus armatus*, *Aristida pungens*.

### ملخص

في هذه المذكورة نبين دراسة تربة منطقة الجذور لثلاث نباتات مثبتة للكثبان ، اثنان باقولية (*Retama raetam* و *Astragalus armatus*) وواحدة نجلية (*Aristida pungens*) بمنطقة كاف مفران الواقعة بشمال مدينة الأغواط.

تم إجراء تحاليل فيزيو- كيميائية وميكرو بيولوجية على مجموع 32 عينة من التربة تمثل تربة منطقة جذور ثلاث نباتات و تربة عارية.

تبين النتائج المتحصل عليها أن النباتات السهبية حسنت الخصائص الكيميائية و البيولوجية للتربة : رفعت نسبة الرطوبة، نسبة المادة العضوية و نسبة الأزوت في التربة كما خفضت pH.

الثراء الميكروبي يتغير من نوع لآخر: تأكدنا أن *Retama raetam* ( باقولية ) تجذب أكثر البكتيريا في حين أن *Aristida pungens* ( نجلية ) تجذب الفطريات أكثر.

كلمات المفاتيح: الأغواط، رمل، تربة منطقة الجذور ، *Retama raetam*، *Astragalus armatus*،

*Aristida pungens*

**Taibi Halima.**

**Study of the rhizosphere for some plants installed dunes in Laghouat.**

### **Summary**

In this thesis we present the study of the rhizosphere of three dune-fixing plants; two Legumes (*Retama raetam* and *Astragalus armatus*) and grass (*Aristida pungens*) in a silted area called Kaf Mokran, located north of the city of Laghouat.

Physico-chemical and microbiological analyzes on a set of 32 soil samples representing the rhizosphere of three plants and bare soil were performed.

The results obtained show that the presence of steppe vegetation plants, improve soil chemical characters : increases the Humidity, Organic matter and the nitrogen content in soil and decreases pH.

Microbial richness varies from one species to another : we found that, *Retama raetam* (fabaceae), attracts more bacteria, while *Aristida pungens* (grass) attracts over fungic.

**Kys words:** Laghouat, sand, rhizosphere, *Retama raetam*, *Astragalus armatus*, *Aristida pungens*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A ma chère mère pour son soutien et ses sacrifices durant mes études  
et dans chaque étape de ma vie.*

*A mon chère père qui m'a beaucoup aidé, conseillé et encouragé.*

*A mon chère frère Mustapha, à mes sœurs et à le premier petit-fils  
Amri Mohamed Yacine pour leur amour et leur soutien moral.*

*A ma famille, grand-mère maternel, oncles et tantes, cousins et  
cousines.*

*A ma chère amie, Ferial pour son amour et son encouragement  
incessant.*

*A mes amies, et mes collègues d'études qui avec eux j'ai passé des  
meilleurs moments.*

*Je n'oublie, pas mes enseignants et enseignantes de la 1<sup>ère</sup> année de  
l'école primaire jusqu'à les derniers années universitaires, pour tout  
le savoir qu'ils m'ont transmis.*

*Halima*

# *Remercîments*

*Je remercie en premier lieu, Dieu pour toutes ses bénédictions qui nous entourent : le guide par le bon chemin de l' Islam et l'offre de tous les moyens de vivre, d'étudier et de faire du bien pour le bienêtre des autres pour un lendemain plus meilleurs.*

*Je remercie infiniment ma promotrice Mme Maallem Hamida, maître assistance à l'université de Laghouat pour l'effort fourni, les conseils prodigués, sa patience et sa persévérance dans le suivi.*

*Je veux remrcie Mlle Ameer Djamila pour toute l'aide qu'elle ma attribuée.*

*Mes vifs remercîments aux membres du jury : Mlle Houyou Zohra, maître assistance à l'université de Laghouat et Mlle Zaza Messaouda, maître assistance à l'université de Laghouat, qui m'ont fait honneur en examinant ce travail.*

*Je remercie tous les enseignants qui nous ont accompagné tout le long de notre cursus universitaire et qui nous ont donné les bases de la science.*

*Je tiens à remercier toute personne, non citée, ayant contribué de loin ou de près à la réalisation du présent travail.*

# SOMMAIRE

Résumé	
Dédicace.....	I
Remerciements .....	II
Liste des tableaux.....	VI
Liste des figures.....	VII
Liste des abréviations.....	VIII
Introduction.....	1

## PATRIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>Chapitre I : Présentation de la steppe Algérienne.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.Situation géographique .....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. Caractéristiques climatiques .....</b>	<b>4</b>
<b>I.3.Caractéristiques pédologiques .....</b>	<b>5</b>
<b>I.4. La végétation steppique.....</b>	<b>5</b>
<b>I.5. La dégradation de la steppe Algèrienne.....</b>	<b>6</b>
I.5.1.Phénomène de l'ensablement .....	7
I.5.2.Fixation des dunes .....	8
I.5.2.1.La fixation mécanique des dunes .....	8
I.5.2.2. La fixation biologique .....	9
<b>I.6. Caractéristiques de quelques espèces fixatrices des dunes .....</b>	<b>10</b>
I.6.1. Caractéristiques d' <i>Aristida pungens</i> L.....	10
I.6.2. Caractéristiques de <i>Retama raetam</i> .....	11
I.6.3. Caractéristiques d' <i>Astragalus armatus</i> .....	12
<b>Chapitre II : Relation Sol-Végétation.....</b>	<b>14</b>
<b>II.1. Activités biologiques de sol.....</b>	<b>14</b>
II.1.1. Minéralisation et immobilisation.....	15
II.1.2. Les relations biologiques dans le sol.....	16

II.1.2.1. La relation entre les populations microbiennes.....	16
II.1.2.2. Les relations plantes-microorganismes.....	16
a). Relations symbiotiques.....	16
a.1. Les symbioses fixatrices d'azote.....	17
a.2. Les mycorhizes.....	17
b). Relations non symbiotiques.....	18

## **PARTIE II : MATERIEL ET METHODES**

<b>Chapitre I : Présentation du site d'étude et échantillonnage .....</b>	<b>19</b>
<b>I.1. Présentation du site d'étude.....</b>	<b>19</b>
<b>I.2.Échantillonnage et prélèvement du sol.....</b>	<b>19</b>
<b>Chapitre II : Analyses chimiques et microbiologiques .....</b>	<b>20</b>
<b>II.1. Détermination de l'humidité de sol.....</b>	<b>21</b>
<b>II.2. Conductivité électrique.....</b>	<b>21</b>
<b>II.3. Mesure de pH.....</b>	<b>21</b>
<b>II.4. Détermination de la matière minérale et organique de sol.....</b>	<b>22</b>
<b>II.5. Le dosage du carbone organique .....</b>	<b>22</b>
<b>II.6. Dosage des éléments NPK.....</b>	<b>23</b>
II.6.1. Détermination de la matière azotée.....	23
II.6.2. Dosage du Phosphore et du Potassium.....	24
<b>II.7. Dosage du Sodium (Na<sup>+</sup>).....</b>	<b>24</b>
<b>II.8. Analyse microbiologique.....</b>	<b>24</b>
<b>II.9. Analyses statistiques.....</b>	<b>26</b>

## **PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>Chapitre I : Résultats.....</b>	<b>27</b>
<b>I.1. Les caractères chimiques du sol.....</b>	<b>27</b>
I.1.1. L'humidité du sol.....	27
I.1.2. Le pH de sol.....	27
I.1.3. Conductivité électrique .....	28
I.1.4. Matière organique et le carbone total.....	29
I.1.5. Teneur en azote du sol.....	30

I.1.4. Le rapport C/N.....	31
<b>I.2. Les caractéristiques microbiologiques du sol.....</b>	<b>31</b>
I.2.1. Résultats du dénombrement des bactéries.....	31
I.2.2. Résultats du dénombrement des champignons.....	32
<b>Chapitre II : Discussion.....</b>	<b>33</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>37</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>39</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>45</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Rapport C/N.....	30
------------------------------	----

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Délimitation des steppes algériennes.....	3
Figure 2 :	Etages bioclimatiques de l'Algérie.....	4
Figure 3 :	Mécanismes de déplacement des sables.....	7
Figure 4 :	Palissades en palmes sèches.....	8
Figure 5 :	Plante d' <i>Aristida pungens</i> L.....	11
Figure 6 :	Arbuste de <i>Retama raetam</i> .....	12
Figure 7 :	Plant d' <i>Astragalus armatus</i> .....	13
Figure 8 :	Localisation géographique du site d'étude.....	19
Figure 9 :	Dispositif de prélèvement par échantillonnage aléatoire simple de sol.	20
Figure10 :	Humidité du sol des groupements végétaux.....	26
Figure11 :	pH du sol des groupements végétaux.....	27
Figure12 :	Conductivité électrique du sol des groupements végétaux.....	27
Figure13 :	Matière organique du sol des groupements végétaux.....	28
Figure14 :	Carbone organique du sol des groupements végétaux.....	29
Figure15 :	Azote total du sol des groupements végétaux.....	29
Figure16 :	Dénombrement des bactéries dans les sols de groupement végétaux...	31
Figure17 :	Dénombrement des champignons dans les sols de groupement végétaux.....	31

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

C°	Degré Celsius
CDF	Conservation Des Forêts
CE	Conductivité électrique
CILSS	Comité permanent Inter- États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
Cm	Centimètre
CO	Carbone organique
g	Gramme
LPGA	Milieu de culture
m	Mètre
mm	Millimètre
µm	Micromètre
MM	Matière Minérale
MO	Matière Organique
MA	Matière Azoté
Ms	Millisemens
N	Azote
Na	Sodium
P	Phosphore
PDA	Milieu de culture à base de pomme de terre
K	Potassium
Km	Kilomètre
UFC	Unité formant colonie
%	pourcent

---

# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

Les zones arides occupent une position charnière bien particulière en Algérie. Elles reçoivent de 100 à 300 mm de pluie moyenne annuelle (Nedjraoui, 2002) et couvrent de très grandes surfaces. Elles sont caractérisées par une longue sécheresse estivale (4 à 6 mois) et par des conditions édapho-climatiques très contraignantes à la survie spontanée des êtres vivants (Madani, 2008).

Dans les zones arides et semi-arides méditerranéennes, la production fourragère est limitée par l'aridité, une réalité qui est à la fois inévitable et imprévisible. Comblé le déficit dépend en grande partie de la diversification des ressources et la disponibilité d'espèces de meilleure tolérance aux stress (Chebbi et *al.*, 1995).

Durant les deux dernières décennies, les parcours steppiques des Hautes Plaines d'Algérie ont été marqués par une dégradation intense affectant le couvert végétal, la biodiversité et le sol, la régression du couvert végétal entraînant une intensification de l'érosion éolienne, et l'apparition de paysages désertiques et une dynamique dunaire (Aidoud et slimani, 2004).

Néanmoins, cet écosystème reste un milieu vivant pourvu d'un couvert végétal particulier, adapté aux stress édapho-climatiques d'une part et anthropogène d'autre part, donc les sols dans ces régions exercent une influence sélective sur la végétation et inversement la végétation influence le sol à chacune d'elles correspondent des sols typiques (Nedjraoui, 2002).

Les dunes sont caractérisées par la présence d'une couverture végétale, de densité variable, qui fixe plus ou moins leur sable, le vent joue un rôle essentiel par sa direction, sa fréquence, sa durée et surtout sa vitesse (Hatimi et Tahrouch, 2007).

L'action du vent sur la végétation est à la fois mécanique et physiologique, l'effet mécanique où les particules de sol transportées heurtent les tiges et les feuilles avec force, entraînant l'abrasion de leurs tissus, dans les zones où les particules sont prélevées, les racines se déchaussent et la végétation risque d'être déracinée, dans les zones où elles sont déposées, la végétation est progressivement ensevelie, l'effet physiologique où le vent augmente l'évaporation et dessèche les plantes, principalement pendant la saison sèche (FAO, 2010).

Le pouvoir évaporant de l'air est proportionnel à la racine carrée de la vitesse du vent, de plus, la capacité de rétention d'eau du sol est diminuée et conduit à un déficit hydrique, la masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toute l'humidité et à creuser le déficit de saturation, Or c'est ce déficit qui modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère, la végétation qui pousse joue un rôle capital dans la formation des dunes, elle freine le vent, piège et stabilise le sable en mouvement, elle est constituée de plantes qui sont adaptées, les sols dunaires sont généralement pauvres en éléments nutritifs et en eau (FAO, 2010).

Dans cette étude nous travaillons sur trois plantes fixatrices des dunes ; deux légumineuses et une graminée pour voir leurs influences sur l'amélioration des caractéristiques du sol dans une zone ensablée, cette étude prend en compte d'une part l'analyse des principaux facteurs édaphiques (caractéristiques physico-chimiques du sol), et d'autre part des caractéristiques microbiologiques du sol, ceci est dans le cadre d'une évaluation expérimentale de la relation plante / sol.

Notre étude a été faite dans le site de KAF MOKRANE, situé à 4 Km du chef-lieu de la wilaya de Laghouat, où son emplacement est typique pour ce sujet, c'est un endroit stratégique pour l'étude de l'ensablement.

Nous avons divisé l'étude en trois parties :

Partie I : Etude bibliographique.

Partie II : Matériel et Méthodes.

Partie III : Résultats et discussion.

# **PARTIE I**

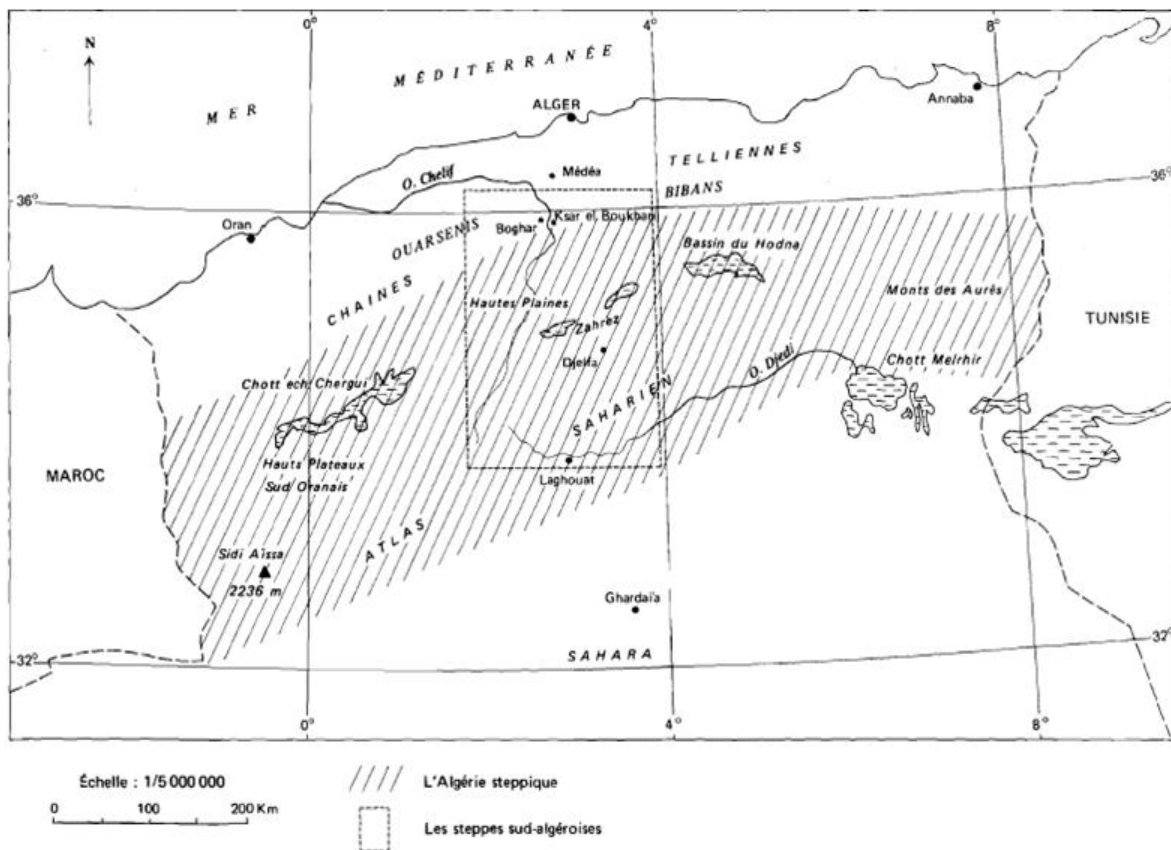
---

## **SHYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STEPPE ALGERIENNE

### I.1. Situation géographique

Selon Bouzenoune (2013), la steppe algérienne est située entre les isohyètes 400 mm et 100 mm dans l'Algérie du Nord. Elle couvre l'ensemble des hautes plaines (1000 à 14000m d'altitude) sur une superficie de 20 millions d'hectares entre la limite sud de l'Atlas Tellien et le piémont sud de l'Atlas Saharien (voir figure1), répartie administrativement à travers 08 wilayas steppiques et 11 wilayas agro-pastorales totalisant 354 communes. Le climat varie du semi-aride inférieur frais au Nord à l'aride inférieur tempéré au Sud (Nedjimi et Homida, 2006).



Source : Pouget, 1980.

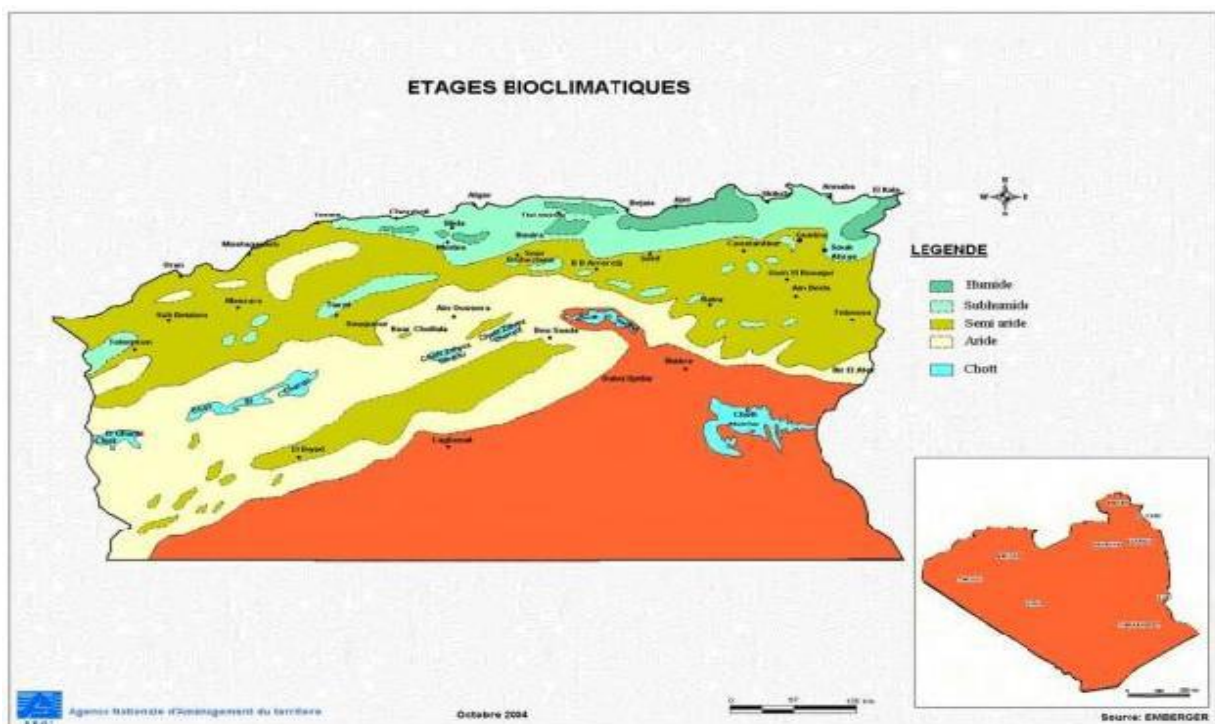
Figure 1. Délimitation des steppes algériennes.

## I.2. Caractéristiques climatiques

Les steppes se caractérisent par un climat de type méditerranéen avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche si non froide, une diminution et irrégularité accrue des pluviosités, augmentation des températures et de la longueur des périodes de sécheresse estivale rendant encore plus difficiles les conditions de développement des plantes avec un bilan hydrique déficitaire (Le Houérou, 1996)

En général, la pluviométrie moyenne annuelle est faible (entre 100 et 400 mm/an) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averses) et leurs aspects orageux. Ces deux phénomènes favorisent l'érosion hydrique. Le régime thermique des steppes est du type continental (Bencherif, 2011).

Selon la classification faite par Le Houérou (2004), l'Algérie steppique reste dans sa plus grande partie comprise entre les isothermes  $+1^{\circ}\text{C}$  et  $+3^{\circ}\text{C}$ , l'amplitude thermique annuelle est généralement supérieure à  $20^{\circ}\text{C}$ . Une autre caractéristique du climat steppique est le vent violent. En effet, celui de l'hiver occasionne des dégâts; celui de l'été venant du Sahara (sirocco), est le plus catastrophique; est un vent chaud qui souffle de 20 à 30 jours par an et a des effets dégradants sur la végétation.



Source : Nedjimi et Homida, 2006

Figure 2. Etages bioclimatiques de l'Algérie.

### **I.3. Caractéristiques pédologiques**

Les sols steppiques sont peu profonds et pauvres en matières organiques, caractérisés par une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation. Les bons sols sont destinés à une céréaliculture aléatoire (Nedjimi et Guit, 2012).

La plus part 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 constituées par les lits d'oueds soit fermées appelées Dayas (Le Houérou, 1996).

D'après Nadjraoui et Homida (2006) les principaux types de sols sont :

- Les sols minéraux brutes (lithosols et régosols) localisés sur les sommets des djebels.
- Les sols peu évolués regroupant les sols d'origines colluviale des glaciers, alluviales des lits d'oueds et des dayas et éolienne des formations sableuses fixées.
- Les sols calcimagnésiques caractérisés par des rendzines sur les versants des djebels, les sols bruns calcaires à accumulations calcaires, très répandus, et les sols à encroûtement gypseux, plus rares.
- Les sols isohumiques sont caractérisés par les glaciers d'érosion et les sols halomorphes qui occupent les chotts et les sebkhas.

### **I.4. La végétation steppiques**

Les écosystèmes steppiques sont subdivisés en deux grands ensembles : un premier ensemble couvrant 15 millions d'hectares représentés par une végétation steppique constituant les vraies zones de parcours à vocation pastorale et un second ensemble couvrant 5 millions d'hectares occupés par les cultures, les forêts et le sol nu, sables et sebkhas (Nedjraoui, 2002)

Les steppes peuvent revêtir diverses physionomies et structures. On peut ainsi distinguer des steppes graminéennes, arbrissellées, arbustives, crassulescentes, succulentes et pulvinées (Le Houérou, 1995).

La végétation steppique est de très inégale valeur, tant pour sa composition floristique que par sa densité (Le Houérou, 2001). Si on impute les zones de cultures, les forêts et les zones improductives, il nous reste 15 millions d'hectares de végétation steppique qu'occupent les

parcours. La végétation steppique est dominée par l'Alfa (*Stipa tenacissima*) qui occupe 4 millions d'hectares, suivie par le Chih (*Artemisia herba alba*) avec 3 millions d'hectares, puis le Sennagh (*Lygeum spartum*) et le Guettaf (*Atriplex halimus*) en association, avec respectivement 2 et 1 million d'hectares. Le reste est occupé par des associations diverses (*Aristida pungens*, *Thymelaea microphylla*, *Retama retam*, *Artemisia campestris*, *Arthrophytum scoparium* et *Peganum harmala*) (Nedjraoui, 2002).

Selon Djbaili (1988), la combinaison des facteurs pédo-climatiques et la répartition spatiale de la végétation fait ressortir trois types de steppes :

- La steppe graminéenne à base d'Alfa (*Stipa tenacissima*) et/ou de Sparte (*Lygeum spartum*) que nous trouvons dans les sols argileux à texture plus fine. Sur les sols sableux, nous trouvons la steppe à Drinn (*Aristida pungens*).
- La steppe à chamaephytes représentées par l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) qui occupe les sols à texture fine.
- La steppe à halophytes ou crassuléscentes qui occupe les terrains salés. On y trouve *Atriplex halimus*, *Salsola vermiculata* et *Suaeda fruticosa*.

### **I.5. La dégradation de l'écosystème steppique**

D'après Slimani et Hirche (2006), depuis moins de trois décennies de grandes étendues steppiques ont subi une transformation dramatique; les steppes de l'oued ont régressé de plus de 60% entre 1978 et 2005 ; cette dégradation touche essentiellement les steppes à Armoise blanche (*Artemisia herba alba*), les « mers » d'alfa (*Stipa tenacissima*) et les steppes à sparte (*Lygeum spartum*).

La productivité des milieux a régressé de 80% en moins de 40 ans ; ce qui peut signifier un sens de dégradation irréversible. Il en est de même pour les autres régions, les steppes du centre ont régressé de 54% en l'espace de 13 ans seulement (1976-1989) (Sahraoui, 2008).

Selon Nedjraoui (2002), la dégradation s'exprime d'une part, par une régression du couvert végétal et des potentialités pastorales des parcours et d'autre part, par l'apparition de placages sableux et de formations dunaires.

La dégradation des ressources biologiques va avoir un effet direct sur le changement des milieux physiques (destruction des facteurs physiques et chimiques des sols, ensablement, nappes phréatiques, tempêtes de sable) et socio-économiques (manque de nourriture pour le cheptel, chômage,...) (Sahraoui, 2008).

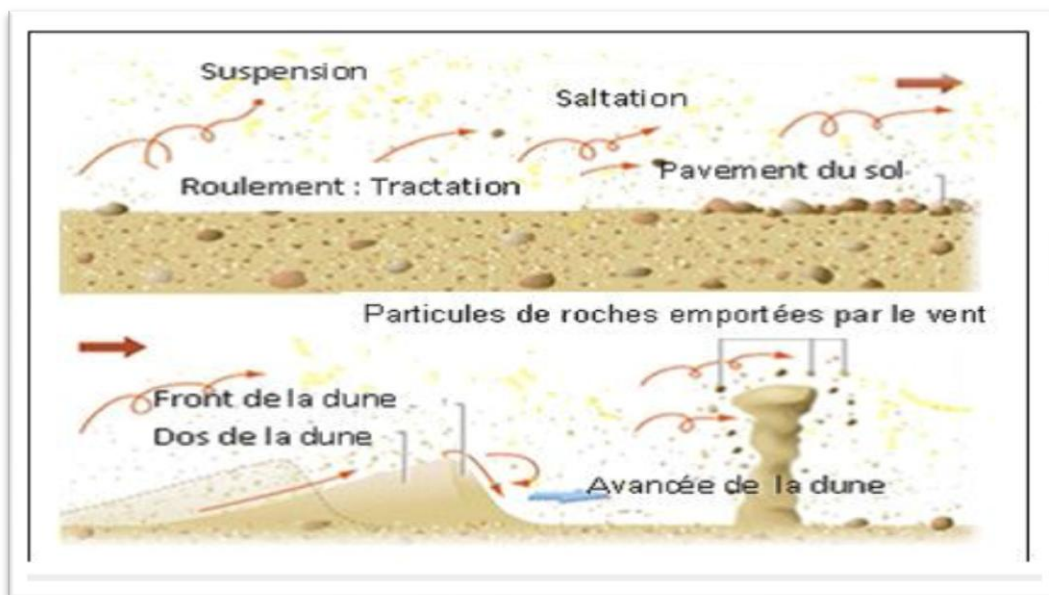
### I.5.1. Phénomène de l'ensablement

La dégradation du couvert végétal steppique engendre un phénomène de désertification qui se définit comme la formation d'un cordon dunaire (Makhloufi *et al.*, 2006).

Le mot ensablement défini par Larousse désigne un "Amas de sable formé par l'eau ou le vent". Pour notre cas, ce mot prend un sens plus large, il désigne tout envahissement d'objets ou de surfaces par des grains de sable, aboutissant ainsi à l'accumulation de sable et à la formation des dunes. L'ensablement est susceptible de provoquer, quand il prend de l'ampleur, des perturbations importantes dans les domaines économique et social. Il constitue souvent l'une des manifestations les plus spectaculaires de la désertification (Sahraoui, 2008).

L'érosion éolienne est par excellence la cause principale de tout ensablement où le vent joue le triple rôle d'agent érosif, de transport, de dépôt et de formation des dunes ; elle débute lorsque le sol n'est plus protégé par une végétation permanente et son intensité dépend essentiellement du vent qui est l'agent causal et des autres caractéristiques écologiques du milieu où s'exerce cette érosion (Sahraoui, 2008).

Selon Berte (2010), Il y a ensablement lorsque les grains de sable sont transportés par les vents (voir figure 3), et s'accumulent sur le littoral au bord des cours d'eau et sur des terres cultivées ou incultes, en se déplaçant les accumulations de sable (dunes) ensevelissent les villages, routes, oasis, cultures, jardins maraîchers, canaux d'irrigation et barrages, entraînant ainsi des dégâts matériels et socio-économiques très importants.



Source : Makhlouf *et al.* 2012.

Figure 3. Mécanismes de déplacement des sables.

## I.5.2. Fixation des dunes

Selon CILSS(2011), les dunes sont des collines de sable qui se forment dans des zones où le sable est abondant et non fixé par la végétation (zones de désert, plage,...). Elles se déplacent sous l'action des vents forts qui soufflent.

Le sable est transporté par le vent fort, puis il s'accumule quand la force du vent diminue, une dune se déplace donc par érosion du côté qui fait face au vent et accumulation sur le côté opposé, les dunes dans leur déplacement envahissent les marres, les pâturages et les champs, lorsque les marres s'ensablent, elles n'arrivent plus à stocker beaucoup d'eau et tarissent rapidement, les champs et les pâturages deviennent insuffisants pour les hommes et leurs animaux la disparition des herbes et des arbres entraîne la disparition des animaux sauvages, d'où l'idée de fixer les dunes( CILSS,2011).

Le principe de fixation des dunes est d'empêcher au sable de se déplacer pendant un temps suffisamment long pour permettre à la végétation naturelle ou plantée de s'y développer, il existe plusieurs techniques de fixation des dunes dont le plus couramment pratiquées sont : la fixation mécanique et la fixation biologique.

### I.5.2.1. La fixation mécanique des dunes

Elle consiste à freiner le mouvement du sable en érigeant des palissades de 1 à 1.5 m de hauteur, afin de provoquer une accumulation de sable qui permettra la formation d'une dune artificielle au niveau de ces palissades, ces palissades sont des branches d'arbres de feuilles de palmiers, elles peuvent être aussi des nattes de tiges de céréales enfoncées dans la dune, les obstacles doivent être parallèles entre elles et perpendiculaires à la directions, il faut faire alors des palissades croisées ( FAO,2010 ;CILSS,2011).

Les palissades doivent être entretenue jusqu'à ce que la végétation soit rétablie, Pour aider à la fixation, on peut déposer un léger branchage ou tout autre débris simplement sur le sable pour bien jouer son rôle, le palissade doit être perméable au vent( 30% à 40%), afin de freiner sa vitesse, elle doit former une accumulation de sable sans provoquer un phénomène tourbillon, sa hauteur ne doit pas dépasser 1.5 m car la plupart( 95%) du sable en mouvement se trouve dans les 30 premiers centimètres au-dessus de la surface du sol(CILSS,2011).



Source : Makhlouf et al. 2012

Figure 4. Palissades en palmes sèches.

#### I.5.2.2. La fixation biologique

L'objectif de cette fixation consiste à mettre en place une strate végétale arborescente et arbustive de part et d'autre des palissades destinées à remplacer rapidement l'effet protecteur provisoire celle-ci, les espèces seront choisies en fonction de leur aptitude au terrain et susceptibles de mieux résister aux déplacement des grains de sables à la sécheresse et posséder une croissance rapide (Espèces arbustives : *Retama raetam*, *Atriplex canescens*, *Aristida pungens*....etc) (CDF, 2011 ; GIZ, 2012).

D'après Makhlouf et al (2012) ,Les éléments minéraux tels que P, K, Mg, Na, Cl, sont présents dans le sol, mais en proportion infime, ce taux est dû à l'instabilité de la structure (apports et départs) et à la faible activité des micro-organismes, les sols sableux ont une stabilité structurale mais non asphyxiante, de structure souvent particulière, ils sont filtrants et ont une faible capacité de retentions, les sols dunaires ont en général une porosité élevée et une bonne réservoirs d'eau, ces caractéristiques présentent un grand intérêt dans la conduite du choix des espèces à utiliser au niveau des formation éoliennes.

Les travaux de Ferchichi (1996), qui consiste à fixer biologiquement des dunes en Tunisie présaharienne, montre que le pourcentage le plus élevé de mortalité des plantules, par rapport à la date de semis, coïncide avec l'élévation de la température du sol et la diminution de son humidité (*Retama raetam* avec un taux d'émergence de 21% ; *Aristida pungens* avec un taux d'émergence de 1%).

## I.6. Caractéristiques de quelques espèces fixatrices des dunes

### I.6.1. Caractéristiques d'*Aristida pungens* L.

Le genre *Aristida* comporte de nombreuses espèces, plus de 300, particulièrement communes dans les régions sèches de l'Afrique tropicale (Sahara méridional, sahel). En Algérie, ce genre est représenté par 11 espèces. L'espèce *Aristida pungens* L. est vulgairement appelée 'Drinn' en Algérie, 'Sbott' en Libye et 'Toulloulou aghifouf' au Maroc. La vie végétale de 'Drinn' dure toute l'année et la plante est toujours verte. *Aristida pungens* L appartient à la famille des Poaceae. Cette espèce est caractérisée par des feuilles dures enroulées et piquantes, racines très longues et tiges atteignant un mètre (Bouhadjera, 2005).

La germination du 'Drinn' se fait à 25C°, considérée comme température optimale. Elle est caractérisée par deux périodes de vie : une vie ralentie (Août à Mars) et une vie active (Avril à Juillet) (Ozenda, 1958).

En effet, *Aristida pungens* L. est la plante la plus fréquente des massifs dunaires et souvent la seule sur de grandes étendues dans les ergs. Compte tenu de sa grande fréquence et de sa disponibilité permanente, c'est l'une des plantes les plus intéressantes. Elle constitue un aliment extrêmement précieux du fait de sa longue résistance à la sécheresse et son apétabilité pendant la longue période de l'année. Elle peut résister à 4-5 ans de sécheresse. Elle constitue ainsi, le pâturage de base pour le dromadaire qui consomme presque toute la plante, à part 20-30 cm de chaumes (la hauteur des touffes varie entre 1 m et 1.70 m) (Ozenda, 1958).

En Algérie, dans les zones sahariennes, les éleveurs distribuent le 'Drinn' comme aliment grossier à toutes les catégories d'animaux d'élevage (ovins, caprins et même bovins). D'ailleurs, le 'Drinn' est commercialisé clandestinement à des prix équivalents à ceux du foin. Cette étude a donné des valeurs plus élevées et entièrement significatives que celles trouvées dans des travaux antérieurs (Bouhadjera, 2005).



Figure 5. Plante d'*Aristida pungens* L.

### I.6.2. Caractéristiques de *Retama raetam*

Les rétames sont des Légumineuses arbustives, occupant les zones arides, semi-arides et côtières qualifiées de plantes fixatrices des dunes (Zohary, 1962 ; Shallaby et *al.*, 1972), sont des arbustes saharien de 1 à 3.5 m de hauteur à rameaux veloutés( Quezel et Santa, 1962).

En Algérie les rétames occupent une surface considérable du Nord vers le Sud (Thomas, 1968 et Stocker, 1974). Elle est localisée dans le sud oranais, Sud de Djelfa, Ain Safra, Touggourt, au centre de la Kabylie, à l'Est de Biskra, également à Ouarlga (Allal-benfakih, 2006).

Selon Miltter (2000), *Retama raetam* s'adapte bien aux conditions les plus extrêmes, Les rétames sont les espèces fixatrices des dunes, grâce à leur système racinaire très développé, selon (Zohary, 1962), les racines de *Retama raetam* pénétré jusqu'à 20 m de profondeur dans le sol.

Selon Genmedocc (2006), *Retama raetam* Arbuste très ramifié de la famille des légumineuses, de 1 à 3 m de hauteur , avec des rameaux en forme de balai, les jeunes velus. Feuille éphémères, linéaires et soyeuses, fleurs en grappes de 2-10, calice marron qui tombe à la floraison, corolle papilionacée, blanche, fruit en gousse monosperme, ellipsoïde, avec un mucron apical court, espèce endémique de si cil méridionale de la province de caltanissetta, il s'agit d'une plante psammophile typique des dunes (voir figure 6).



Figure 6. Arbuste de *Retama raetam*.

Rétame grâce à son potentiel germinatif élevé, sa tolérance au stress hydrique et son mode de ramification racinaire ; peut être considéré comme une espèce pionnière apte à coloniser les cordons dunaires, son utilisation dans les opérations de revégétation de ces milieux fragiles est recommandable. Grâce à leur très grande capacité de symbiose, *Retama raetam* contribue à la bio-fertilisation des sols salins et pauvres, et jouent un rôle important dans le cycle de l'azote (Ferchichi, 1996).

### **I.6.3. Caractéristiques d'*Astragalus armatus***

Ce genre à trois synonymes ; *Acacia armata* (willd) Batt, *Acanthyllis tragacanthoides* (Desf) Pomel et *Anthyllis traganthoides* Desf. (Greuter et al., 1989).

Au Sahara Algéro-Marocain, une quinzaine d'espèces ont été identifiées (Ozenda, 1958). C'est un chaméphyte, Légumineuse, très rameux, pouvant atteindre 1 mètre de hauteur. Cette espèce est très épineuse, La floraison a lieu à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'à la fin du printemps. On souligne chez cette espèce l'importance de la reproduction : un individu adulte peut former jusqu'à 1500 fleurs (voir figure 7) (Sahara Nature, 2006).

Ce taxon présente quelques particularités éco-physiologiques qui favorisent une prolifération rapide sur la steppe :

- Bonnes aptitudes germinatives en milieu naturel.
- Puissance de son enracinement apte à valoriser les faibles réserves hydriques du sol.
- Importance de la phytomasse peu patable produite.

Selon Chaieb (1997), *Astragalus armatus* soit considérée comme espèce marquant la dégradation, elle peut contribuer, ne serait ce que de façon partielle, au processus de

restauration de l'équilibre écologique dans ces milieux dégradés. Le piégeage du sable et la reconstitution du voile éolien par les touffes très développées entraînent une amélioration du bilan hydrique du sol et favorisent la germination d'espèces jusqu'alors raréfiées.



Figure 7. Plante d'*Astragalus armatus*

## CHAPITRE II : RELATION SOL-VEGETATION

D'après Pouget (1980), la végétation naturelle pratiquement seule source de matière organique est indispensable à la formation et 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.

D'après Chantigny et Angers (2005), la différence est grande entre la végétation forestière et la végétation de steppe, l'action du système racinaire se manifeste en outre d'une façon mécanique en élargissant les fissures de la roche-mère, particulièrement les racines des arbres et des arbustes, plus généralement, il faut favoriser la dissolution de la calcite mais aussi son redépôt avec la précipitation des bicarbonates dissous :

- La dissolution de la calcite est accrue par une augmentation de la tention de gaz carbonique provoquée par la reprécipitation des racines et la minéralisation de la matière organique.
- La reprécipitation des carbonates est obtenue par la concentration des solutions du sol utilisée par le système racinaire pour la croissance des plantes, cette rerécipitation est souvent localisée dans la rhizosphère ou l'absorption sélective des ions par les racines entraîne une sursaturation plus prononcée.

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 forêt, matorrals ou steppes alfa les moins dégradées (Pouget, 1980).

### II.1. Activités biologiques de sol

La plupart des transformations d'intérêt agronomique dans le sol sont d'origine biochimique. Leur déroulement est conditionné par la présence d'êtres vivants et par leurs enzymes. Ces réactions sont aussi impliquées dans les processus de formation du sol (pédogenèse) et de la nutrition des plantes. Un sol n'existe que lorsque des organismes vivants et des matières organiques s'ajoutent aux minéraux issus de la décomposition de la roche. Ce système complexe (organismes vivants, matières organiques, minéraux) contribue activement aux processus d'altération des roches, de formation des agrégats, de migrations, autrement dit à la pédogenèse. La nutrition des plantes dépend aussi de réactions biochimiques. En effet, les microorganismes, loin d'être répartis de manière homogène dans le sol, forment autour des moindres racines une sorte de film continu (la rhizosphère). C'est à ce niveau qu'ont lieu les

échanges entre les matières organiques et minérales du sol et la plante. La connaissance de l'activité biologique d'un sol permet donc d'approcher la dynamique d'évolution du sol et les capacités d'échanges entre le sol et la plante (ITAB ,2003).

D'après Djigale (2003), le sol est un milieu biologique vivant où se développe une activité très intense. Plantes, animaux et microorganismes mêlent constamment leurs activités, c'est donc un assemblage d'organismes extrêmement divers et interagissant, qui régulent les processus de décomposition de la matière organique et du flux des nutriments à travers un réseau trophique très complexe dans le sol.

Selon Chantigny et Angers (2005), un réseau trophique est défini comme une chaîne interactions consommateur-ressource entre différents groupes fonctionnels d'organismes, dans le sol, les réseaux trophiques incluent les microorganismes (bactéries et champignons principalement), les protistes, nématodes et quelques acariens, les interactions entre les microorganismes et les nématodes surviennent principalement à l'intérieur du film d'eau des espaces porales du sol, et des films d'eau qui couvrent les particules solides, ces micro-sites sont très limités dans l'espace, et dépendent largement de l'humidité du sol, de sa porosité, dépend de la texture et de l'activité biologique, la texture et la porosité du sol sont déterminants importants de la structures des réseaux trophiques.

La présence de ressources organiques et la capacité des organismes de se déplacer à travers les micro-sites du sol sont aussi des conditions favorables pour l'établissement de ces réseaux, ces micro-sites se trouvent particulièrement dans la rhizosphère, où les racines des plantes fournissent l'énergie nécessaire aux bactériophages (Chantigny et Angers, 2005).

### **II.1.1. Minéralisation et immobilisation**

Les bactéries et les champignons et les champignons hétérotrophes dérivent leur énergie et les nutriments dans la décomposition de la matière organique. Une partie du matériel décomposé est utilisée pour la production de la biomasse microbienne (croissance), et d'autre partie est minéralisée en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, en N et P minéral et d'autres nutriments, les microorganismes sont donc au centre des processus de libération de flux d'énergie et de matières qui traversent le sol (Sahraoui, 2008).

La minéralisation est un processus catabolique par lequel les matériaux organiques morts sont transformés en des éléments inorganiques, avec une libération simultanée d'énergie (Lavelle et Spain, 2001).

D'après Hébert (1979), la source de la matière organique c'est les plantes terrestres, des animaux et des microbes sont extrêmement complexe parce qu'un grand nombre d'organismes et de composés sont impliqués, mais les microorganismes accumulent de considérables quantités de carbones et d'éléments minéraux dans leur propre biomasse et ils représentent un stock et une source importante d'éléments minéraux.

La disponibilité de l'azote pour la croissance des plantes dépend considérablement de la minéralisation de l'azote organique, par ailleurs, les microorganismes ont besoin de l'azote pour leur métabolisme, ils peuvent donc entrer en compétition avec les plantes cultivées, ces immobilisations peuvent être induites par apport de matière organique, par l'activité organique dans la rhizosphère ou par les fluctuations du carbone disponible au cours des variations climatiques (Hébert, 1979).

### **II.1.2. Les relations biologiques dans le sol**

Une diversité d'interactions dans le sol existe (symbiose, parasitisme, compétition, prédation), ces relations entre les microorganismes et aussi avec les organismes eucaryotes comme les nématodes, les plantes et les animaux et avec les composants abiotiques de l'environnement constituent la base de l'écologie microbienne dans le sol, elles constituent les moteurs des différents processus qui déroulent dans le sol (Hébert, 1979).

#### **II.1.2.1. La relation entre les populations microbiennes**

D'après Djigale (2003), il existe rarement un microorganisme isolé dans les conditions naturelles. Ainsi quand une cellule microbienne est isolée en laboratoire, l'individu se multiplie normalement pour former un groupe ou clone, ou bien des individus identiques, on parle dans ce cas de population, typiquement, beaucoup de populations de caractères différents coexistent dans les environnements naturels, les populations microbiennes qui vivent dans un même habitat interagissent entre eux pour former une communauté microbienne, structurée, et où chaque population contribue à son maintien, des interactions apparaissent entre individus à l'intérieur d'un type de population microbienne, entre diverses populations à l'intérieure de la communauté.

#### **II.1.2.2. Les relations plantes-microorganismes**

##### **a). Relations symbiotiques**

La rhizosphère ne contient pas seulement les interactions des microorganismes entre eux mais aussi les racines des plantes établissent des relations symbiotiques spécifiques avec

certaines microorganismes du sol, il s'agit des symbioses fixatrices d'azote et des associations mycorhiziennes.

#### a.1. Les symbioses fixatrices d'azote

Selon Dommergues et Mangenot (1970), deux groupes de bactéries ont été identifiés comme fixatrices d'azote en association avec les plantes supérieures, il s'agit des Rhizobiums qui s'associent généralement avec les plantes légumineuse et d'autre espèces aussi (des papilionacées, des mimosacées, césalpiniacées), bactéries filamenteuses sporulantes associées à des plantes dites actinorhiziennes comme les Casuarinacées, ce sont des associations spécifiques puisqu'elles impliquent un système de reconnaissance entre les deux partenaires, la plante exsude dans le milieu des flavonoïdes qui activent les gènes de la nodulation des bactéries, provoquant la synthèse d'une molécule signal, cette dernière déclenche chez la plante des processus qui permettent la pénétration des bactéries dans la racine et la formation de nodules.

D'après Djigale (2003), les Rhizobiums qui s'installent dans les cellules se différencient en bactéroïdes, et synthétisent la nitrogénase, l'enzyme qui catalyse la fixation de l'azote de l'air. Dans le cas des symbioses actinorhiziennes, les hyphes qui pénètrent dans les cellules végétales, se différencient en vésicules, siège de la synthèse de la nitrogénase, les symbioses fixatrices de l'azote sont extrêmement importantes dans le maintien de la fertilité de sol, elles sont utilisées dans les pratiques agricoles pour augmenter les rendements des cultures.

#### a.2. Les mycorhizes

Les mycorhizes sont des associations bénéfiques entre les racines des végétaux et les filaments mycéliens des champignons supérieurs, cette association améliore la nutrition minérale (principalement phosphore) de la plante, alors qu'elle fournit au champignon hétérotrophe des assimilats photosynthétiques qu'ils ne peuvent pas obtenir dans le sol, de plus la formation des mycorhizes est connue pour stabiliser des sols et augmenter la fixation de CO<sub>2</sub> dans le sol. Il existe 3 types de mycorhizes, définies selon des critères morphologiques et cytologiques : les ectomycorhizes, les endomycorhizes et ectendomycorhizes (Hatimi et Tahrouch, 2007).

#### b). Relations non symbiotiques

L'interface entre le sol et les racines est un habitat très dynamique. Dans la masse de sol environnante, la croissance et la prolifération des microorganismes sont limitées par un déficit

de carbone et d'énergie. Par contre, la libération continue de nutriments organiques dans la rhizosphère stimule l'activité et la multiplication des microorganismes (Sorensen, 1997).

Les effets indirects résultent de l'effet de la communauté microbienne rhizosphérique sur la structure du sol. En effet, les microorganismes produisent des polysaccharides qui ciment les particules minérales du sol à l'intérieure des agrégats. L'amélioration de la structure du sol, par l'augmentation de l'agrégation, aboutit à l'amélioration l'aération du sol, à l'infiltration de l'eau, et à la pénétration des racines (Sorensen, 1997).

L'azote est un élément important aussi bien pour la croissance des plantes que celle des microorganismes, et il existe une compétition entre les microorganismes et les racines des plantes pour cet élément surtout dans les sols pauvres ou il constitue un facteur limitant, ces derniers immobilisent l'azote, le rendant indisponible pour les plantes, certains microorganismes en particulier les bactéries et les champignons peuvent envahir les tissus des racines, elles peuvent provoquer de nombreuses maladies, ces maladies apparaissent chez les plantes sous forme de nécrose, de pourriture, de troubles vasculaires, de tumeurs et ou de lésions ( Sorensen, 1997).

## **PARTIE II**

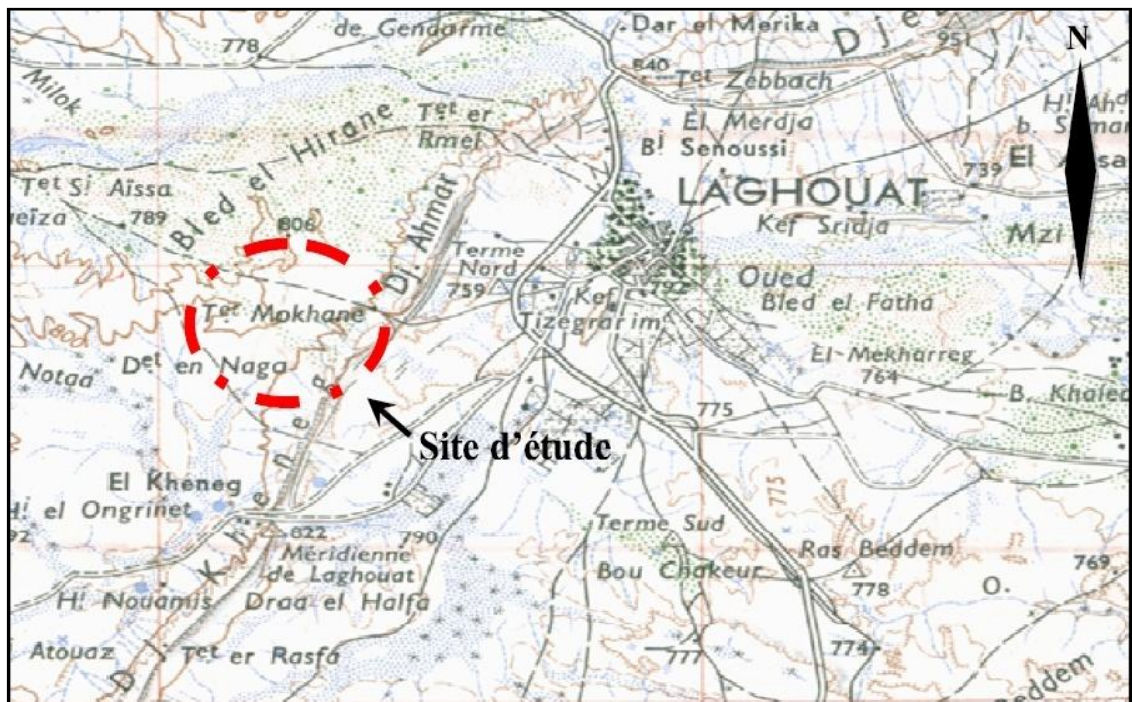
---

# **MATERIELS ET METHODES**

## CHAPITRE I : PRESENTATION DU SITE D'ETUDE ET ÉCHANTILLONNAGE.

### I.1. présentation du site d'étude

Le site expérimental est situé à environ 4 Km à l'ouest de la ville (N 33° 48' -E 2° 48'), dans un périmètre agricole nommé Mokrane (voir figure 8). Ce périmètre est localisé sur une formation sableuse, peu végétalisée, appelée « Bled el Hirane ». Celle-ci est délimitée au Nord par l'Oued M'zi, au sud par le Bled el Anngad, à l'Ouest par le Djebel Deloua et à l'Est par Djebel Lahmar.



Source : carte topographique de Laghouat 1956, E :1/200.000.

Figure 8. Localisation géographique du site d'étude.

Le périmètre de Mokrane se trouve dans une zone à niveau moins élevé que les montagnes qui l'entourent, cette zone est nommée 'Theniète Er'ml' c'est-à-dire la zone du passage et d'accumulation du sable (Houasnia, 2008).

### I.2. Échantillonnage et prélèvement du sol

Au niveau de chaque groupement végétal distinct nous avons suivi le même protocole de prélèvement, 32 prélèvements aléatoires du sol à l'aide d'une tarière à une profondeur de 20 à 30 cm afin d'atteindre la zone racinaire, il fallait obtenir 0.5 à 1 Kg de chaque échantillon

(l'opération à été répété 8 fois pour chaque échantillon du sol), c'est une méthode appliquée lorsque la surface est homogène (Duclos, 1981).

L'échantillonnage aléatoire simple consiste à sélectionner aléatoirement l'emplacement des points de prélèvement sur la zone d'étude, Cette méthode n'introduit pas de biais de sélection dans le choix des échantillons puisque chaque point à la même probabilité d'être tiré au sort (Pascal et *al.*, 2008).

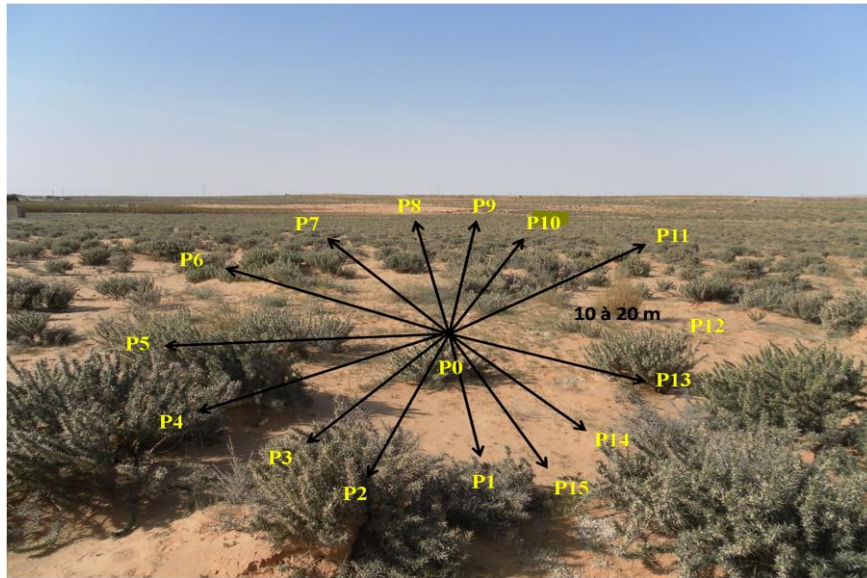


Figure 9. Dispositif de prélèvement par échantillonnage aléatoire simple de sol.

A la fin ; nous obtiendrons 32 échantillons (8 répétitions pour chaque groupements et 8 répétitions pour le sol nu) décrits de la façon suivante :

- SN : Sol nu (sans aucune végétation)
- AS : Sol de groupement d'*Astragalus armatus*.
- AR : Sol de groupement d'*Aristida pungens*.
- R : Sol de groupement de *Retama raetam*.

Nous avons fais les prélèvements sur une superficie approximative de 01 hectare, le choix des groupements à été selon les résultats de Dâamache et Taleb(2012) qui ont pu démontrer la dominance des trois espèces.

## CHAPITRE II : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

Les échantillons sont préparés en vue des analyses par séchage à l'air (5 jours), le séchage lent seul peut conserver au sol ses propriétés.

### II.1. Détermination de l'humidité de sol

L'humidité est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité de la terre sèche, et exprimée en % (gramme H<sub>2</sub>O/100g de terre).

La teneur en eau dans le sol est déterminé par le séchage de 10g de l'échantillon dans l'étuve à 105C° pendant 48 h ; refroidir dans un dessiccateur et peser puis remettre 1h à l'étuve et procéder à une nouvelle pesé et continuer l'opération jusqu'à ce que le poids soit constant (Soltner, 1982).

L'humidité est donnée par la relation suivante :

$$H\% = (\text{poid de terre humide} / \text{poid de terre sec}) \times 100$$

### II.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique (est symbolisée par CE) d'un échantillon de sol remanié et homogénéisé dépend de la quantité des sels en solution, mais aussi de la température et de la teneur en eau, la conductivité doit être mesurée dans des conditions standard et à humidité constante (Legros, 2007).

La mesure de la conductivité électrique s'effectue sur une suspension de terre fine, le rapport poids / liquide (sol /eau distillée) doit être constant 1/5(10g/50ml), en agitant 30 minutes, après un repos de 30 minutes on utilise un papier filtre pour obtenir à la fin une solution et faire la mesure à l'aide d'un conductimètre.

La conductivité est calculée par la formule suivante (Dugain, 1961) :

$$CE(\text{milliMhos/cm}) = \frac{\text{Valeur lue}}{K} \times \alpha f(t^\circ)$$

**K** : Constante d'étalonnage de l'appareil.

**$\alpha f(t^\circ)$**  : Facteur correctif de la température au moment du calcul, pour la convertir à 25 C°.

### II.3. Mesure de pH

Le pH montre l'état d'acidité ou d'alcalinité du sol, donc c'est un facteur qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs, Mettre 10g de sol dans 25 ml d'eau distillée (le rapport est 1/2.5), en agitant une demi heure à l'aide d'un agitateur magnétique, puis laisser la solution en repos pendant 30 minutes, après nous agitions quelques secondes et nous mesurons la solution par pH mètre.

### II.4. Détermination de la matière minérale et organique de sol

La teneur en matière minérale (MM) est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique (incinération) (Amrani, 2006).

Nous avons porté au four à moufle l'échantillon, chauffer progressivement, afin d'obtenir une carbonisation sans inflammation de la masse (four à moufle), pendant 5 heures à 550 °C. L'incinération doit être poursuivie s'il y a lieu jusqu'à combustion complète du charbon formé à l'obtention d'un résidu blanc ou gris clair, refroidir le résidu de l'incinération puis peser. La teneur en matière minérale est donnée par la relation suivante :

$$MM\% = A \times 100 / B$$

*A* : poids des cendres

*B* : poids de l'échantillon

*MM* : Matière minérale

Les substances qui sont brûlées, retournant à l'atmosphère sous forme de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), de vapeur d'eau et de gaz azotés et soufrés sont les matières organiques (Soltner, 1982).

$$MO\% = 100 - MM\%$$

### II.5. Le dosage du carbone organique

Selon Petard(1993), le taux du carbone(CO) est obtenu par la formule suivante :

$$CO\% = MO\% / 1.72$$

*MO%*: Matière organique, *CO%*: Carbone organique.

## II.6. Dosage des éléments NPK

Les éléments fertilisants du sol, ont été quantifiés à partir des sédiments éoliens collectés la deuxième période. L'analyse a concerné les éléments (Azote, Phosphore et Potassium).

### II.6.1. Détermination de la matière azotée

L'azote total a été déterminé par la méthode de Kjeldhal ; d'après Aubert (1978), le mode opératoire est le suivant :

- L'azote des composés organiques est transformé en azote ammoniacal sous l'action de l'acide sulfurique concentré qui porté à l'ébullition, se comporte comme un oxydant.
- La décomposition des substances organiques donne de l'eau, l'azote est transformé en azote ammoniacal qui sera fixé immédiatement par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium.
- L'ajout du sulfate de cuivre et de sulfate de potassium qui jouent le rôle de catalyseurs.
- Lorsque le mélange prend une teinte légèrement verdâtre, il est récupéré puis on procède à la distillation, suivie par un dosage ammoniacal par l'acide chlorhydrique (HCl).

Le dosage s'effectue par les étapes suivantes :

- **Minéralisation**

Ajouter dans le matras de digestion pour chaque échantillon (5g de sol) :

- **7g** de sulfate de potassium anhydre ( $K_2SO_4$ )
- **5mg** de l'eau oxygéné
- **7 ml** d'acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ )
- **5ml** de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) à 35% (130vol)

Digestion

Chauffer pendant 60 minutes à  $300^\circ C$  sous hôte, puis, refroidir et diluer avec de l'eau distillée par 50 ml dans chaque matras.

- **Distillation**

La distillation se fait par le déplacement par la soude à 35%, de l'azote minérale en ammoniacal, entraînant ce dernier par de la vapeur d'eau dans l'acide borique à 4% avec 25 ml jusqu'à une collecte de 100 ml de distillation (Distillateur Kjeldhal).

Doser l'acide Borique en ajoutant 5 gouttes d'un indicateur coloré (rouge de méthylène) par l'acide chlorhydrique Hcl de 0,2 N.

En fin le calcul de l'azote total est donné par les relations suivantes :

1ml de Hcl 0,2 N -----> 2,803 mg de  $N_2H_4$ .

### **II.6.2. Dosage du Phosphore et du Potassium**

La détermination du phosphore et du potassium se fait par spectrophotométrie.

Une solution du sol (sol/eau) est préparée dans le rapport « 1/5 » à partir du protocole suivant :

- Peser 10g de sol, dans 50 ml d'eau distillé ;
- Agitation de 30 minutes ;
- Repos de 30 minutes ;
- Filtration.

Le potassium est mesuré par un spectrophotomètre à flamme.

Le phosphore est mesuré par un spectrophotomètre à absorption atomique, après réaction au sulfate de molybdène.

### **II.7. Dosage du Sodium ( $Na^+$ )**

Concernant l'analyse de cet élément ( $Na^+$ ), on l'a déterminé par un spectrophotomètre à flamme à partir d'une solution du sol préparé au rapport 1/5.

### **II.8. Analyse de la microbienne**

La technique des suspensions-dilutions de sol a été utilisée pour l'estimation globale de la concentration des micro-organismes du sol, 1g de chaque échantillon de sol ont été homogénéisés avec 9 ml de l'eau distillée stérile d'où la suspension mère.

Selon Hatimi et Tahrouch (2007), la flore bactérienne sont mises en évidence par étalement de 0,1ml de la suspension de sol à la surface d'un milieu de culture solide (LPGA) (Voire Annexe II) couler dans des boites de pétri. La flore fongique est mise en évidence par incorporation de 0.1 ml de la suspension de sol dans un milieu nutritif solide (PDA). L'estimation de la densité de la flore du sol se fait par dénombrement des colonies se développant à la surface du milieu de culture après 2 jours d'incubation à 27°C pour champignons et 30°C pour bactéries.

Le dénombrement des bactéries est effectuée pour 5 dilutions pour ( $10^{-1}$  à  $10^{-5}$ ) ne retenir que la dilution qui donne un nombre de colonies compris entre 30 et 300 par boite de Pétri (Hatimi et Tahrouch, 2007)

$$N = \text{nbr colonies} \times 10 \times 10^n \text{ UFC}$$

n : la puissance de dilution

N: Nombre d'UFC (nombre d'Unités Formant Colonies de bactéries) par gramme du sol.

La détermination de la charge fongique est faite par comptage des colonies et les résultats sont exprimés en UFC (nombre d'Unités Formant Colonies) / g du sol selon la formule mathématique ci-dessous. Seules les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies au niveau de deux dilutions successives sont retenues pour le dénombrement (Dutruc-Rosset G., 2003).

$$N = \frac{\Sigma \text{ colonies}}{V(n_1 + 0.1n_2) * d_1}$$

Où : N: Nombre d'UFC par gramme du sol ;  $\Sigma$  colonies: Somme des colonies des boîtes interprétables; V: Volume de solution déposée (0.1 ml); n1 : Nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue; n2: Nombre de boîtes considéré à la seconde dilution retenue; d1 : Facteur de la première dilution retenue.

Pour l'ensemble de ces analyses, et afin d'estimer statistiquement la validité du résultat, nous avons utilisé à chaque fois, 3 répétitions de chaque échantillon et 3 répétitions de chaque dilution.

**II.9. Analyses statistiques**

Les résultats des différentes analyses ont été traités par le logiciel Minitab 17 pour les calculs des statistiques descriptifs, avec le test ANOVA à seul facteur au seuil de 5%.

Les résultats de corrélation entre le nombre des bactéries et champignons ont été traités par l'Excel.

## **PARTIE III**

---

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

## CHAPITRE I : RESULTATS

### I.1. Les caractères physico-chimiques du sol

#### I.1.1. L'humidité du sol

Nous remarquons le taux d'humidité du sol varie entre les différents échantillons, l'analyse de la variance ( $p=0.001$ ) (Annexe I) montre qu'il y a une différence significative. Chez le sol de groupement *Retama raetam* nous avons observé la valeur la plus élevée (2.39 %), le taux d'humidité est de 2.24%, 1.89%, 1.01% respectivement chez les sols des groupements d'*Aristida pungens*, *Astragalus armatus* et le sol nu (voir figure10).

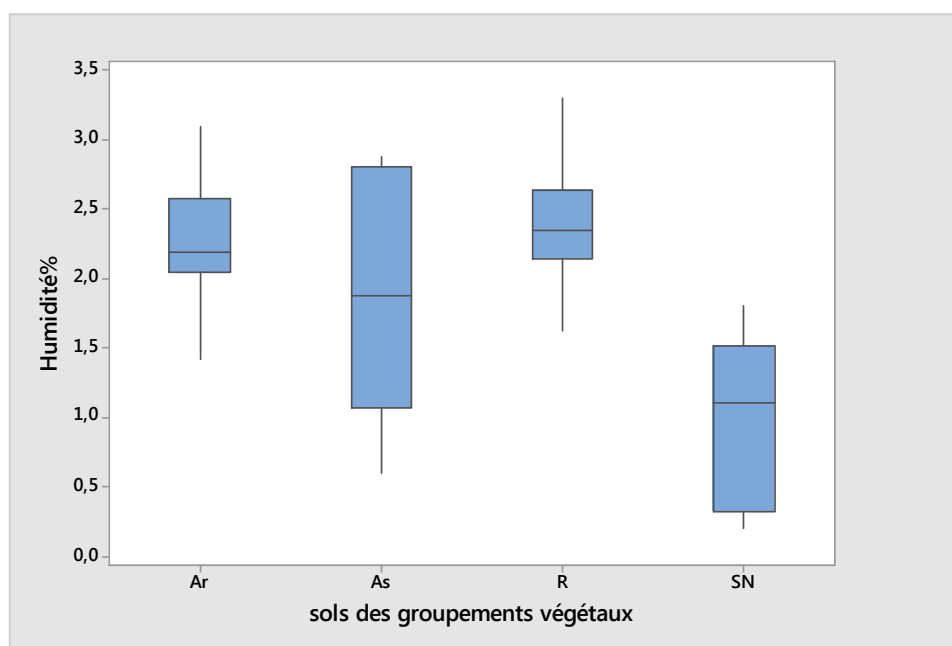


Figure 10. Humidité du sol des groupements végétaux.

#### I.1.2. Le pH du sol

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative ( $p=0.004$ ) (Annexe I) ; le pH des sols étudiés varie de 8.3 à 8.87 ou la valeur minimale est enregistrée pour le sol de groupements de *Retama reatam* et la valeur maximale pour le sol de groupement d'*Astragalus armatus* (voir figure 11).

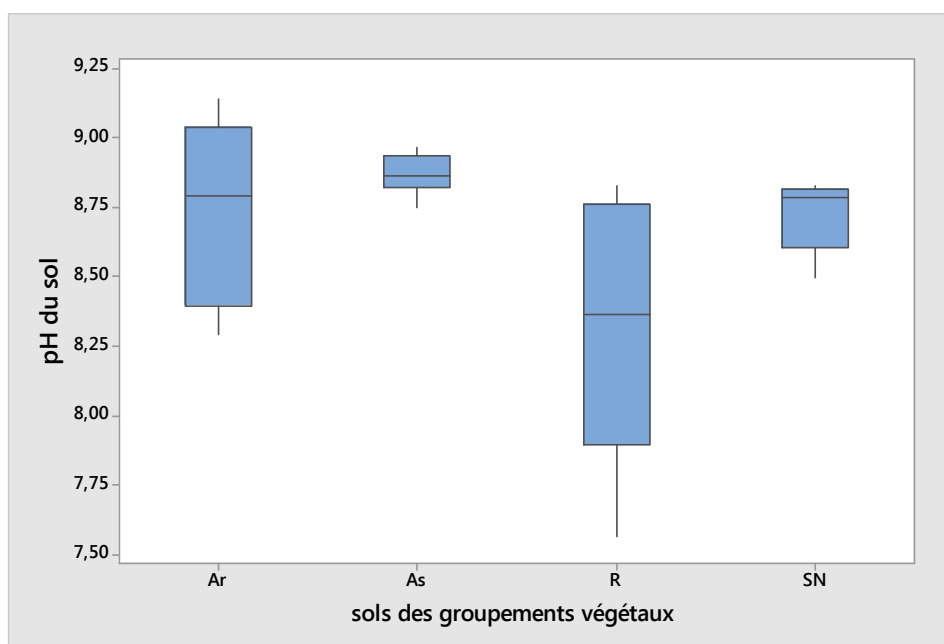


Figure 11. pH du sol des groupements végétaux.

### I.1.3. Conductivité électrique

Les résultats de la CE du sol sont enregistrés dans la figure 12, nous avons constaté qu'ils sont différents selon l'espèce végétale, mais l'analyse statistique révèle une différence non significative ( $p = 0.4$ ) (Annexe I).

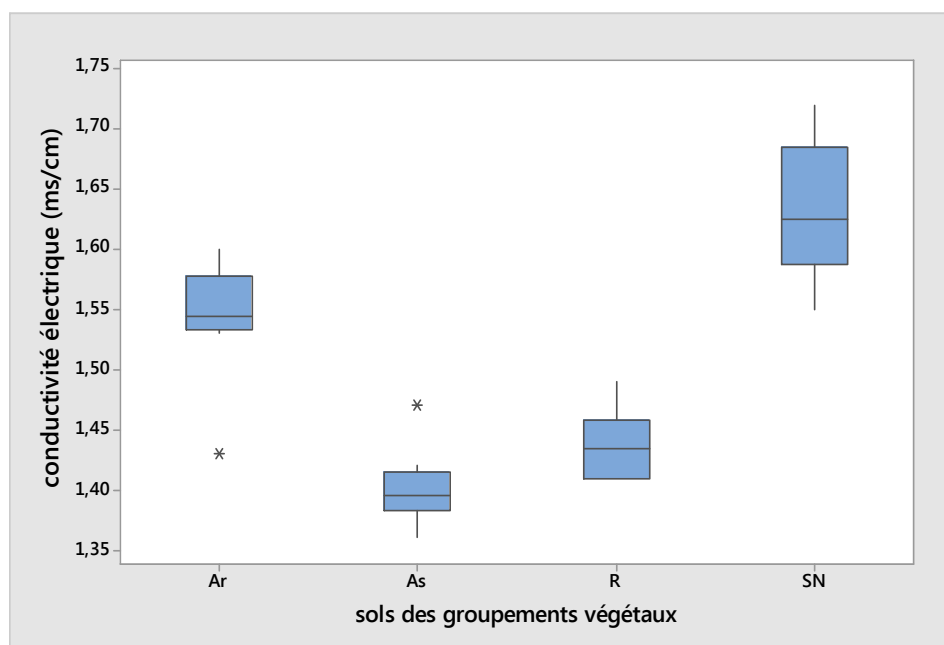


Figure 12. Conductivité électrique du sol des groupements végétaux.

#### I.1.4. Matière organique et le carbone total

Les sols étudiés ont des teneurs variables en matière organique et nous avons une différence significative ( $p=0.01$ ) (Annexe I) ; la teneur la plus élevée a été observée chez le sol de groupement *Retama raetam* (1,285%), et la teneur de la matière organique est 1.105%, 1.101% , 0.556% successivement pour les sols des groupements d'*Astragalus armatus*, *Aristida pungens* et le sol nu (voir figure 13).

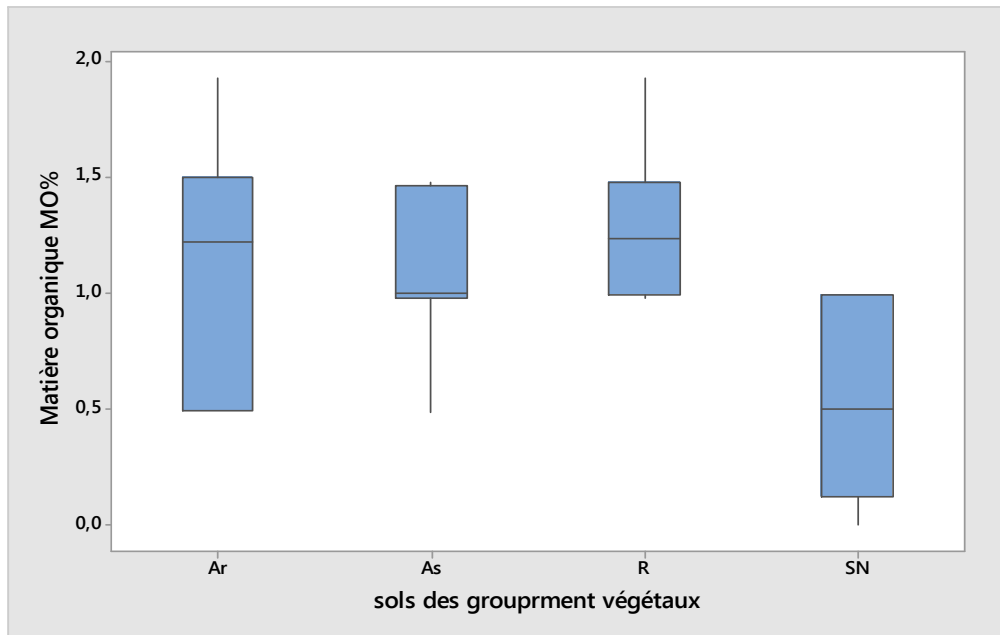


Figure 13. Matière organique du sol des groupements végétaux.

La figure ci-dessous représente les résultats des taux de carbone total, nous pouvons remarquer une différence significative ( $p=0,01$ ) (Annexe I) entre les sols étudiés dont la teneur maximale à été enregistrée chez le sol de groupement *Retama raetam* (0.74%) et la teneur minimale à été enregistrée chez le sol nu (0.32%).

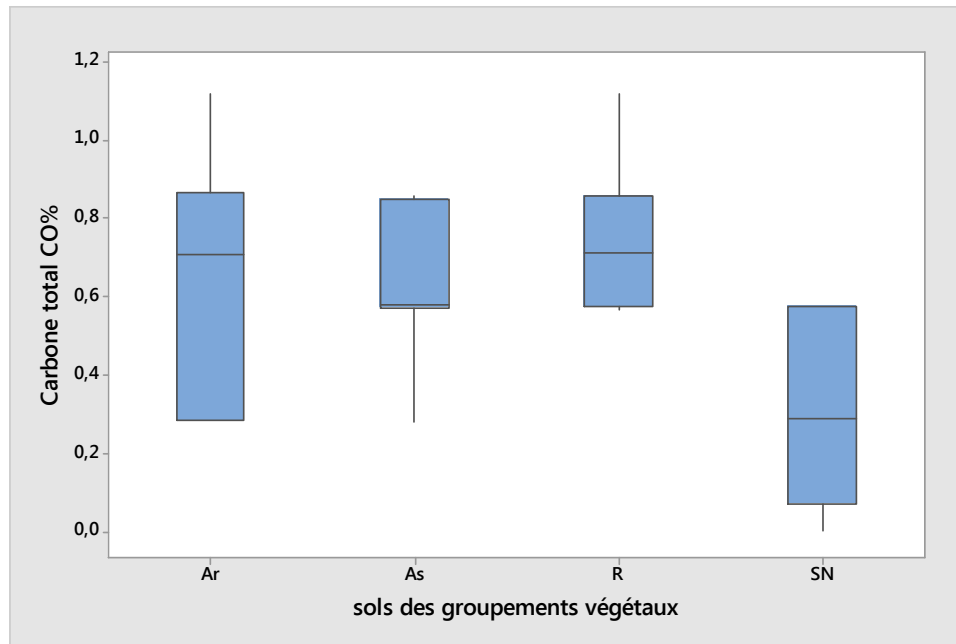


Figure 14. Carbone total du sol des groupements végétaux.

### I.1.5. Teneur en azote du sol

L'analyse de la variance des résultats révèle une différence significative ( $p=0.005$ ) (Annexe I), les teneurs en azote du sol varie entre 0.024% pour le sol de groupement *Retama raetam*, 0.019% pour le sol de groupement *Astragalus armatus*, 0.013% pour le sol de groupement *Aristida pungens* et 0.008% pour le sol nu.

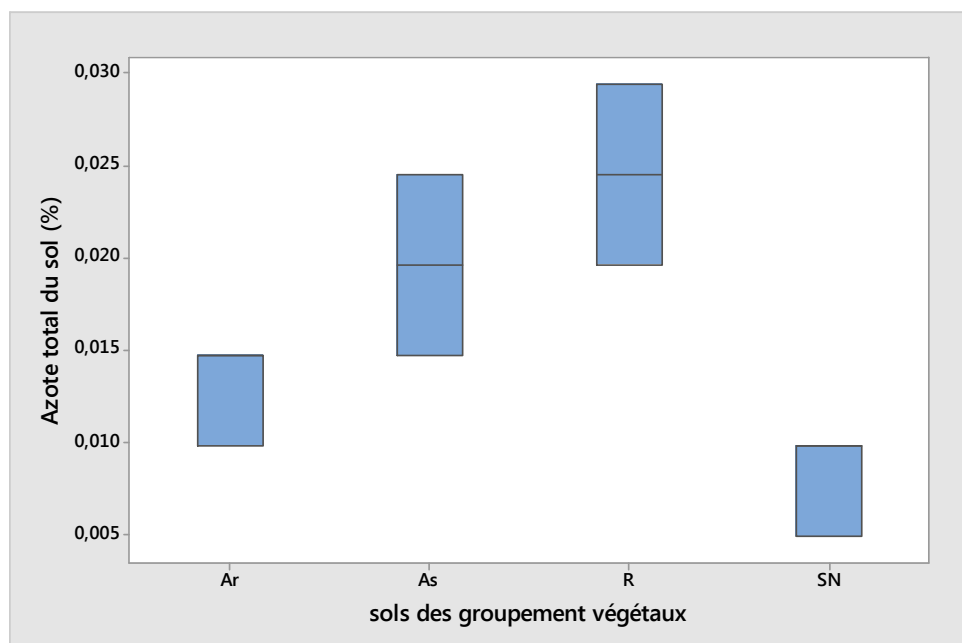


Figure 15. Teneur d'azote total du sol des groupements végétaux.

### I.1.6. Le rapport C/N

Le rapport C/N est un indicateur de l'activité biologique des sols (Annexe II). Il renseigne sur :

- le degré d'évolution de la matière organique.
- l'activité biologique.
- le potentiel de fourniture d'azote par le sol (minéralisation).

Le rapport C/N se situe entre 24.22 et 53.77. On enregistre C /N le plus élevé 53.77 chez le sol du groupement *Aristida pungens*, tandis que le rapport le plus bas est constaté au niveau de sol de groupement *Retama reatam*. Le tableau suivant présente les valeurs du rapport C/N :

Tableau 1: Rapport C/N.

	R	Ar	As	SN
Echantillon	sol de groupement <i>Retama reatam</i>	sol de groupement <i>Aristida pungens</i>	sol de groupement <i>Astragalus armatus</i>	sol nu
C/N	24.22 ± 7.54	53.77 ± 25.51	47,59 ± 40.20	43.98 ± 36.68

### I.1.7.Eléments chimiques du sol (Na, K, P)

Nous avons constaté que les sols étudiés, contiennent des traces de Na (sodium) et de P (phosphore) par contre, nous avons enregistré 0.01% de K (potassium) pour tous les sols étudiés.

## I.2. Les caractéristiques microbiologiques du sol

### I.2.1.Résultats du dénombrement des bactéries

D'après l'histogramme ci-dessous nous remarquons que le nombre le plus élevé de bactéries à été enregistré chez le sol de groupement *Retama raetam* ( $1,15 \cdot 10^5$  UFC/g) suivi du sol de groupement *Astragalus armatus* ( $1,13 \cdot 10^5$  UFC/g) puis le sol de groupement *Aristida pungens* ( $0,33 \cdot 10^5$  UFC/g) et le sol nu ( $0,092 \cdot 10^5$  UFC/g).

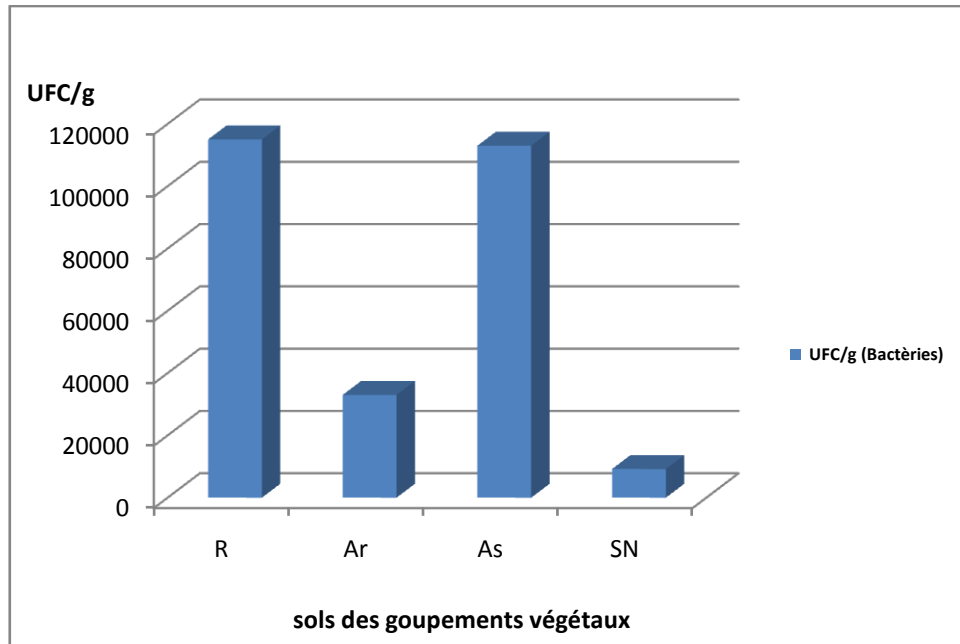


Figure 16. Dénombrement des bactéries dans les sols de groupement végétal.

### I.2.2. Résultats du dénombrement des champignons

D'après l'histogramme ci-dessous nous remarquons que le nombre des champignons enregistré chez les sols des groupements végétaux varie de  $0,26 \cdot 10^5$  UFC/g à  $0,63 \cdot 10^5$  UFC/g où nous remarquons la valeur la plus élevée chez le sol de groupement *Aristida pungens* et la plus faible chez le sol nu.

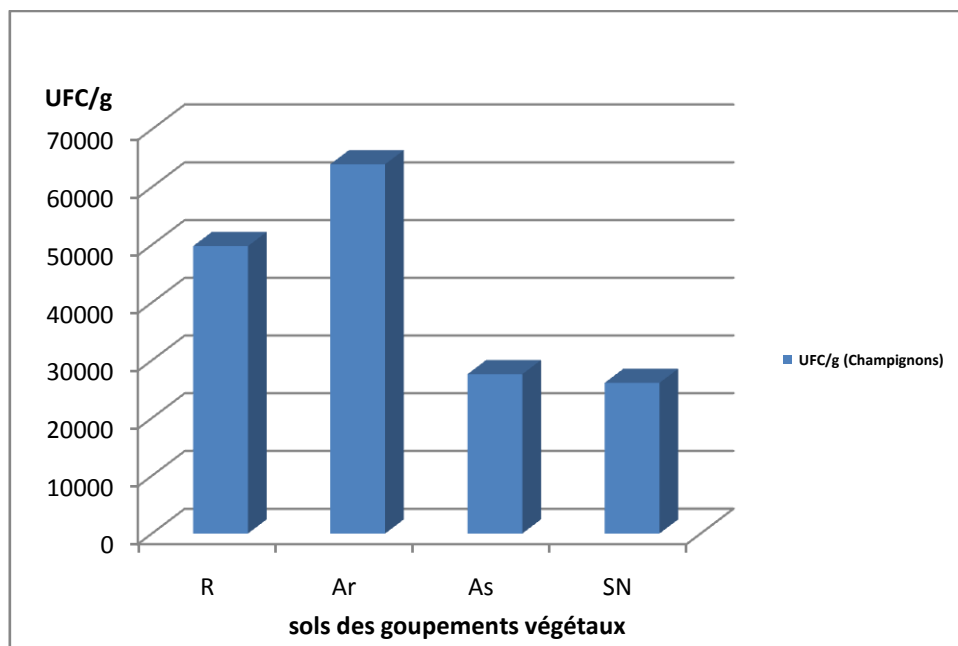


Figure 17. Dénombrement des champignons dans les sols de groupement végétal.

## CHAPITRE II : DISCUSSION

Notre étude vise l'effet de la végétation steppique sur les caractéristiques du sol dans les zones ensablées de la région de Laghouat à savoir, les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du sol.

D'après l'étude de Chorana (2012) faite dans le même site ; la granulométrie des sols représente la dominance de sable (plus de 95%) pour les sols des groupements végétaux d'*Aristida pungens*, *Retama raetam* et le sol nu, plus de 80 % pour le sol du groupement d'*Astragalus armatus* avec une proportion de limons et d'argile.

L'étude de l'effet de la végétation steppique sur les caractéristiques du sol donne des valeurs qui reflètent les conditions de l'environnement steppique, l'analyse de la variance montre que les résultats d'humidité relèvent une différence significatives entre les échantillons, l'humidité varie entre (2.39 % et 1.01%), nos résultats confirmé par (Adamou et al.2012 ; Chahma, 2005) ont montré que le taux d'humidité est faible. Aussi nous avons enregistré que les sols des groupements végétaux augmentent l'humidité de sol mais cette augmentations est variable d'une espèce à une autre où nous avons constaté le taux le plus élevé chez le sol de groupement *Retama raetam*.

Nous avons enregistré une différence significatives de pH entre les sols des groupements végétaux, il varie de 8.3 à 8.87 où nous avons constaté tout les sols étudiés sont des sols alcalins(Annexe II) dont la valeur minimal a été observé chez le sol de groupement *Retama raetam* ce résultat montre que, le Rétame abaisse légèrement le pH, les travaux de Hanifi (1994), Chorana (2012), Khelifi (2013) confirment nos résultats.

La conductivité électrique CE, nous donne une idée sur la concentration des électrolytes dans la solution du sol d'une part et du degré de salinisation d'autre part, La conductivité électrique dépend de la teneur en électrolytes ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{CO}_2^{-3}$ ,  $\text{HCO}^{-3}$ ), qui exprime la concentration en sels. L'analyse montre que la différence significative est non entre les sols étudiés, la valeur de CE obtenu égale à 1.4 ms/cm qui classe les échantillons à la classe sol peu salé (Annexe II), Certain auteurs ont montré qu'à très faible concentration, certains sels présent à l'état naturel dans le sol sont absorbés comme élément nutritifs par les végétaux (Wiebe *et al.*, 2001).

En effet, Le taux de la matière organique varie entre 0.56% à 1.28% qui permet de classer les sols des groupements végétaux à la classe pauvre en matière organique par contre le sol nu est classé à la classe très pauvre en MO (Annexe II) , nos résultats sont confirmés par Pouget (1977), Hatimi et Tahrouch (2007), Goufin (2009), Chorana (2012) et Khelifi (2013), indiquant le faible pourcentage en MO des sols sableux, ces échantillons constituent une zone ensablée, dépourvue en matière organique, nos valeurs sont aussi similaires à celles de Madani (2008), la plus forte valeur de la matière organique est enregistrée chez le sol du groupement de *Retama raetam* (1.28%), nous pouvons remarquer d'après ces résultats il y a une augmentation en MO chez les sols des groupements végétaux par rapport au sol nu et cette augmentation varie d'une espèce à une autre donc le *Retama raetam* donne le taux le plus élevé.

D'après les résultats obtenus, nous avons enregistré un taux faible de carbone total varie entre 0.32% et 0.74% mais aussi nous avons observé une augmentation de taux de CO dans les sols des groupements végétaux par rapport au sol nu et cette augmentation se diffère à une espèce à d'autre. Le carbone est rejeté dans les sols principalement sous forme de composés organiques: par les racines des plantes ou par la décomposition des matières végétales ou des organismes du sol quand ils meurent (U.E, 2011).

Les sols susceptibles d'émettre le plus de carbone sont ceux qui contiennent le plus de matière organique (U.E, 2011).

Outre cette perte de végétation, la désertification et la déforestation au niveau mondial sont des facteurs qui contribuent aussi à la libération du carbone présent dans les sols (U.E, 2011).

Une hausse des températures entraînerait une augmentation de l'activité biologique, et donc de la minéralisation de la matière organique présente dans le sol, conduisant à une perte de carbone plus importante (U.E, 2011).

Le dosage d'azote total montre que le taux varie de 0.008% à 0.024% .Ces taux permettent de classer les sols étudiés au sol pauvre (Annexe II), nos résultats sont confirmés par Hanifi (1994) et Goffin (2009). Nous enregistrons une forte valeur en azote au niveau du sol du groupement *Retama raetam* (0.024%) suivi par le sol de groupement *Astragalus armatus* (0.019%) (Famille des légumineuses) par rapport aux autres échantillons; sol de groupement *Aristida pungens* (0.013%) (Poacées), sol nu 0.008% ; Cette augmentation peut être due à une fixation symbiotique car les plantes de la famille des légumineuses installent des symbioses fixatrices d'azote atmosphérique avec des bactéries du sol souvent appelées rhizobium

(Pouget, 1980 ; Djigal, 2003), Les sols sableux sont généralement avec un état de flore pauvre donc sont pauvre en éléments nutritifs (Pouget, 1977 ; Chahma, 2004 ; Hatimi et Tahrouch, 2007).

Le rapport C/N se situe entre 24.22 et 53.77. Nous remarquons que dans tous les sols étudiés une décomposition lente de la matière organique (Annexe II). Mais dans les sols des groupements végétaux *Retama raetam* nous avons enregistré le rapport le plus bas qui se traduit par la particularité de la famille légumineuse qui se caractérise par la présence de *Rhizobiums* qui peut se fixer l'azote atmosphérique. Ce rapport est largement utilisé pour classer les types de matières organiques dans un sol. Il représente un indicateur de dégradation des résidus dans un sol. Borsali, (2013) a montré que l'augmentation concomitante des teneurs en azote total aux teneurs en carbone organique, avec comme conséquence une diminution du rapport C/N, suggère également des apports de matières organiques fraîches riches en azote. Notant une variation pour les valeurs de la matière organique et le rapport C/N, cette évolution confirme la possibilité de reprise de l'activité biologique de cet écosystème et favoriserait l'installation d'une végétation nouvelle renforçant la stabilité dunaire. Le rapport C/N indique l'évolution de la matière organique, il intervient dans la mesure où il oriente la décomposition de la matière organique, soit vers la minéralisation (C/N) bas, soit vers l'humification (C/N) élevé (Pouget, 1992).

Les résultats de Na, K et P montrent que le sodium et le phosphore se trouvent aux niveaux des différents sols étudiés sous forme de traces et le potassium 0.001%. Cette faible concentration en ces éléments chimiques est confirmée par (Sterk et al., 1996 et de Biielders et al., 2002) qui ont montré qu'il existe des pertes des éléments nutritifs N, P, K et le carbone organique.

Les densités enregistrées pour la microflore totale, nous montrons que le sol du groupement de *Retama raetam* contient un nombre très important de bactéries ( $1,15 \cdot 10^5$  UFC/g) suivi par le sol du groupement d' *Astragalus armatus* ( $1,13 \cdot 10^5$  UFC/g) par rapport aux autres échantillons du sol, l'espèce *Retama raetam* et *Astragalus armatus* parmi les plantes de la famille des légumineuses établissent des symbioses fixatrices d'azote atmosphérique avec des bactéries du sol communément appelées *Rhizobiums*. Concernant les champignons nous avons enregistré un nombre variable de 0.26 UFC/g à 0.63 UFC/g donc les sols de groupements végétaux nous remarquons une légère augmentation par rapport au sol nu. Nos résultats sont confirmés par Hatimi et Tahrouch (2007), indiquent malgré la pauvreté des sols dunaires en éléments nutritifs, la population microbienne s'adapte bien à ces conditions défavorables.

L'analyse physico-chimique des sols de sites dunaires de la région Kaf MOKram (Laghout) montré qu'ils sont de structure sablonneuse, qu'ils ont un pH alcalin, peu de salinité et une teneur faible en teneur en matière organique, en carbone total et azote total. Ce dernier critère est commun aux sols des zones arides et semi-arides (Hatimi, 1995). La population végétale des dunes de la région étudiés deux Légumineuses (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) et une Graminée (*Aristida pungens*) (Aouifat et Othmane, 2012).

La microflore totale dans les sols que nous avons étudiés est composée de bactéries, champignons et actinomycètes avec des valeurs élevées et proche de résultats obtenu par Halimi et Tarbouch (2007), Les analyses microbiologiques des sols ont décelé une différence entre les sols des groupements végétaux et sol nu et entre les légumineuses (*Rétama raetam* et *Astragalus armatus*) et la Graminée (*Aristida pungens*) qui sont plus riche en microorganismes ces résultats justifient l'augmentation de matière organique et l'azote et le pH plus bas que le sol nu, Les plantes de la famille des légumineuses établissent des symbioses fixatrices d'azote atmosphérique avec des bactéries du sol communément appelées rhizobiums et aussi favorise la décomposition de la matière organique. Les travaux de Hatimi et Tahrouch (2007) montre les mêmes résultats.

Plusieurs auteurs ont pu démontrer le rôle des micro-organismes dans la stabilité des dunes de sable à savoir le rôle de la croûte microbienne. La croûte microbienne affecte le régime des eaux en modifiant le ruissellement de l'eau et la diminution de l'évaporation (Yair, 1990; Yair et al., 1997; Kidron, 1999) et Yair et al.1997 observe que la végétation contribue également à une réduction de l'écoulement de l'eau souterraine, et l'augmentation des éléments nutritifs, en accumulant des nutriments sous le couvert végétal (Danin, 1991; Alpert et Mooney, 1996).

Selon Kidron, (2001), la croûte supérieure est riche en matière organique quatre fois que le sable en dessous, d'autres études ont observé des effets positifs de la végétation sur la croûte microbiologique, puisque les plantes servent de pièges à vent en résultant une accumulation d'éléments microbiens de l'air (Karnieli et Tsoar, 1995).

En outre, la création de ruissellement en croûte existante redistribue l'eau le long de la dune, affectant la capacité des différents types de plantes à coloniser et à survivre dans l'habitat (Kidron, 1999).

---

# CONCLUSION

## CONCLUSION

L'étude faite dans le site de KAF MOKRANE, l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biologique du sol de trois plantes fixatrices des dunes; deux légumineuses (*Astragalus armatus*, *Retama raetam*) et une graminée (*Aristida pungens*) du sol nu nous a démontré que :

L'humidité des sols des groupement végétaux, présente une augmentation de taux d'humidité avec une moyenne maximale 2,24%, qui est enregistrée chez le sol de groupement *Retama raetam*, par contre le taux d'humidité de sol nu est faible 1,01%, par la présence des plantes spontanées (*Astragalus armatus*, *Retama raetam*, *Aristida pungens*) favorise une certaines humidité.

Pour le pH du sol, nos résultats montrent que notre sol est alcalin, du point de vue biochimique, les sols étudiés sont pauvres en matière organique avec un taux faible, le taux de carbone organique (0,32% à 0,74%), le teneur en Azote très faible (0,008% à 0,024%) et le (C/N) est en général supérieur à 25, cette valeur traduit par une minéralisation lente de la matière organique, mais toujours nous remarquons que il y'a une augmentation chez les sols des groupements végétaux, surtout les Légumineuses et particulièrement *Retama raetam* par rapport au sol nu, la salinité est faible dans tous les sols étudiés qui permet de les classer à la classe de sol peu salé.

Les analyses microbiologiques des sols ont décelé une différence entre les sols des groupements végétaux, où le sol du groupement *Retama raetam* et *Astragalus armatus* sont les plus riches en bactériés, soit respectivement ( $1,15 \cdot 10^5$  UFC/g et  $1,13 \cdot 10^5$  UFC/g) (relation symbiotique racines/bactériés) et le sol de groupement *Aristida pungens* est la plus riche en champignons  $0,63 \cdot 10^5$  UFC/g.

Cette étude sur la rhizosphère des plantes fixatrices des dunes dans un sol ensablé de Mokrane a montré, la relation sol-végétation, et avait pour but d'apporter une réponse à deux questions précises :

- Quelles sont les caractéristiques du sol ?
- Quelle est l'influence exercée par la végétation sur le sol ?

Nos résultats montrent que notre sol est de structure sablonneuse, qu'ils ont un pH alcalin, moins humide, peu salé, et une teneur faible en matière organique et en azote, et malgré leur pauvreté en éléments nutritifs, contient un nombre très important des micro-organismes, ceci montre que la végétation influence les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du sol.

A travers de notre étude nous pouvons dire qu'il existe une relation entre la végétation et le sol, ces informations permettraient de définir et d'élaborer une stratégie d'exploitation et de gestion pour une meilleure utilisation des ressources afin de préserver ce milieu aride particulier, fragile.

Afin de lutter contre la dégradation de cet écosystème fragile il est important de choisir les espèces adéquates car son fonctionnement écologique dépend fortement sur de meilleures interactions entre la végétation et le sol.

---

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

- Adamou, A. Kherraze, M.E. et Benazzouz, M.T. 2012.** Phytoécologie dunaire de la vallée de l'oued Righ. Laghouat : CREL 12.p45.
- Aidoud, A. et Slimani, H. 2004.** Désertification in the Maghreb : A case study of an Algérien Hiegh-Plain steppe. Kluwer academic publishers.pp : 93-108.
- Allal-benfakih, L. 2006.** Recherche quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth.Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganisme pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de doctorat N° 17-2006. UNIV de limoge. Laboratoire UMR INRA 1061.p 27.
- Alpert, P. et Mooney H.A. 1996.**Resource heterogeneity generated by shrubs and topography on coastal sand dunes.Vegetatio. 122p.
- Amrani, O. 2006.** Valeur nutritive de Chardon marie *Sylibum marianum* (L). Gaerthn.Thèse de Magister. Université El Hadj Lakhdar, Batna.95p.
- Aouifat, R. Othmane, S. 2012.** Etude de la capacité de propagation et germination des graines de *Astragalus armatus*(Willd) Batt. Mémoire Master Bio.: Université Amar Téliidji de Laghouat.58 p.
- Aubert, G. 1978.** *Methodes d'analyses des sols*. Marseille :C.H.A.D.R. 188p.
- Bencherif, S. 2011.** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne : Évolution et possibilités de développement. Thèse de Doctorat : L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech). France.270 p.
- Bert, C.J. 2010.** Lutte contre l'ensablement l'exemple de la Mauritanie.FAO.Rome.59 p.  
Biologiques Terrestres U.R.B.T BP 295 ALGER - GARE ALGERIE.15 p.
- Bouhadjera, K. 2005.** Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana* r.br. et *Aristida pungens* L. Thèse de Doctorat : Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen.145 p.
- Bouzenoune, A. 2013.** Les écosystèmes steppiques et sahariens. Laboratoire Ecologie et Environnement. Université de la création de l'université des sciences de la Technologie Houari Boumedienne. pp : 32-40.

- Brsali, A.H. 2013.** Contribution à l'évaluation de l'impact des incendies sur les écosystèmes forestiers : cas de la forêt Férouane, commune d'Ain El Hdjar, Wilaya de Saida (Algérie). Thèse de Doctorat en Géosciences de l'environnement. 299 p.
- CDF. 2011.** Biographie de la région de Laghouat. Rapport de Conservation de la forêt. 28 p.
- Chaieb, M. 1997.** Comportement biologique comparé d'*Astragalus armatus* Willd. Subsp. *Tragacanthoides* (Desf) M et *Rhanterium suaveolens* Desf sur la steppe sableuse dégradée de la zone aride tunisienne, Revue : *Ecologia mediterranea*. p 23-45.
- Chantigny, M. et Anger, D. 2005.** Activité microbiologique et qualité des sols : à quoi de neuf sous nos pieds. Colloque en Agro-environnement. Drummondville. 10 p.
- Chebbi, H., Pascual, M-J. et Correal, E. 1995.** Les espèces ligneuses du genre *Medicago* : variabilité et perspectives d'amélioration. Systèmes sylvopastoraux. Pour un environnement, une agriculture et une économie durable. Zaragoza : CIHEAM, 1995. pp : 121-124.
- Chehma, M. 2005.** Etude floristique et nutritive des parcours camelin du Sahara septentrional Algérien. Thèse de doctorat : université Badji Mokhtar Annaba. 178 p.
- Chorana, A. 2012.** Relation plante sol, cas des plantes fixatrices des dunes. Mémoire d'ingénieur Agro.: Université Amar Téliidji de Laghouat. 47p.
- CILSS. 2011.** Comment fixer les dunes pour freiner l'ensablement des champs, des pâturages et des cours d'eau. Avtil. 20 p.
- Dâamache, F. et Taleb, F. 2012.** *Aristida pungens* : Ecologie-Germination et fixation des dunes. Mémoire de Master : université Amar Téliidji de Laghouat. 74p.
- Daclus, G. 1981.** Les analyses de sol et leur interprétation. *Eau et Aménagement de la Région Provençale*, n° 15.
- Danin, A. et Feinbrun-Dothan, N. 1999.** Analytical flora of Eretz Israel. Cana, Jerusalem.
- Djebaili, S. 1988.** Connaissances actuelles sur L'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) : autoécologie, phénologie, productivité et valeur nutritive. *Biocénoses* 3(1.2). pp : 43-52.

- Djigale, D. 2003.** Interactions entre la communauté du sol ( bactéries et champignons mycorrhiziens) et les nématodes bactérovores : effet sur la nutrition minérale et la croissance de différentes plantes. Thèse de Doctorat : université cheikh Anta Diop de Dakar.166p.
- Dommergues, Y. et Mangenot, F. 1970.** Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris.741 p.
- Dugain, F.1961.** Les méthodes d'analyse utilisées au laboratoire de physico-chimie des sols.Office de la recherche scientifique et technique outre-mer.Dakar.75p.
- Dutruc-Rosset, G. 2003.** Techniques analytiques et de contrôle (Codex oenologique). Partie microbiologique. Office International de la Vigne et du Vin. 23 p.
- FAO.2010.** Lutte contre l'ensablement l'exemple de la Mauritanie Rome, 2010, Etude FAO : FORÊT 158. 76p.
- Ferchichi, A. 1996.** La lutte contre l'ensablement et pour la stabisation des dunnes : Essai de la fixation biologique des dunes en Tunisie présaharienne. Recherches sur ka désertification dans la Jeffata. Tunis : revue Géographie. Volume 12. pp : 49-102.
- Genmedoc , 2006.** Pratique de germination dans les banques de semences. 35p.
- GIZ. 2012.** Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la réliance des producteurs. Berlin, Allemagne.56p.
- Goffin, N. 2009.** Impact de la mise en culture sur l'érosion éolienne à Laghouat, Algérie. Mémoire de master, (UCL, Belgique). 78p.
- Greuter, W., Burdet, H. et Metlong, G. 1989.** Med-Checklist-conservatoire et jardin botanique de la ville de Genève. pp : 4-35.
- Hanifi, N.1994.**Un complexe de successions végétales sur les dunes continentales en zones arides : cas d'El-Mesrane (Wilaya de Djelfa). CREI 12. p 45.
- Hatimi, A. 1995.** Symbiotes racinaires de trois légumineuses arborescentes de dunes littorales de Souss-Massa. Les colloques 77. Paris : Editeur INRA.pp : 183-190.
- Hatimi, A. et Tahrouch, S. 2007.**caractéristiques chimique, botanique et microbiologique du sol des dunes littorales du Souss-Massa, Biomatec Echo, Vol 2, Numéro 5.pp :85-97.

- Hébert, I. 1979.** Propriétés physico-chimiques des sols : l'azote. In Bonneau M. et Souchir B.(eds) *Constituants et propriétés du sol*. Mosson, Paris. pp : 386-394.
- Housania, B. 2008.** Contribution à la constatation de l'ensablement dans la région de Laghouat (cas de périmètre de Mokrane). Mémoire d'ingénieur : Université Amar Télidji de Laghouat. 47p.
- Karnieli, A. et Tsoar. 1998.** Spectral reflectance of biologic crust developed on desert dune along the Israel-egypt border. *International journal of Remote Sensing* 16. pp369-374.
- Kelifi, A. 2013.** Etude de l'effet de la végétation steppique sur les caractéristiques du sol dans un sol ensablé. Mémoire de Mastère : Université Amar Télidji de Laghouat.52p.
- Kidron, G.J. 1999.** Altitude dependent dew and fog in the Negev Desert ,Israel . *Agric Forest Meteorol* 96 .pp :1-8.
- Lavelle, P. et Spain, A.V. 2001.** *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 654 p.
- Le Houérou, H-N. 1995.** *Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique*. Diversité biologique, développement durable et désertification. *Option méditerranéenne. Série B : études et recherches*, n.10. CIHEAM. Montpellier.397 p.
- Le Houérou, H. N. 1996.** Climate change, drought and desertification. *J. Arid Environm.*, 34.pp:133-185.
- Le Houérou, H-N. 2001.** Biogeographic of the arid stroorland of the sahara.*journal of Arid Environments* 48,pp :103-128.
- Le Houérou, H. N. 2004.** An agro-bioclimatic classification of arid and semiarid lands in the isoclimatic mediterranean zones. *Arid Land Res. Manag.*,18,pp : 301-346.
- Legros, P. 2007.** *Les grands sols du monde*. Edition. PPUR. Paris.574 p.
- Madani, D. 2008.** Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone à déficit hydrique. Thèse de Magister : université d'El Hadj Lakhdar Batna. 118 p.
- Makhloufi, L., Tolba, K. et Belabiod, D. 2006.** Principaux précédés de lutte contre les phénomènes d'ensablement en Algérie. *In Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durable*.C.R.S.T.R.A., Biskra.pp : 172-180.

- Makhloufi, L. Nedjahi, A., Abedllaoui, M. et Benarar, 2012.** *Protection des périmètres agricoles dans les régions arides et semi-arides.* INRF.Alger.39p.
- Mittler, R. 2000.** Living under a dormant canopy : a molecular acclimation mechanism of the desert plant *Retama raetama*. *The plant journal. Blackwell Science Ltd.*(2001)25(4).pp : 407-416.
- Nadjaoui, B. et Homida, M. 2006.** Problématiques des zones steppiques Algériennes et perspectives d'avenir. *Journal de recherche.* pp :13-19.
- Nedjimi, B., Guit, B. 2012.** Les steppes algériennes: causes de déséquilibre. *Algerian journal.*12p
- Nedjaoui, D.2002.** Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes of arid environment.vol. 2, n. 2.12p.
- Ozenda, P. 1958.** Flore du Sahara septentrional et central. Paris, Doin.486p.
- Pascal, M., Mathieu, A. et Clucas, N. 2008.** Grille de lecture-échantillonnage et analyse des sols pollués, Saint-Maurice (France) : Institut de veille sanitaire 2008.24p.
- Petard, J.1993.** Les méthodes d'analyse : Analyses de sols. Tome 1. Paris : O.R.S.T.O.M. 200p.
- Pouget, M. 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud- algéroises. Paris. ORSTOM. 569 p.
- Pouget, M. 1992.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Thèse doctorat : Université D'Aix-Marseille. 3<sup>ème</sup> édition. Paris : O.R.S.T.O.M. 289 p.
- Pouget, M.1977.** Cartographie des zones arides, aptitudes du milieu à la mise en valeur : région de Messaad Ain El Ibel. DEMRH/ORSTOM. 91p.
- Quezel, P. et Santa, S. 1962.** Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques et Méritionates, Tome I. Ed. Du C.N.R.S 15 quai Anat de France-Paris.7<sup>e</sup>.1170 p.
- Sahara-Nature.** *Astragalus armatus* [en ligne]. [Consulté en Mai 2015].[http://www.sahara-nature.com/plantes.php?aff=nom de plante = astragalus%20armatus.](http://www.sahara-nature.com/plantes.php?aff=nom%20de%20plante%20=%20astragalus%20armatus)
- Sahraoui, A. 2008.** Erosion éolienne et risque d'ensablement dans la région de Barika : Approche quantitative et cartographie automatique. *Thèse Mag*, Univ. Batna. 109 p.

- Shallaby, A., Monadayeri, M., Metman, M., El habibi, A. et Youssef, M.1972.** Germination of some desert medicinal plant under différent condition. Institut bull, ARE.433p.
- Slimani, H. et Hircher, A. 2006.** L'état de la désertification en Algérie. *In Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durable.* C.R.S.T.R.A., Biskra. pp : 165-169.
- Soltner, D.1982.** Alimentation des animaux domestiques. Ed. Sciences et techniques et agricoles, Paris. 392p.
- Sorensen, I.1997.** The Rhizosphère as a habitat for soil microorganisms. In : Van Elsas J.
- Sterk, G. et Raats, P.A.C. 1996.** Comparison of Models Describing the Vertical Distribution of Wind-ErodedSediment. *Soil Science Society of America Journal* 60.pp :1914-1919.
- Stocker, R. 1974.** Etude anatomique et biochimique des protéines et des acides aminés foliaies de *Rétama monosperma* (boiss). In Bouredje.N, 2005, mémoire de magistér : université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf (U.S.T.O) Oran.
- Thomas, JP. 1968.** Ecologie et dynamique de la végétation de la dune littoral dans la région de Djidjelli. *Bull. Soc.Hist. Nat. Afr. Nord.*p37.
- U.E.** 2011. Les sols, la face cachée du cycle climatique. 24 p.
- Wiebe, B-H. et al. 2001.** L'agriculture écologiquement durable au Canada: Série sur les indicateurs agroenvironnementaux - Rapport n° 2.
- Yair, A. 1990.** Runoff generation in a sandy area : The Nizzana sands , western Negev,Israel. *Earth Surface Processes and Landforms* 15. pp : 597-609
- Zahary, M. 1962.** Plant life of palestine, Israel, and Jordon, Ronald, New York, 1962. *Science* 11 May 1962. Volume 163. Numéro 3. pp : 515-523.

---

# **ANNEXES**

## ANNEXES

## Annexe I

## Analyses statistiques ANOVA au seuil de 5%

Tableau 1: Résultats du test ANOVA pour l'humidité du sol

	<b>S. C. E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M</b>	<b>Teste F</b>	<b>E.T</b>
Var, Totale	20.523	31		7,47	0.294846
Var, fcture1	9.123	3	3.0411		
Var,résiduelle	11.399	28	0.4071		

Tableau 2: Moyenne et ecart type humidité du sol.

<b>Echantillon</b>	<b>R</b>	<b>Ar</b>	<b>As</b>	<b>SN</b>	<b>Probabilité</b>
Moyenne	2,39	2,246	1,899	1,016	
Ecart type	0,485	0,489	0,862	0,642	P=0,001
Groupement	A	A	A	B	

Tableau 3: Resultants ANOVA pH du sol.

	<b>S. C. E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M</b>	<b>Teste F</b>	<b>E.T</b>
Var, Totale	3.916	31		5.68	0.294846
Var, fcture1	1.482	3	0.49394		
Var,résiduelle	2.434	28	0.08693		

Tableau 4: Moyenne et ecart type pH du sol.

<b>Echantillon</b>	<b>R</b>	<b>Ar</b>	<b>As</b>	<b>SN</b>	<b>Probabilité</b>
Moyenne	8,304	8,76	8,8712	8,7212	
Ecart type	0,00463	0,00535	0,0722	0,1249	P=0,004
Groupement	B	A	A	A	

Tableau 5: Resultats ANOVA CE du sol.

	<b>S. C. E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M</b>	<b>Teste F</b>	<b>E.T</b>
Var, Totale	0.0008	31		50.97	0.0050885
Var, fcture1	0.000075	3	0.000025		
Var,résiduelle	0.000725	28	0.000026		

Tableau 6: Moyenne et ecart type CE du sol.

<b>Echantillon</b>	<b>R</b>	<b>Ar</b>	<b>As</b>	<b>SN</b>	<b>Probabilité</b>
Moyenne	0,1425	0,145	0,14625	0,14625	
Ecart type	0,00463	0,00535	0,0722	0,1249	P=0,423
Groupement	A	A	A	A	

Tableau 7: Resultas ANOVA MO (matière organique) du sol.

	<b>S. C. E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M</b>	<b>Teste F</b>	<b>E.T</b>
Var, Totale	7.513	31		4.37	0.4275
Var, fcture1	2.394	3	0.7982		
Var,résiduelle	5.118	28	0.1828		

Tableau 8: Moyenne et ecart type MO du sol.

<b>Echantillon</b>	<b>R</b>	<b>Ar</b>	<b>As</b>	<b>SN</b>	<b>Probabilité</b>
Moyenne	1.285	1.101	1.105	0,556	
Ecart type	0,350	0,565	0,346	0,412	P=0,012
Groupement	A	A	A	B	

Tableau 9: Resultats ANOVA CO (carbone organique) du sol

	<b>S. C. E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M</b>	<b>Teste F</b>	<b>E.T</b>
Var, Totale	2.5394	31		4.37	0,2485
Var, fcture1	0.8094	3	0,7982		
Var,résiduelle	1,7300	28	0,06179		

Tableau 10: Moyenne et ecart type CO du sol.

<b>Echantillon</b>	<b>R</b>	<b>Ar</b>	<b>As</b>	<b>SN</b>	<b>Probabilité</b>
Moyenne	0,747	0,640	0,642	0,323	
Ecart type	0,203	0,328	0,201	0,239	P=0,012
Groupement	A	A	A	B	

Tableau 11: Resultats ANOVA N (Azote Total) du sol.

	<b>S. C. E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M</b>	<b>Teste F</b>	<b>E.T</b>
Var, Totale	0,00059	11		9,7	0,004
Var, fcture1	0,0004	3	0,0001		
Var,résiduelle	0,0001	8	0,00001		

Tableau 12: Moyenne et ecart type N du sol.

<b>Echantillon</b>	<b>R</b>	<b>Ar</b>	<b>As</b>	<b>SN</b>	<b>Probabilité</b>
Moyenne	0,02450	0,01307	0,01960	0,00283	
Ecart type	0,0049	0,00283	0,0049	0,00817	P=0,005
Groupement	A	AB	BC	C	

## Annexe II

Tableau 1 : Classification des sols suivant leur pH

<i>pH eau</i>	<i>Nature du sol</i>
6,75 ≤ pH ≤ 7,25	Neutre
7,25 ≤ pH ≤ 8,5	alcalin
>8,5	Très alcalin

Source : Aubert, 1978

Tableau 2 : Classification des sols suivant leur teneur en sel

<b>CE (mmhos/cm a 25 °C)</b>	<b>Nature du sol</b>
≤0,6	Sol non salé
0,6 < C.E. ≤ 2	Sol peu salé
2 < C.E. ≤ 2,4	Sol salé
2.4 < C.E. ≤ 6	Sol très salé
>6	

Source : Aubert, 1978

Tableau 3 : Classification des sols suivant leur teneur en matière organique

<b>MO %</b>	<b>Nature du sol</b>
<0,5	Très pauvre en MO
0,5 à 1,5	Pauvre en MO
1,5 à 2,5	Moyennement pourvu en MO
2,5 à 6%	Riche en MO
6 à 15%	Très riche en MO

Source : Belkheiri, 2000

Tableau 4 : Classification des sols suivant leur teneur en azote

<b>Azote (%) KJELDAHL</b>	<b>Nature du sol</b>
<0,05	Très pauvre
0,05-0,1	Pauvre
0,1-0,15	Moyen
0,15-0,25	Riche
>0,25	Très riche

Source : Gros, 1979

Tableau 5 : Classement des sols en fonction de leur rapport C/N

6	8	9	10	11	12	14	
Très faible	Faible		Normal		Légèrement élevé	élevé	Très élevé
Sol à décomposition rapide de la matière organique		Bonne décomposition de la matière organique				Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique.	

*Source : LCA, 2008*

**Annexe III**

- **Milieu PDA (Potato Dextrose Agar)**

Glucose	20g
Pomme de terre	200g
Agar	20g
Eau distillé qsq	1000ml

- **Milieu LPGA**

Extrait de levure	7g
Bactopeptone	7g
Glucose	7g
Agar	15g

Annexe IV

Photos de boîtes du test :

