



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

**Département : Microbiologie**

**قسم : الميكروبيولوجيا**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

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

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Microbiologie Générale et Biologie Moléculaire des Microorganismes**

Intitulé :

---

## **Évaluation de la biodiversité bactérienne d'un sol dunaire du sud Algérien (Région de Biskra)**

---

**Présenté et soutenu par :** *BIOUD Rayene*

**Le :** 11/06/2017

*MATARFI Ibtissem*

**Jury d'évaluation :**

**Président du jury :** M. *HADDI Mohamed-Laid* (Professeur – UFM Constantine).

**Rapporteur :** *M<sup>elle</sup> ARABET Dallel* (Maître de conférence - UFM Constantine).

**Examinatrice :** *M<sup>elle</sup> BOUCHLOUKH Warda* (Maître assistant - UFM Constantine).

*Année universitaire  
2016 - 2017*

## Remerciement

*Nous remercions tout d'abord le bon dieu qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrant M<sup>lle</sup>. **ARABET Dallel** qui a accepté de nous encadrer et de diriger ce travail mais surtout pour son aide très précieuse.*

*Nos sincères remerciements sont adressés à M. **HADDI Mohamed Laïd** pour tous les efforts et l'aide précieuse qu'il nous a apporté. On le remercie également de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*On voudrait remercier particulièrement M. **KADEM D.E.D.** qui nous a régulièrement suivi dans la réalisation de ce travail. On le remercie pour son soutien et son aide.*

*M. **Haddi** et M. **Kadem** sont vivement remerciés de s'être déplacés afin de nous procurer les échantillons nécessaires à la réalisation de notre étude.*

*Nous remercions M<sup>lle</sup>. **BOUCHLOUKH Warda** d'avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Nos sincères remerciements vont également à toute l'équipe du laboratoire de Mycologie, de Biotechnologie et des Activités Microbiennes du département de Microbiologie, pour leur disponibilité et leur collaboration.*

*Un grand merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

*Enfin, un très grand merci à celui sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour. Merci Dr. **Vincent Méjean** du laboratoire de Bioénergétique et Ingénierie des Protéines, CNRS, Marseille, France.*

## *Dédicaces*

*Ce travail, et bien au-delà, je le dois à mes très chers parents qui m'ont fourni au quotidien un soutien et une confiance sans faille et de ce fait, je ne saurais exprimer ma gratitude seulement par des mots. Que dieu vous protège et vous garde pour nous.*

*A ma chère sœur Zahra.*

*A mes deux chers frères Mohamed et Ramzi.*

*A mon oncle Fouad.*

*A toute ma famille chacun en son nom.*

*A mes adorables amis : Ibtissem, Maria, Amina, Nouheila, Amira, Fatima, Sonia et Menal pour leur fidélité.*

*A tous mes amis avec qui j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur.*

*Que toute personne m'ayant aidée de près ou de loin, trouve ici l'expression de ma reconnaissance.*

*Rayene*

## Dédicaces

*A mes chers parents pour leurs encouragements. Pour leurs prières qui m'ont aidée de poursuivre mes études avec persévérance.*

*A mes frères : Charif, Djalal, Seif et Adam.*

*A mes sœurs et leurs conjoints : laïla et Sadak , Soumeya et Larbi.*

*A mes neveux: Aya, Ayoub, Arige et Mohamed.*

*A toutes mes amies en particuliers: Maria, Amina, Nouhaïla et Marwa.*

*A mon binôme: Rayene.*

*A toutes ma famille et tous ceux qui ont contribué de près au de loin à la réalisation de ce travail.*

*Ibtissem*

## Liste des abréviations

ARNr 16S:	Acide Ribonucleique ribosomale 16S
E :	Est
LB :	Luria Bertani
MF :	Matière Fraiche
MM :	Matière Minérale
MO :	Matière Organique
MS :	Matière Sèche
N :	Nord
O :	Ouest
P :	Précipitation
PET :	Potentiel d'évapotranspiration
pH :	Potentiel Hydrogène
S :	Sommet
S (chiffre) :	Souche et le chiffre indique le numéro de souche
Su :	Sud
UV :	Ultra –violet
V :	Végétation
% H <sub>2</sub> O :	Pourcentage d'humidité

## Liste des figures

<b>Figure 01 :</b>	Gigantesque dunes de sable dans le Sahara algérien....	p.4
<b>Figure 02 :</b>	Régions ayant un climat désertique froid.....	p.6
<b>Figure 03 :</b>	Régions ayant un climat désertique chaud.....	p.7
<b>Figure 04 :</b>	Oseille sauvage ( <i>Rumex vesicarius</i> ).....	p.13
<b>Figure 05 :</b>	<i>Euphorbia confinalis</i> .....	p.13
<b>Figure 06 :</b>	Armoise ( <i>Artemisia judaica</i> ).....	p.14
<b>Figure 07 :</b>	Matière sèche dans le dessiccateur.....	p.25
<b>Figure 08 :</b>	Enrichissements à partir des échantillons de sol.....	p.27
<b>Figure 09 :</b>	Dilutions et étalement sur milieu LB solide.....	p.28
<b>Figure 10 :</b>	Colonies correspondant à la souche 1 (S1).....	p.36
<b>Figure 11 :</b>	Colonies correspondant à la souche 5 (S5).....	p.37
<b>Figure 12 :</b>	Colonies correspondant à la souche 6 (S6) et la souche 8 (S8).....	p.38
<b>Figure 13 :</b>	Colonies correspondant à la souche 4 (S4).....	p.38
<b>Figure 14 :</b>	Colonies correspondant à la souche 2 (S2) et la souche 3 (S3) .....	p.39
<b>Figure 15 :</b>	Colonies correspondant à la souche 7 (S7).....	p.39
<b>Figure 16 :</b>	Observations microscopiques des différentes souches isolées après coloration de Gram.....	p.44

## Liste des tableaux

- Tableau 01 :** Résultats de la mesure de la matière sèche et du pourcentage d'humidité obtenus pour l'échantillon « O »..... p.31
- Tableau 02 :** Résultats de la mesure de la matière minérale et de la matière organique obtenus pour l'échantillon « O » après incinération..... p.32
- Tableau 03 :** Tableau récapitulatif des paramètres physicochimiques du sol étudié..... p.32
- Tableau 04 :** Souches isolées à partir des différents échantillons de sol..... p.35
- Tableau 05 :** Résultats de la coloration de Gram des différentes souches isolées à partir du sol désertique..... p.42

# Table des matières

Introduction.....	1
<b>Première partie : Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : Caractères généraux d'un sol désertique.....</b>	<b>4</b>
I.1. Quelques définitions.....	4
I.1.1. Le désert.....	4
I.1.1.1. Les déserts froids et chauds.....	5
a/ Les déserts froids.....	5
b/ les déserts chauds.....	6
I.1.2. l'aridité.....	7
I.1.3. Le sol aride.....	7
I.2. Caractères physiques, chimiques et climatiques.....	8
I.2.1. Caractères physiques.....	8
I.2.1.1. Structure du sol.....	8
I.2.2. Caractères chimiques.....	9
I.2.2.1. Le pH.....	9
I.2.2.2. La salinité.....	9
I.2.3. Caractères climatiques.....	9
I.2.3.1. La précipitation.....	10
I.2.3.2. La température.....	10
I.2.3.3. Le vent.....	11
I.2.3.4. L'humidité.....	11
<b>Chapitre II : La couverture végétale rencontrée dans le désert.....</b>	<b>12</b>
II.1. Les formes des plantes.....	12
II.1.1. Les plantes annuelles éphémères.....	12
II.1.2. Les plantes pérennes succulentes.....	13
II.1.3. Les plantes pérennes non succulentes.....	14
II.2. Caractéristiques générales des espèces végétales des zones arides.....	14
II.3. Interactions plantes-microorganismes.....	15
<b>Chapitre III : Groupes bactériens rencontrés dans un sol désertique.....</b>	<b>16</b>
III.1. Les Actinobactéries.....	17
III.2. Les Bactériodetes.....	18
III.3. Les Protéobactéries.....	19
III.4. Les Gammatimonadestes.....	20
III.5. Les Firmicutes.....	20
III.6. Les Cyanobactéries.....	21

## **Deuxième parti : Matériels et méthodes**

I. Collection des échantillons de sol.....	23
II. Techniques d'analyse physicochimique du sol.....	23
II.1. Estimation de la matière sèche.....	24
II.2. Estimation de la matière organique et minérale.....	25
II.3. Mesure de pH du sol.....	26
III. Technique d'analyse microbiologique du sol.....	26
III.1. Milieu de culture et conservation des souches bactériennes.....	26
III.1.1. Conditions de culture.....	26
III.1.1.1. Conditions d'enrichissement.....	26
III.1.1.2. Conditions d'isolement.....	27
III.2. Techniques d'analyse microscopique.....	28
Coloration de Gram.....	28

## **Troisième parti : Résultats et discussion**

<b>Chapitre I : Résultats des analyses physicochimiques.....</b>	<b>30</b>
I.1. Analyse physicochimique du sol étudié.....	30
I.1.1. Taux de la matière sèche.....	31
I.1.2. Taux de la matière minérale et de la matière organique.....	31
<b>Chapitre II : Résultats des analyses microbiologiques.....</b>	<b>34</b>
II.1. Analyse microbiologique du sol étudié.....	34
Coloration de Gram des souches isolées et observation microscopique.....	41
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>46</b>
<b>Références bibliographiques</b>	

## Introduction

Une partie importante de la surface de la terre est désertique. Elle représente l'écosystème le plus dominant couvrant plus d'un tiers de la surface terrestre.

Les déserts sont classés en termes d'indice d'aridité. Ce dernier est un rapport entre la précipitations (P) et le potentiel d'évapotranspiration (PET). Il en résulte quatre zones clés d'aridité (**Makhalanyane et al., 2015. Zablocki et al., 2016**) :

- **Les zones sub-humides** ( $0.5 \leq P/PET \leq 0.56$ )
- **Les zones semi-arides** ( $0.2 \leq P/PET \leq 0.5$ )
- **Les zones arides** ( $0.05 \leq P/PET \leq 0.2$ )
- **Les zones hyperarides** ( $P/PET < 0.05$ ).

Les déserts hyperarides reçoivent généralement des précipitations inférieures ou égales à 70 mm par an et sont souvent associées à des caractéristiques telles que le pH élevé (7 à 9), les niveaux élevés de salinité, les flux de rayonnement de surface et de longues périodes de dessiccation (**Zablocki et al., 2016**).

L'environnement saharien est caractérisé essentiellement par les fluctuations extrêmes de la température, de l'état nutritionnel généralement bas, des niveaux élevés des rayonnements ultraviolets (UV) et des vents forts (**Makhalanyane et al., 2015**).

En Algérie, la zone aride représente près de 95% du territoire national dont 80% se situent dans le domaine hyper-aride (**Berkal, 2006**).

Aujourd'hui, espace d'enjeux géostratégique, le Sahara représente pour l'Algérie comme pour les différents états du Maghreb, un hinterland porteur et vecteur de développement économique. Réservoir de champs

pétroliers, de ressources en minerais et aquifères souterrains, ceci rassemble autant d'éléments qui, combinés à des considérations géopolitiques nationales et internationales, constituent un des socles de la prospérité du pays (**Kouzmine, 2008**).

Microbiologiquement parlant, les sols désertiques étaient supposés pendant longtemps, comme étant des milieux stériles. Mais les travaux d'exploration ont montrés qu'il existe des espèces microbiennes, qui s'adaptent aux conditions climatiques extrêmes (**Dari, 2013**).

Les Bactéries, les champignons et les algues, sont les micro-organismes qui entrent dans la composition des microbiocénoses des sols arides (**Dari, 2013**).

Dans les sols sahariens, la microflore totale variait entre 120 et 220 millions de germes par gramme de terre dans les sols cultivés, alors qu'elle n'était que de 28 millions germes par gramme de terre dans les sols incultes qui contient une densité bactérienne faible mais qui tombent rarement en dessous de  $10^4$  à  $10^5$  germes par gramme de sol sec dans les horizons superficiel (**Dari, 2013**).

Le Sahara algérien est l'un des plus grands et des plus importants déserts chauds du monde entier. Sa superficie qui dépasse les 2 million de Kilomètres carré ainsi que sa localisation géographique stratégique fait de lui une véritable richesse pour le pays. Outre ses réserves minérales colossales, le Sahara algérien semble être une immense réserve écologique. Néanmoins, peu d'études scientifiques ont été réalisées dans ce contexte et en particulier en ce qui concerne la diversité de la microflore bactérienne colonisant ce milieu extrême. Dans ce cadre précis s'inscrit notre étude.

L'objectif principal de ce travail est d'amorcer la recherche sur les communautés bactériennes résidant le sol du désert algérien. Pour ce, un échantillon de sol de la région de Biskra a été collecté et des analyses microbiologiques primaires ont été réalisées afin de déterminer la densité de la population bactérienne autochtone ainsi que ces différentes formes. Pour pouvoir atteindre cet objectif, différentes techniques et méthodes ont été mises en œuvre.

Le présent travail de recherche est scindé en trois parties :

- La première partie présente le cadre général de l'étude par des rappels bibliographiques sur : les caractères généraux, la couverture végétale et les groupes bactériens rencontrés dans un sol désertique.
- La deuxième partie présente l'étude expérimentale : méthodologie adaptée pour la réalisation des analyses physicochimiques et microbiologiques.
- La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus, les interprétations, les discussions éventuelles et une conclusion générale.

## **Chapitre I : Caractère généraux d'un sol désertique**

### **I.1. Quelques Définitions**

#### **I.1.1. Le désert**

Etymologiquement le mot « désert » dérive du latin classique «*deserta*» qui signifie «lieu inhabité» (Choplin and Drozd, 2009). Les déserts ont été alors décrits comme étant des régions privées de vie en raison de leur aridité. (Berkal, 2006).

L'attribution du qualificatif « désert » au Sahara symbolise clairement l'état aride de cette région (Berkal, 2006).

Un désert se caractérise par sa sécheresse, sa haute température et sa faible végétation. Généralement, il est constitué d'un mélange de dunes de sables (Coline de sable formé par le vent), de rage (plaine de graviers), de zones salées et de régions montagneuses contenant localement des oasis et des régions d'herbes sèches (<http://www.astrosurf.com>).



**Figure 01** : Gigantesque dunes de sable dans le Sahara algérien. (<http://www.algerie-monde.com>)

### **I.1.1.1. Les déserts froids et chauds**

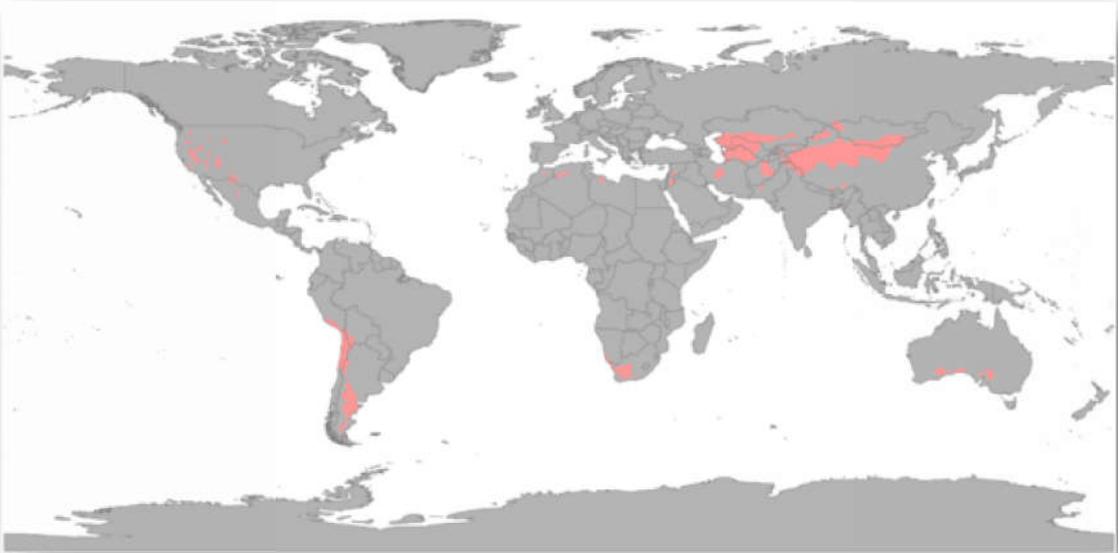
Les déserts chauds et les déserts froids sont exactement et respectivement les endroits les plus chauds et les plus froids sur terres. L'analyse méta-génomique a démontré que les sols des déserts chauds et froids sont les écosystèmes les plus pauvres en matière de diversité microbienne. Les conditions climatiques défavorables en sont la majeure raison. (**Makhalanyan *et al.*, 2015**).

#### **a/ Les déserts froids**

Les régions polaires de l'Arctique et de l'Antarctique connaissent de faibles précipitations au cours de l'année. Elles sont souvent appelées des « déserts froids » parce qu'elles sont recouvertes de glace tout au long de l'année (**Duviviers, 1860**).

Les déserts froids se forment aux latitudes plus élevées que les déserts chauds et leur aridité résulte de la sécheresse. En effet, l'air, extrêmement froid étant trop dense et de volume trop faible, ne peut contenir une quantité de vapeur d'eau suffisante pour donner des précipitations par la suite (**Duviviers, 1860, Pudasaini *et al.*, 2017**).

Le plus grands de ces déserts froids sont les déserts situés au cœur de l'Asie central (**Figure 02**) (**Duviviers, 1860, Pudasaini *et al.*, 2017**).



**Figure 02 :** Régions ayant un climat désertique froid. La majorité des pays qui contiennent des déserts froids sont situés en Asie centrale. Certains sont aussi présents en Argentine, en Bolivie et en Afrique de sud (<https://upload.wikimedia.org>).

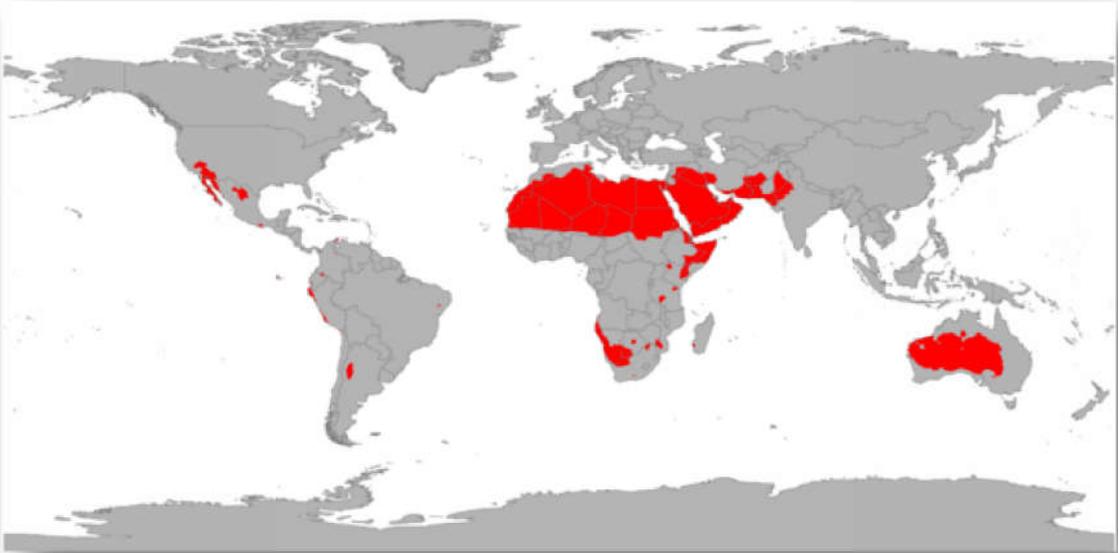
### **b/ Les déserts chauds**

Contrairement aux déserts froids, les déserts chauds sont caractérisés par l'absence de période hivernale. Leur température ne peut jamais atteindre des valeurs inférieures à 10° C (<http://www.infoclimat.fr/>).

Dans les déserts chauds, les effets combinés des fluctuations de température et de l'aridité conduisent à des adaptations faibles des microorganismes. Les Macroorganismes (plantes et animaux) montrent plus de capacité à s'y accommoder (**Makhalanyan *et al.*, 2015**).

Cependant, les micro-organismes jouent un rôle plus influent dans le contrôle de la surface et des bioprocédés (**Makhalanyan *et al.*, 2015**).

Les plus grands déserts chauds du monde recouvrent presque tout le nord de l'Afrique (**Figure 03**) (**Duviviers, 1860**).



**Figure 03** : Régions ayant un climat désertique chaud. Elle est centralisée en Afrique (les pays de la mère méditerrané, Egypte, Soudan ...) et aussi en Australie (<https://upload.wikimedia.org>).

### **I.1.2. L'aridité**

L'aridité est un concept qui définit un climat sec et chaud. Les auteurs le définissent, par opposition au climat humide, comme étant caractérisé par la faiblesse des précipitations moyennes annuelles et par le déficit de celles-ci par rapport à l'évapotranspiration potentielle (**Berkal, 2006**).

En général, l'aridité apparaît comme une incapacité du milieu à faire vivre, dans les conditions normales, une population sédentaire (**Berkal, 2006**).

### **I.1.3. Le sol aride**

Les sols sahariens sont des sols squelettiques à fertilités physique et chimiques très limitées. Ils sont bel et bien pauvres en éléments nutritifs (calcium, magnésium, oligoéléments), mais pratiquement dépourvus de matière organique. La faiblesse du taux d'humidité réduit la mobilité des éléments minéraux en particulier celle du phosphore. Malgré les conditions

défavorables, les sols dunaires peuvent abriter une microflore bactérienne et fongique riche et variée (**Berkal, 2006, Hatimi and Tahrouch, 2007**).

Les graines de sables siliceuses sont pratiquement de la même taille, de petites dimensions et leur composition chimique peut être partagée en 95% de silice, 1 à 2 % de calcaire et des traces de différents oxydes (**Ben dhia, 1998**).

Des facteurs environnementaux tels que la disponibilité en eau, en azote (N), en sels ainsi que le pH et la température sont d'importants facteurs pouvant expliquer la nature et la distribution des communautés rencontrées dans les déserts (**Makhalanyan et al., 2015**).

## **I.2. Caractères physiques, chimiques et climatiques du sol désertique**

### **I.2.1. Caractères physiques**

#### **I.2.1.1. Structure du sol**

Les sols sahariens ont une structure stable, colloïdale et argileuse, pauvre en éléments minéraux qui sont soit solubles et concentrés en surface ou partiellement lessivés et accumulés (**Aubert et al., 1960**).

Cette structure oblige les micro-organismes à remplir des fonctions essentielles pour survivre telles que la décomposition de la matière organique, le recyclage du carbone et de nutriments minéraux ainsi que la décontamination de sols pollués (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>).

## I.2.2. Caractère chimique

### I.2.2.1. Le pH

Le pH des sols désertiques est proche de la neutralité (**Hatimi and Tahrouch, 2007**).

Le degré d'acidité du sol constitue l'un des principaux facteurs limitant de la croissance des germes. En général, les microorganismes sont très sensibles à l'acidité et préfèrent les milieux dont le pH est proche de la neutralité. Ceci est particulièrement valable pour les bactéries telles que, les bactéries nitrifiantes qui présentent des pH optimum de croissance variant entre 8.5 et 8.8 pour les *Nitrosomonas* et 8.3 et 9.3 pour les *Nitrobacter*. Ou les bactéries cellulolytiques qui ont un optimum de croissance variant entre un pH de 6.0 et 8.5 (**Dari, 2013**).

### I.2.2.2. La salinité

Les sols salés représentent environ 15 % des sols arides et semi-arides dans le monde (**Saker, 2015**). Le taux de salinité a une grande influence sur l'évolution de la microflore du sol. En effet, la faible salinité des sols favorise la prolifération des microorganismes, ce qui n'est pas le cas dans les sols arides (**Dari, 2013**).

L'inhibition de l'activité biologique par les sels se traduit par une forte teneur en composés hydrosolubles très mobiles au détriment des composés plus polycondensés (**Dari, 2013**).

## I.2.3. Caractères climatiques

Le climat des régions sahariennes est un climat hyper-aride caractérisé par une faible précipitation, des températures extrêmement élevées et des

vents violents qui contribuent à augmenter l'évapotranspiration (**Berkal, 2006**).

### **I.2.3.1. La précipitation**

La précipitation est extrêmement rare dans les régions désertiques chaudes. Par exemple, moins de 10 pluies se produisent annuellement dans le désert du Namibe (qui est un désert côtier chaud, situé dans le sud-ouest de Namibie. Il est considéré comme le plus vieux désert du monde). Certaines parties du désert d'Atacama (un désert hyperaride situé au Chili en Amérique du sud) peuvent recevoir un événement pluviométrique seulement une fois par décennie (**Gunnigle et al., 2017**) mais qui peut être très violent. Les pluies les plus orageuses sont celles des saisons estivales (**Berkal, 2006**). Quand la précipitation augmente, la biomasse microbienne augmente (**Nielsen and Ball, 2015**).

### **I.2.3.2. La température**

Le climat saharien est caractérisé par de très hautes températures le jour et de très faibles la nuit (**Ben dhia, 1998**). Dans les déserts chauds, ces températures peuvent atteindre les 60° C (**Pointing et al., 2012**). L'intervalle thermal varie donc entre -8° C et 51° C (**Berkal, 2006**).

Dans la surface de sol, la température peut dépasser 70° C mais lorsqu'on atteint les profondeurs, les températures diminuent rapidement et s'équilibrent (**Chehma, 2005**).

La température du sol représente dans les zones arides, un facteur écologique très important qui régit la multiplication des microorganismes. Dans ces régions, et d'une manière générale, la plupart des bactéries ont un développement optimal entre 25 et 40° C (**Dari, 2013**).

### **I.2.3.3. Le vent**

Le Sahara apparait comme la région caractérisée par les orages les plus violents au monde (**Berkal, 2006**). Selon leur vitesse, les vents peuvent mettre en mouvement et transporter des sols (**Ben dhia, 1998**).

### **I.2.3.4. L'humidité**

Au Sahara, l'humidité est faible (**Chehma, 2005**) ce qui conduit a une diversité microbienne faible. Cependant, lorsque l'humidité augment, la diversité des microorganismes augmente progressivement (**Dari, 2013**).

Dans ce type de conditions météorologiques, climatiques et physicochimiques, les microorganismes rencontrent de véritables obstacles difficiles à surmonter face à leur prolifération. Les plantes semblent elles aussi soumises aux mêmes contraintes.

## **Chapitre II : La couverture végétale rencontrée dans le désert**

Les conditions défavorables régnant dans les zones arides, rendent la présence des communautés végétales très faible. La raison majeure est la rareté de l'eau, facteur indispensable de la vie (**Parieure *et al.*, 1995**). En effet, la faible pluviométrie dans ces zones ainsi que les conditions physicochimiques qui les caractérisent (température, taux de salinité, pH, etc.) permettent la croissance d'une gamme très limitée de plantes (**Makhalanyan *et al.*, 2015**).

### **II.1. les formes des plantes**

On distingue trois formes de plantes

- Annuelles éphémères
- Pérennes succulentes et ;
- Pérennes non succulentes

#### **II.1.1. Les plantes annuelles éphémères**

Ce sont les plantes qui apparaissent après la pluie. Leur croissance est limitée à une courte période humide et elles sont généralement caractérisées par une petite taille et des racines peu profondes. On peut citer à titre d'exemple *Schouwia thebaica* (Brassicaceae) et *Rumex vesicarius* (Oseille sauvage). (<http://www.fao.org/>).



**Figure 04** : Oseille sauvage (*Rumex vesicarius*). Plante herbacée annuelle poussant en touffes après la pluie. (<http://nezumi.dumousseau.free.fr>)

### **II.1.2. Les plantes pérennes succulente**

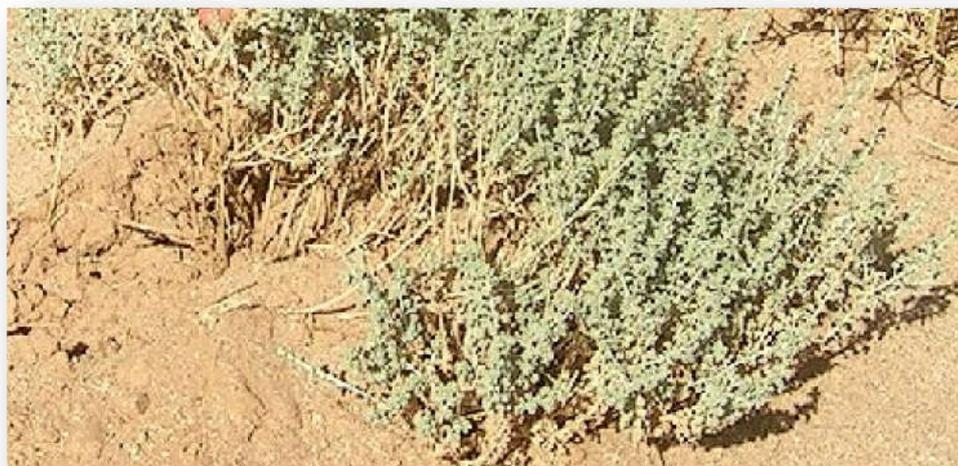
La présence de tissus parenchymateux, capables de stocker l'eau, Chez ce type de plantes leur permet de résister aux conditions de sécheresse des zones arides. Ceci favorise leur croissance comme c'est le cas par exemple des *Cactus*, de *Coridothymus capitatus* et *Euphonia confinalis* (**Archives de documents de la FAO <http://www.fao.org/>**).



**Figure 05** : *Euphonia confinalis*. Plante qui possède des épines à la place des feuilles. Les épines permettent d'économiser l'eau et évitent son évaporation. (<http://www.revenaturel.com>)

### **II.1.3. Les plantes pérennes non succulentes**

Elles constituent la majorité des plantes des zones arides. On peut citer à titre d'exemple les graminées, les petites plantes ligneuses, les buissons et les arbres qui supportent le stress environnemental (**Archives de documents de la FAO <http://www.fao.org/>**).



**Figure 06** : Armoise (*Artemisia judaica*). Plante vivace, formant de grosses touffes vert-bleutées. (<http://nezumi.dumousseau.free.fr>)

## **II.2. Caractéristiques générales des espèces végétales des zones arides**

Dans les zones arides, les facteurs climatiques extrêmes obligent les espèces végétales à s'adapter aux conditions défavorables par différentes manières (**Wolf, 2003**) :

- **Adaptation morphologique** : Elle peut se manifester par le stockage de l'eau dans les tissus (plante grasses), la réduction des feuilles ou le développement des épines.
- **Adaptation par dormance** : c'est une forme d'attente que les conditions redeviennent favorables pour vivre.

- **Adaptation physiologique** : Dans ce cas, les plantes choisissent de diminuer leur photosynthèse pour limiter l'évaporation.

### **II.3. Interactions plantes-microorganismes**

Comme c'est observé souvent chez les plantes, des associations bénéfiques existent également entre les plantes du Sahara et les microorganismes du sol. Ces associations rhizosphériques impliquent des échanges mutuels de nutriments et d'éléments organiques ou minéraux (**Hauke-pacewiczowa et al., 1969**).

L'activité et la multiplication des microorganismes sont stimulés par la libération continue de nutriments organiques dans la rhizosphère. Ainsi, plus les microorganismes sont loin de la rhizosphère plus leur croissance est défavorisée en raison du déficit principalement en carbone (**Dari, 2013**).

D'autre part, les associations rhizosphérique ont une variété d'impact direct ou indirect sur la prolifération de la plante. La production des composés organiques par les bactéries qui colonisent la rhizosphère permettent le développement du système racinaire. Ces bactéries jouent un rôle dans le recyclage et de la solubilisation des éléments minéraux (azote, phosphore, calcium), de la synthèse des vitamines, des acides aminés, des auxines lesquels stimulent la croissance des plantes. Ou bien d'autres substances (toxine) qui peuvent inhiber les organismes pathogènes des plantes (**Dari, 2013**).

Il est donc clair que la densité des microorganismes dans ce type d'écosystème serait plus importante autour de la végétation qui y existe. Les conditions exceptionnelles du Sahara laissent s'attendre à des microorganismes particuliers et ce notamment parmi les bactéries.

## **Chapitre III : Groupes bactériens rencontrés dans un sol désertique**

Les bactéries sont partout, mais cette ubiquité est fluctuante sur le temps (**Makhalanyan *et al.*, 2015**).

La majorité des microorganismes se trouve dans la couche superficielle du sol, la mieux aérée et la plus riche en substance nutritives. Leur nombre diminue progressivement avec la profondeur. Comme ça était déjà expliqué, ces microorganismes jouent un rôle fondamental dans des processus importants comme la régulation des cycles biogéochimiques (Azote (N), Carbone (C), Soufre (S)) (**Dari, 2013**).

Le groupe majeur des microorganismes du sol désertique est formé particulièrement de bactéries. Ces microorganismes constituent la partie la plus importante de la microflore du sol, aussi bien sur le plan quantitatif que fonctionnel. Généralement, les bactéries prolifèrent dans des milieux riches en azote, aérés et un dans un pH supérieur à 6. Elles sont surtout abondantes autour des racines de certaines plantes au sein de la rhizosphère (**Dari, 2013**).

- ❖ Plusieurs études ont pu déterminer les phyla bactériens les plus rencontrés dans le sol désertique (**Chanal *et al.*, 2006**, **Connon *et al.*, 2007**, **Lester *et al.*, 2007** et **Fierer *et al.*, 2009**). Les plus importants d'entre eux sont :

- Les Actinobactéries**

- Les Bactériodetes et,**

- Les Protéobactéries**

### **III.1. Les Actinobactéries**

Les *Actinobacteries* (appelées aussi *Actinomycètes*) sont rencontrées pratiquement partout dans l'environnement, principalement dans les sols de différentes nature (**Saker, 2015, Boudemagh, 2007**).

Ce sont des bactéries à Gram positif qui peuvent adopter des formes différentes (simples bacilles, ramifiées) elles sont toujours immobiles, ayant un pourcentage en Guanine (G) et Cytosine (C) élevé (> à 55 %) et leur croissances et lente avec un temps de génération de 2 à 3 heures (**Boudemaghe, 2007**).

Les *Actinobacteries* préférant un pH neutre ou peu alcalin, ils sont généralement mésophiles et non halophiles, d'autre sont thermophiles, tolérants des températures avoisinant 50° C et peuvent aller jusqu'à 60° C. Elles peuvent se développer dans des milieux où l'activité de l'eau ( $A_w$ ) est très basse (**Saker, 2015, Boudemagh, 2007**).

Le phylum des *Actinobacteries* comprend Cinq classe, 21 ordres et plus de 50 familles. Le principal ordre est celui des *Actinomycetales* regroupant à lui seul environ 45 familles et près de 290 genres (**Saker, 2015**).

Les *Actinobacteries* du sol sont surtout présents en surface, mais on peut les retrouver aussi à plus de 2 mètres de profondeur. Le nombre de ces microorganismes atteint généralement près de  $10^6$  germes par gramme de sol séché (**Boudemaghe, 2007**).

Dans le sol, de nombreuses *Actinobacteries* sont saprophytes et participent à la dégradation de la matière organique et à la formation de l'humus (**Saker, 2015**).

A titre d'exemple, dans les sols désertiques de Namibe le phylum le plus dominant c'est les *Actinobacteries*. Ce phylum présente une forte

homologie avec les *Rubrobacter*, *Artrobacter*, *Thermopolyspora* et *Streptomyces*. Parmi les *Actinobacteries*, certaines espèces sont omniprésentes dans ce type de sol, c'est le cas par exemple des espèces des genres *Streptomyces*, *Nocardia* et *Micromonospora*. Ceci n'empêche que de nombreuses autres espèces d'*Actinobacteries* moins courantes soient isolées des déserts, Il s'agit par exemple des espèces des genres *Kocuria* et *Frankia* (**Makhalanyan et al., 2015**).

### **III.2. Les Bactéroidetes**

Les *Bacteroidetes* sont des bacilles, Gram négatif, anaérobies (**Wexlar, 2007**). Elles comptent trois classes (*Bacteroides*, *Flavobacteria*, et *Sphingobacteria*), Trois ordres et 12 familles. Les genres les plus connus sont : *Bacteroides*, *Flavobacterium*, *Flexibacter* et *Cytophaga*. Les espèces des deux derniers genres sont mobiles par glissement (**Prescott et al., 2010**).

Ce phylum bactérien est très fréquent dans les sols désertiques. Par exemple, dans la vallée de la mort (en anglais : *Death valley*, Californie, États Unis d'Amérique) un certain nombre de phylotypes présentent une homologie élevée avec des membres de *Flavobacterium* et du genre *Adhaeribacter* de la classe *Sphingobacteria* (**Prestel et al., 2013**).

Les études d'isolement microbien à partir de sol désertique montre une abondance des espèces appartenant aux genre *Pontibacter* de la famille des *Cytophagaceae* (**Makhalanyan et al., 2015**).

Les souches appartenant au genre *Pontibacter*, isolées à partir du sol du désert de Taklamakan (Chine) ont montré une capacité de fixation de l'azote ce qui était une première pour ce genre bactérien (**Xu et al., 2014**). Il est intéressant de noter que les isolats de *Bacteroidetes* montrent une croissance optimale à des valeurs de pH élevées ce qui favorise leur

développement dans des sol désertiques connus pour leur caractère généralement neutre à alcalin (**Makhalanyan et al., 2015**).

### **III.3. Les Protéobactéries**

Les *Proteobacteries* est un phylum très important et extrêmement complexe. Les bactéries appartenant à ce phylla sont des Gram négatif qui se présentent sous forme de bâtonnets, de coques simple, de bourgeons, de graines ou peuvent même développer des fructifications complexes (**Prescott et al., 2010**).

La plupart sont mobiles grâce à un flagelle mais d'autre peuvent être immobiles ou se déplacent par glissement. Ce sont des anaérobies hétérotrophes. Certains d'autres sont photoautotrophes (comme dans le cas des bactéries pourpres) (<http://planete.gaia.free.fr>).

Actuellement, les *Proteobacteries* comptent environ 2000 espèces y compris des bactéries pathogènes telles que celles appartenant aux genres *Escherichia*, *Salmonella*, *Vibrio* et *Helicobacter*. D'autres encore sont responsables de la fixation biologique de l'azote. Ces espèces sont réparties sur 538 genres. Selon leurs séquences d'ARNr 16S, les *Proteobacteries* comprennent 5 classes : *Alphaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*, *Gammaproteobacteria*, *Deltaproteobacteria* et *Epsilonproteobacteria*. Les trois premières classe contiennent des bactéries photoautotrophes (**Prescott et al., 2010**).

Les *proteobactéries* sont très fréquentes dans les sols et certaines d'entre elles s'avèrent même dominantes dans le sol désertique (**Makhalanyan et al., 2015**).

En effet, étant capables de réaliser le processus de photosynthèse, certaines des espèces appartenant à ce phylum jouent un rôle vital dans les

environnements arides limités en nutriments (**Raymond, 2008. Boldareva-Nuianzina *et al.*, 2013**).

Il a également été démontré Que les isolats de Proteobacteries provenant du désert de Gobi (Chine), sont capables de transférer la capacité photosynthétique à des espèces bactériennes appartenant à d'autres phyla (Par exemple *Gemmatimonadetes*) et ce par transfert horizontal de gènes (**Zeng *et al.*, 2014**).

❖ D'autres phyla bactériens ont été également identifiés dans les environnements désertiques, il s'agit à titre d'exemple des (**Makhalanyan *et al.*, 2015**) :

- **Gammatimonadetes**

- **Firmicutes et des,**

- **Cyanobactéries**

### **III.4. Les Gammatimonadetes**

Les *Gammatimonadetes* ont été significativement corrélés aux sols à faible teneur en humidité (**Debruyne *et al.*, 2011**).

À ce jour, l'isolement de *Gemmatimonadetes* a été décrits seulement dans six sols arides ce qui entrave la détermination de leurs physiologies et par conséquent l'évaluation de leur impact fonctionnel. Malgré cela, l'abondance de ces taxons dans les sols arides implique leur importances (**Debruyne *et al.*, 2011**).

### **III.5. Les Firmicutes**

Ce sont des bactéries Gram négatif, pauvre en GC, hétérotrophes, sous forme de bâtonnet ou de coques. Parmi elles, seules les Mycoplasme sont pléomorphe (**Prescott *et al.*, 2010**).

Ce groupe de bactéries est vaste et très complexe. Il contient 1300 espèces réparties sur 255 genres. (**Prescott *et al.*, 2010**).

Les membres de ce phylum sont également bien représentés dans le sol désertique (**Teixeira *et al.*, 2010**). Certaines espèces de ce phylum telles que *Bacillus sp.*, *Paenibacillus sp.*, peuvent former des endospores qui facilitent la survie sous les conditions de dessiccation caractéristiques des déserts chauds (**Makhalanyan *et al.*, 2015**).

### **III.5. Les Cyanobactéries**

Les *Cyanobacteries* qui sont également appelés *Cyanophycées*, sont des bactéries photosynthétiques. Ce sont des Gram négatif, unicellulaires ou filamenteuse. Beaucoup d'entre elles sont mobiles par reptation grâce à des vésicules gazeuses (**Prescott *et al.*, 2010**).

Les *Cyanobacteries* renferment une seule classe (*Cyanobacteria*) et comptent environ 2000 espèces regroupées en près de 150 genres. Parmi les genres les plus courants on site : *Micocystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Aphanizomznon*, *Nodularia*, *Limnothrix* etc. (**<http://www.ecosociosystemes.fr>**).

Généralement, les espèces appartenant à ce phylla sont très tolérantes aux conditions extrêmes. Elles sont présentes dans tous les milieux terrestres et aquatiques. Il existe également des *Cyanobacteries* thermophiles vivant dans des températures très élevées (**Chan *et al.*, 2012**, **Singh *et al.*, 2017**). Elles sont impliquées dans les Cycles biogéochimiques

tels que l'utilisation de C ou de N et dans la réponse au stress (**Chan *et al.*, 2013**).

Certain membres de ce phylum ont une capacité de réparations pour résister à des niveaux élevés d'irradiation UV et de dessiccation (**Makhalanyan *et al.*, 2015**) d'où leur présence importante dans les sols sahariens.

## **I. Collection des échantillons de sol**

Les échantillons de sol (sable) ont été collectés à partir d'une dune située à la région de Biskra (Sud-est de l'Algérie) en mois de Février 2017. En utilisant des outils stériles, six (06) échantillons au total ont été collectés et nommés comme suit :

- Un échantillon collecté du **Sommet** de la dune appelé (**S**)
- Un échantillon collecté du côté **Nord** de la dune appelé (**N**)
- Un échantillon collecté du côté **Sud** de la dune appelé (**Su**)
- Un échantillon collecté du côté **Est** de la dune appelé (**E**)
- Un échantillon collecté du côté **Ouest** de la dune et appelé (**O**), et enfin :
- Un échantillon de la végétation existant sur la dune ciblant sa partie rhizosphérique et appelé (**V**). Ce dernier n'a été utilisé que dans l'étape d'isolement bactérien.

Pour chacun des échantillons, et donc chaque côté de la dune, trois prélèvements ont été réalisés ensuite mélangés pour n'en faire qu'un seul échantillon moyen. Ceci permet d'avoir une bonne vue d'ensemble sur le contenu bactérien de la dune.

Les échantillons du sol dunaire ont été prélevés à partir de la couche superficielle sans pour autant creuser dans les profondeurs. Ils ont été par la suite emballés dans des sacs stériles et transportés au laboratoire où ils étaient manipulés dans des conditions stériles tout au long du travail de recherche.

## **II. Techniques d'analyse physicochimique du sol**

Quelques caractères physicochimiques du sol étudié ont été déterminés. Il s'agit de sa teneur en :

- matière sèche
- humidité
- Matière organique et minérale et enfin ;
- Son pH a été mesuré.

## II.1. Estimation de la matière sèche

La «matière sèche » est le résidu sec obtenu par la dessiccation à l'étuve quand celle-ci est maintenue à 105° C pendant 8 à 12 h jusqu'à ce que le poids de l'échantillon devienne constant. La différence de poids correspond à la perte d'humidité et le résidu caractérise la teneur en matière sèche de l'échantillon.

Pour calculer cette valeur, 10 g de sol de chaque échantillon ont été placés dans des creusets spéciaux, secs et tarés ( $P_1$ ), puis mis dans une étuve à 105° C pendant 24 h.

Après la période d'incubation, les creusets ont été mis dans un dessiccateur (contenant un agent desséchant) pendant au moins une demi-heure pour refroidir dans une atmosphère sèche. A la fin de cette étape, le poids des creusets a été encore une fois pris ( $P_2$ ).

Pour calculé le %  $H_2O$  et % MS on à appliqué les règles suivantes :

**T** : représente le poids en (g) du creuset vide (Tare),  **$P_1$**  : représente le poids en (g) du creuset avant séchage (Tare+la quantité de 10 g de sol),  **$P_2$**  : représente le poids en (g) du creuset après séchage (Tare+résidus), **MF** : représente la matière fraîche (**MF=  $P_1-T$** ), **MS** : représente la matière sèche (**MS= $P_2-T$** ), le %  $H_2O = \frac{(MF-MS)}{MF} \times 100$ . % MS=100-% H.



**Figure 07** : Matière sèche dans le dessiccateur.

Le dessiccateur permet de faire refroidir les échantillons. La durée d'incubation doit être au moins d'une demi-heure.

## II.2. Estimation de la matière organique et minérale

Le principe consiste à placer l'échantillon déjà séché dans un four à moufle réglé à 550° C. Toute la matière organique contenue dans l'échantillon sera incinérée et la matière résiduelle constitue la matière minérale.

Ainsi, la matière sèche obtenue pour chacun des échantillons a été mise dans des creusets puis dans un four à moufle à 550° C pendant 24 h. Les échantillons ont été refroidis à l'intérieur du four pendant 4 h de temps ensuite mis dans un dessiccateur pendant au moins une demi-heure. Le poids des creusets a été par la suite pris après incinération ( $P_3$ ).

Pour calculé le % MO et % MM on applique les règles suivantes :

**T** : représente le poids en (g) du creuset vide (Tare),  **$P_2$**  : représente le poids en (g) du creuset après dessiccation (Tare + résidu),  **$P_3$**  : représente le poids en (g) du creuset après incinération (Tare+cendre), **MS** : représente la

matière sèche (**MS= P<sub>2</sub>-T**), **MO** : représente la matière organique (**MO=P<sub>3</sub>-T**), Le % **MO** =  $\frac{(MS-MO)}{MS} \times 100$ .      % **MM**= % MS-% MO.

### **II.3. Mesure du pH du sol**

Le potentiel d'Hydrogène, noté **pH** est la valeur de l'activité chimique des ions Hydrogène (H). Elle est mesurée en utilisant un pH-mètre.

Pour mesurer la valeur du pH de notre échantillon, le sol a été mis en suspension selon un rapport sol/eau égal à 1/2.5 (20 g de sable + 50 ml d'eau distillé). La suspension a été laissée décanter pendant 2 heures. L'électrode du pH mètre a été ensuite introduite dans le liquide surnageant jusqu'à approximativement 1cm au dessus du diaphragme puis la mesure a été réalisée. La valeur du pH est notée à la deuxième décimale après stabilisation de la lecture durant plusieurs secondes.

## **III. Techniques d'analyse microbiologique du sol**

### **III.1. Milieu de culture et conservation des souches bactériennes**

Les souches bactériennes décrites dans ce travail étaient toutes isolées et cultivées à 30°C en aérobiose sur milieu LB.

Le milieu riche LB (Luria Bertani) contient : extrait de levure 5g/L, Tryptone 10 g/L et NaCl 5 g/L (**Miller, 1972**). Le milieu solide correspondant contient 15 g d'agar par litre de milieu.

#### **III.1.1. Conditions de culture**

##### **III.1.1.1. Conditions d'enrichissement**

Dans des Erlenmeyers de 50 ml un gramme de chaque échantillon de sol ont été dissouts et homogénéisés dans 10 ml de LB ensuite incubés à 30° C

sous agitation pendant 6 h. Le temps d'incubation relativement court a été choisi pour réduire la dominance de certains groupes bactériens connus pour leur abondance dans le sol.



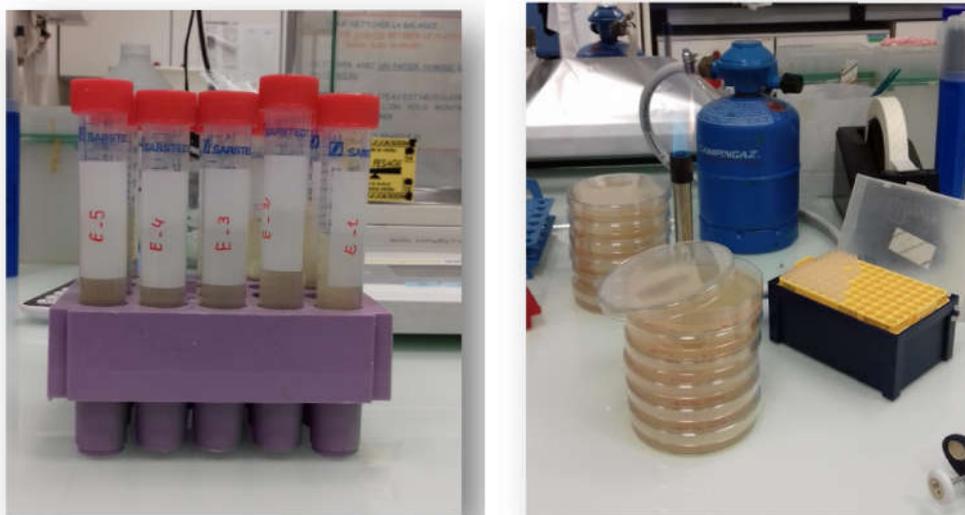
**Figure 08** : Enrichissements à partir des échantillons de sol.

Les enrichissements sont réalisés dans du milieu LB et incubés à 30° C sous agitation pendant 06 h.

### **III.1.1.2. Conditions d'isolement**

A partir des six enrichissements, des dilutions de  $10^{-1}$  à  $10^{-6}$  ont été réalisées. Chacune des dilutions a été ensuite re-diluée 100 fois. Puis, 100 $\mu$ l de chaque dilution ont été étalés sur des boîtes de Pétri contenant du LB agar. Pour chaque dilution, trois répliques ont été réalisées ensuite incubées à 30° C pendant 24 h.

Après incubation, des clones séparés et distincts ont été observés à partir de la dilution  $10^{-6}$ . Selon leur aspect macroscopique (couleur, forme, taille, viscosité...), les différents clones bactériens ont été distingués. Chaque clone différent a été ensuite cultivé séparément sur du LB agar dans les mêmes conditions décrites ci-dessus.



**Figure 09** : Dilutions et étalement sur milieu LB solide.

Les enrichissements sont dilués dans du milieu LB puis étalés sur boîtes de Petri contenant du LB-agar. L'incubation se fait à 30° C pendant 24 h.

### III.2. Techniques d'analyse microscopique

#### ❖ Coloration de Gram

C'est la coloration de base en bactériologie, qui permet d'observer les éventuelles bactéries présentes, les différencier en Gram positif et en Gram négatif selon leur morphologie et leur affinité tinctoriale et d'apprécier aussi leur abondance et leur regroupement.

En effet, le Violet de Gentiane se fixe sur des composants cytoplasmiques et après ce temps de coloration, toutes les bactéries sont violettes. Chez les bactéries à Gram négatif, la paroi riche en lipide, laisse passer l'alcool-acétone qui décolore le cytoplasme alors que, chez les bactéries à Gram positif la paroi constitue une barrière imperméable à l'alcool et le cytoplasme demeure coloré en violet.

Pour étudier les réponses des souches isolées et purifiées, un frottis de chacune a été réalisé ensuite fixé à la flamme. L'ensemble des frottis a été coloré au Violet de Gentiane puis laissé en contact avec le colorant

pendant 1 minute. Le colorant a été ensuite éliminé et rincer à l'eau. Une solution de Lugol a été alors rajoutée puis laissée agir environ 1 minute. Après rinçage à l'eau, de l'acétone a été versé à flot sur la préparation pendant environ 15 secondes puis rincer immédiatement à l'eau. La préparation a été par la suite recouverte par de la Fuschine puis laissée agir de 30 secondes à 1 minute et enfin lavée abondamment à l'eau.

Après Séchage avec du papier buvard ; les lames ont été observées sous microscope après avoir rajouté de l'huile d'immersion. L'Observation microscopique a été faite à l'objectif (G×100).

## **Chapitre I : Résultats des analyses physicochimiques**

### **I.1. Analyse physicochimique du sol étudié**

Le sol étudié a été collecté de la région de Biskra (sud-est de l'Algérie). De texture sableuse, il n'a pas été nécessaire de passer par des étapes de tri et de tamisage.

Afin d'avoir une vue globale sur l'ensemble de la dune, les échantillons ont été collectés des quatre points cardinaux ainsi que du sommet de la dune. En utilisant cette méthode d'échantillonnage, nous pouvons estimer les différences microbiologiques selon le changement des paramètres physicochimiques. En effet, les côtés de la dune ne sont pas soumis à la même température ni au même ensoleillement (et donc, rayonnement UV) et ne contiennent pas la même distribution de la couverture végétale ce qui influencerait fortement la qualité et la quantité des microorganismes qui y existent.

Nous avons alors décidé de commencer notre étude par la détermination du taux de la matière sèche, minérale et organique dans notre échantillon. Les valeurs respectives de ces paramètres nous permettront d'estimer le taux de dessiccation auquel les microorganismes en général et ; les bactéries en particuliers, sont soumis. Ceci nous permettra également d'avoir une idée sur la disponibilité de la matière nutritionnelle dans le milieu.

Pour entreprendre cette analyse, chaque échantillon du sol prélevé a été traité individuellement afin de pouvoir établir une comparaison entre les différentes parties de la dune. Ceci a été appliqué sur tous les paramètres. Les expériences ont été réalisées en trois répliques pour chacun des échantillons des différents côtés de la dune.

Ainsi, et si l'on prend l'échantillon collecté du côté Ouest « **O** » comme exemple, les calculs de la matière sèche, minérale et organique a été réalisé comme suit :

### **I.1.1. Taux de la matière sèche**

Après avoir mis 10 g de l'échantillon de sol « **O** » dans l'étuve à 105° C pendant 24 h, les creusets ont été placés pendant 30 min dans un dessiccateur afin de les refroidir. Le poids ( $P_2$ ) des creusets a été ensuite pris et les autres paramètres (Matière Fraîche 'MF', Matière Sèche 'MS' et le Pourcentage d'Humidité '%H<sub>2</sub>O') ont été calculés.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour cet échantillon:

**Tableau (01) :** Résultats de la mesure de la matière sèche et du pourcentage d'humidité obtenus pour l'échantillon « **O** »

Creuset	Tare (T)	$P_1$	$P_2$	MF	MS	% H <sub>2</sub> O
01	71.97	82.12	81.69	10.15	9.72	4.23
02	65.94	76.45	76.04	10.1	10.51	3.9
03	56.89	66.95	66.55	9.66	10.06	3.97

### **I.1.2. Taux de la matière minérale et de la matière organique**

Après avoir mis l'échantillon « **O** » déjà séché dans un four à moufle réglé à 550° C, toute la matière organique a été ainsi éliminée. Les creusets ont été par la suite placés pendant 30 min dans un dessiccateur et le poids ( $P_3$ ) a été pris. Le calcul des autres paramètres (Matière organique 'MO', Pourcentage de la matière organique '%MO' et le pourcentage de la matière minérale '% MM') a été réalisé.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour cet échantillon :

**Tableau (02) :** Résultats de la mesure de la matière minérale et de la matière organique obtenus pour l'échantillon « **O** » après incinération

Creuset	Tare(T)	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	MS	MO	% MO
01	71.97	81.69	81.49	9.72	9.52	2.05
02	65.94	76.04	75.80	10.10	9.86	2.37
03	56.89	66.55	66.34	9.66	9.45	2.17

En suivant la même méthode, les calculs ont été réalisés pour tous les échantillons de sol collecté. Les résultats obtenus sont comme le montre ce tableau récapitulatif :

**Tableau (03) :** Tableau récapitulatif des paramètres physicochimiques du sol étudié

Cotés	%d'humidité	% MS	% MO	% MM	pH
Nord ( <b>N</b> )	5.89	94.11	3.26	90.85	7.36
Sud ( <b>Su</b> )	3.77	96.23	2.45	93.78	7.40
Est ( <b>E</b> )	4.99	95.01	2.70	92.31	7.39
Ouest ( <b>O</b> )	4.23	95.97	2.19	93.78	7.38
Sommet ( <b>S</b> )	5.76	94.24	4.85	89.39	7.36
Moyenne	4.92	95.11	3.09	92.02	7.37

Selon le tableau, le taux d'humidité est plus important dans les échantillons « **N** » et « **S** ». Ceci s'applique aussi sur les taux de la matière organique. Pour cette dernière, les autres échantillons : « **E** », « **O** » et « **Su** » présentent presque des taux égaux. Nous pourrions alors s'attendre à trouver une flore bactérienne beaucoup plus riche dans les échantillons « **N** » et « **S** » que dans les autres, l'eau et les nutriments étant plus abondants.

Il est important de souligner que les taux de matière organique observés dans nos échantillons sont considérés comme élevés par rapport à ce qui est attendu d'un sol désertique. En effet, les taux habituels rencontrés dans ce type de sol ne dépassent pas 1 %. Cette observation pourrait être due au fait que le site d'échantillonnage contenait une quantité assez importante de débris végétaux.

En ce qui concerne le pH, les échantillons de sol présentent des valeurs presque similaires et qui tournent autour de la neutralité. Cette qualité est très favorable pour la communauté bactérienne qui préfère se proliférer dans des milieux neutres à alcalins et elle est bien en homologie avec ce qui a été apporté sur les pH des sols désertiques caractérisés par leur neutralité (**Hatimi and Tahrouch, 2007**).

## **Chapitre II : Résultats des analyses microbiologiques**

### **II.1. Analyse microbiologique du sol étudié**

Dans un deuxième temps, nous avons décidé d'établir une comparaison entre la biodiversité bactérienne des échantillons du sol collectés ainsi que de la partie végétation « V ». Ceci nous permet non seulement d'obtenir une idée générale sur la distribution de la flore bactérienne sur les différents côtés de la dune, mais aussi de confirmer ce qui a déjà été stipulé selon les résultats des analyses physicochimiques. En effet, suivant ces derniers, le côté Nord « N » et le Sommet « S » de la dune sont sensés être microbiologiquement plus riches que les autres échantillons. Il est également attendu que les racines des plantes collectées se montrent riches en bactéries vue les symbioses qui pourraient s'installer et la disponibilité des nutriments.

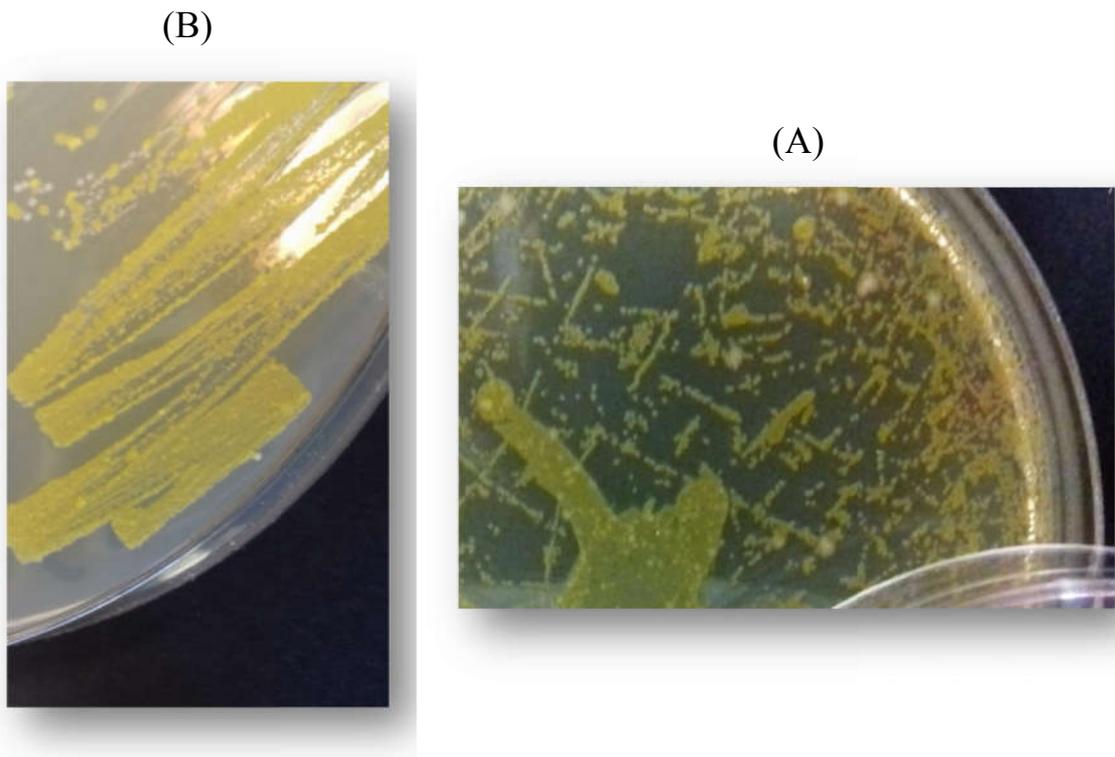
Pour confirmer ces hypothèses, des souches bactériennes ont été isolées à partir des différents échantillons.

Au total, uniquement huit (08) souches bactériennes distinctes ont été observées sur l'ensemble des échantillons étudiés. Le tableau suivant décrit les aspects macroscopiques des colonies de chacune des souches et détermine les échantillons où elles étaient observées.

**Tableau (04) :** Souches isolées à partir des différents échantillons de sol

Indice de la souche	Échantillon d'isolement	Description macroscopique
S1	Observée dans les échantillons : « N », « S », « O », « E », « Su » et « V ».	Colonies de taille très petite, arrondies, de couleur jaune et de texture visqueuse. Elles se présentent souvent en chainettes.
S2	Observée dans les échantillons : « N » et « O » uniquement.	Colonies très petite de taille, bien arrondies, de couleur blanche et de texture visqueuse.
S3	Observée exclusivement dans les échantillons : « E » et « O ».	Grosses colonies, d'aspect irrégulier, de couleur marron et de texture plus ou moins sèche.
S4	Observée uniquement dans l'échantillon : « O ».	Très petites colonies transparentes et brillantes.
S5	Observée dans les échantillons : « N », « S », « O », « E » et « Su »	Colonies moyennes de taille, arrondies, de couleur marron et de texture lisse et visqueuse.
S6	Observée uniquement dans l'échantillon : « Su ».	Colonies grosses, arrondies, de couleur blanche et de texture visqueuse et brillante.
S7	Observé dans les échantillons : « Su » et « V ».	Grosses colonies, d'aspect irrégulier, de couleur grisâtre avec une texture plus ou moins sèche à poudreuse.
S8	Observée uniquement dans l'échantillon : « Su ».	Très petites colonies, de couleur jaune, d'aspect irrégulier, bombées et plus ou moins sèches.

D'après le tableau (04), les souches (S1) et (S5) existent pratiquement dans tous les échantillons de sol et donc, sur tous les côtés de la dune. Ceci pourrait sous-entendre qu'elles représentent les souches dominantes du sol étudié et donc les mieux adaptées aux conditions de dessiccation et de haute température qui y règnent. Les figures 10 et 11 montrent l'aspect des colonies que génèrent ces deux souches respectivement.



**Figure 10** : Colonies correspondant à la souche 1 (S1).

(A): Isolement de la souche S1, sur cette figure il est bien montré la tendance des colonies S1 à pousser en « chainettes ».

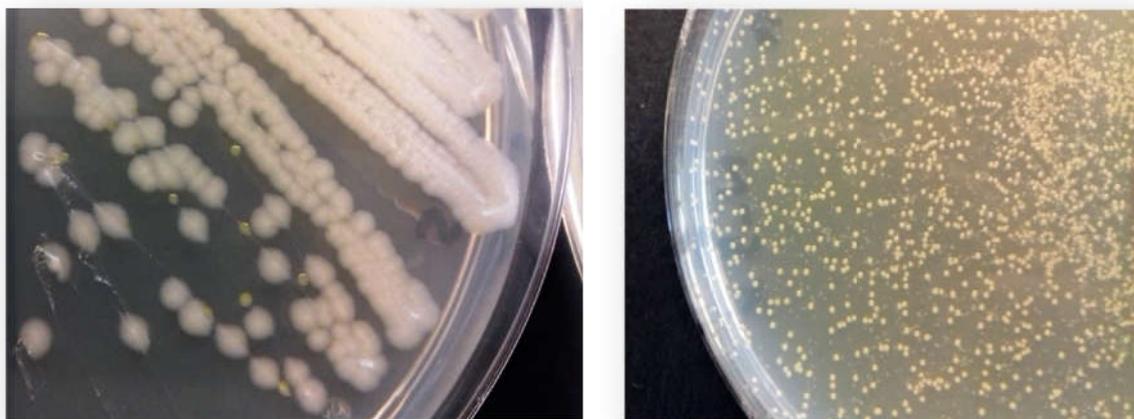
(B) : La souche S1 après purification.



**Figure 11** : Colonies correspondant à la souche 5 (S5).

Cette souche croît sous forme de colonies marron, arrondies et de taille moyenne avec un aspect visqueux et brillant.

Les souches (S6) et (S8) n'ont été isolées que du côté sud de la dune. Alors que la souche (S4) n'a été observée que dans l'échantillon collecté du côté Ouest de la dune. Les souches (S2) et (S3) étaient isolées à partir des échantillons « N », « O » et « E », « O » respectivement. La souche (S7) n'a été observée que dans l'échantillon collecté du côté « Su » de la dune et dans l'échantillon correspondant à la Végétation. Ces souches sont représentées dans les figures 12, 13, 14, 15.

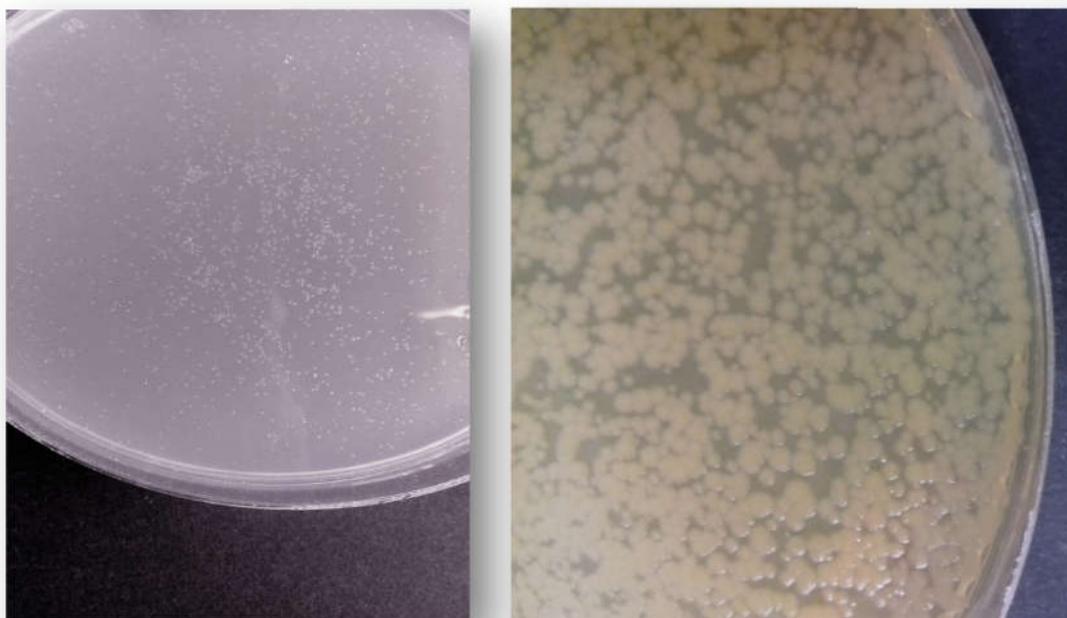


**Figure 12** : Colonies correspondant à la souche 6 (S6) et la souche 8 (S8). S6 à gauche et S8 à droite. Ces souches existent uniquement dans l'échantillon «Su».

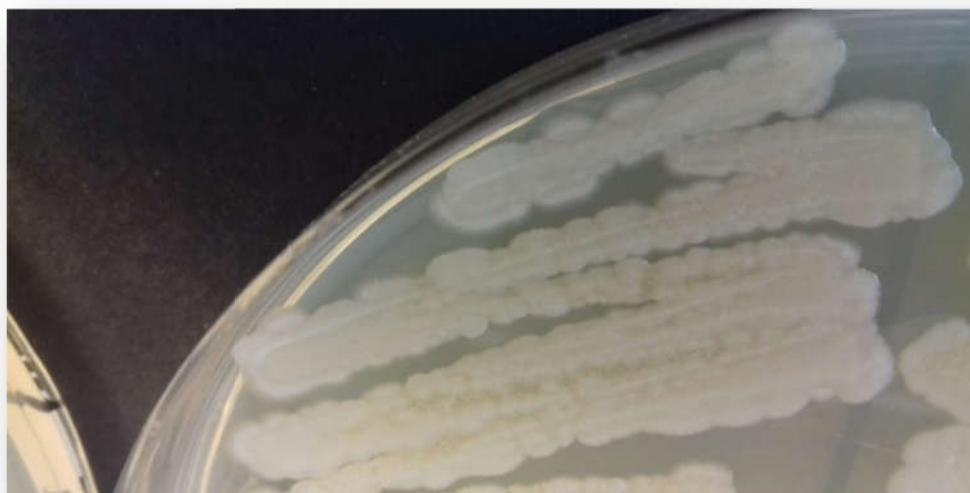


**Figure 13** : Colonies correspondant à la souche 4 (S4).

S4 existe uniquement dans l'échantillon « O » de la dune. Elle est sous forme de très petites colonies transparentes.



**Figure 14** : Colonies correspondant à la souche 2 (S2) à gauche et la souche 3 (S3) à droite. S2 est sous forme de petites colonies blanches. S3 présente des colonies marron plus ou moins sèches.



**Figure 15** : Colonies correspondant à la souche 7 (S7). S7 elle est sous forme des grosses colonies, d'aspect irrégulier, de couleur grisâtre avec une texture plus ou moins sèche à poudreuse.

Ces résultats démontrent que la distribution des souches sur la totalité de la dune est faite de manière hétérogène. Ceci pourrait être expliqué par le fait que les conditions physicochimiques ne soient pas les mêmes sur tous les côtés de la dune. En effet, l'exposition au soleil (et donc le degré de dessiccation) n'est pas le même d'une partie de la dune à l'autre. Par exemple, le sommet se trouve pratiquement sous le soleil tout au long de la journée. Ceci s'applique également sur le côté Est (échantillon « E ») qui reçoit les rayons du soleil pendant les parties les plus chaudes de la journée (matinée et début d'après-midi). Ces conditions influenceraient fortement la flore bactérienne du sol aussi bien qualitativement que quantitativement, ce qui pourrait bien expliquer la pauvreté des échantillons collectés de ces deux côtés de la dune particulièrement.

Les conditions physicochimiques ne sont pas les seuls à pouvoir influencer la richesse bactérienne du sol mais aussi et surtout, la disponibilité de la matière organique. Ainsi, en se basant sur les résultats de la mesure de la matière organique dans nos échantillons, on peut s'attendre à ce que les échantillons « N » et « S » soient les plus riches en matière de la flore bactérienne.

D'une manière surprenante et contrairement à ce qui était attendu, les échantillons « N » et « S » ne s'avèrent pas les plus peuplés en flore bactérienne mais plutôt les échantillons « O » et « Su ». Ces deux derniers contiennent des souches qui n'ont été observées que dans ces côtés de la dune.

Il est ainsi clair que la disponibilité de la matière organique n'est pas le seul facteur qui gère la variété de la population bactérienne. Le fait que les échantillons « O » et « Su » contiennent des souches particulières, qui ne sont pas rencontrées ailleurs, pourrait être expliqué par la capacité de ces dernières à supporter des conditions plus extrêmes notamment en matière d'élément nutritifs.

L'une des observations les plus inattendues, était également le nombre de souches isolées à partir de l'échantillon « V » qui correspond à la partie rhizosphérique de la végétation rencontrée au niveau de la dune.

En effet, seules deux souches ont été isolées à partir de cet échantillon. L'une était la souche (S1) dominante et présente sur toute la dune et l'autre était la souche (S7) rencontrée également sur le côté sud de la dune. Ces résultats ne sont pas en harmonie avec ce qui est décrit dans littérature. En effet, selon (**Dari, 2013**), la rhizosphère est l'endroit le mieux peuplé en bactéries en raison des échanges mutuels d'éléments minéraux et organiques entre la flore bactérienne et la plante.

La pauvreté de la population bactérienne rencontrée, ainsi que sa distribution inattendue rendent les résultats obtenus assez particuliers. Nous avons alors procédé à une deuxième étape qui nous permettrait de localiser dans un premier temps, les souches bactériennes isolées dans le monde des bactéries. Il s'agit de la coloration de Gram et de l'observation microscopique.

#### **❖ Coloration de Gram des souches isolées et observation microscopique**

La coloration de Gram est l'une des techniques de base en microbiologie. Elle nous permet de déterminer la nature de la paroi bactérienne et de classer la souche étudiée avec les Gram positif, caractérisés par une paroi rigide et riche en peptidoglycane, ou avec les Gram négatif, caractérisés par une paroi mince et pauvre en peptidoglycane. Ce dernier étant le composé inouï et rencontré uniquement chez les bactéries. Cette technique nous instruit également sur la forme des cellules bactériennes et leur mode de regroupement.

Les souches isolées à partir des différents échantillons de sol ont été soumises à cette technique de coloration. Les résultats obtenus sont comme présentés dans le tableau (05).

**Tableau (05) :** Résultats de la coloration de Gram des différentes souches isolées à partir du sol désertique

<b>Souche</b>	<b>Gram</b>	<b>Forme</b>	<b>Mode de regroupement</b>
<b>S1</b>	-	Bacilles	En chaînettes ou isolé
<b>S2</b>	-	Bacilles	En chaînettes ou isolé
<b>S3</b>	-	Cocci	En amas
<b>S4</b>	+	Bacilles	En chaînettes
<b>S5</b>	+	Bacilles	En chaînettes
<b>S6</b>	+	Cocci	En amas
<b>S7</b>	-	Cocci	En chaînettes
<b>S8</b>	+	Bacilles	Isolés

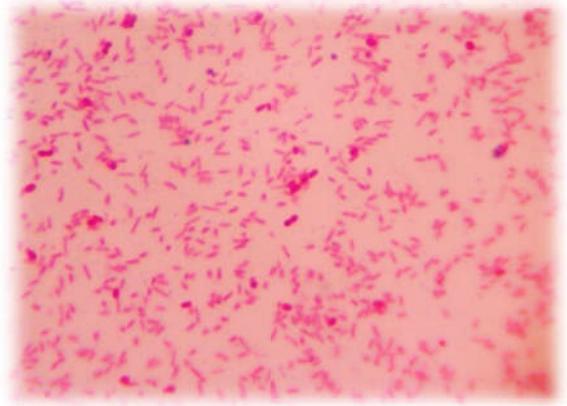
Les souches isolées se présentent principalement sous forme de bacilles, regroupés en chaînettes. C'est le cas des souches dominantes (S1) et (S5), la première étant Gram négatif et la deuxième Gram positif.

Les souches (S3), (S6) et (S7) sont des cocci se présentant sous microscope sous forme d'amas ou en chaîne. Alors que (S3) et (S7) sont des Gram négatif, (S6) appartient aux Gram positif. La souche (S8) est une bactérie Gram positif dont les cellules se trouvent isolées les une des autres. La souche (S2) se montre sous forme de bacilles Gram négatif isolés ou en chaînettes.

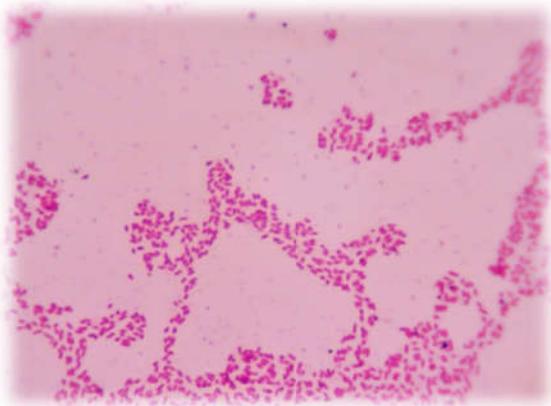
La figure 15 montre les photos prises suite à cette expérience.



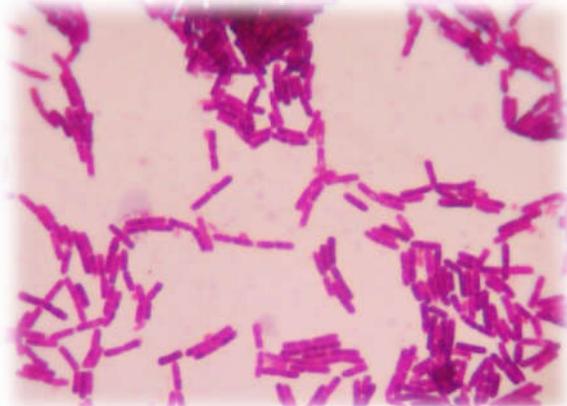
**S1**



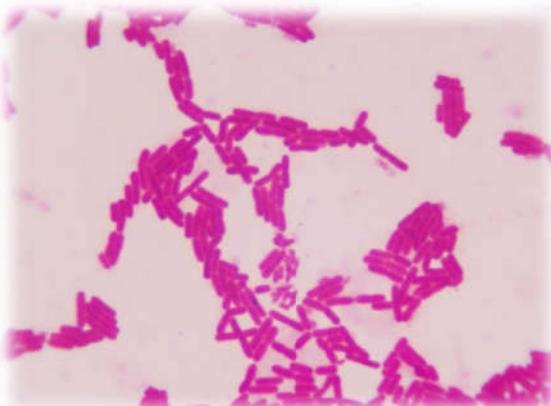
**S2**



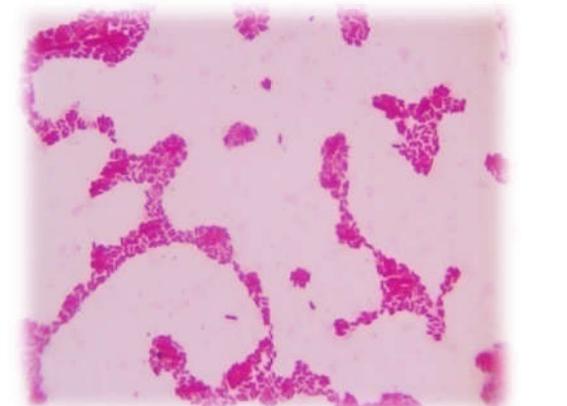
**S3**



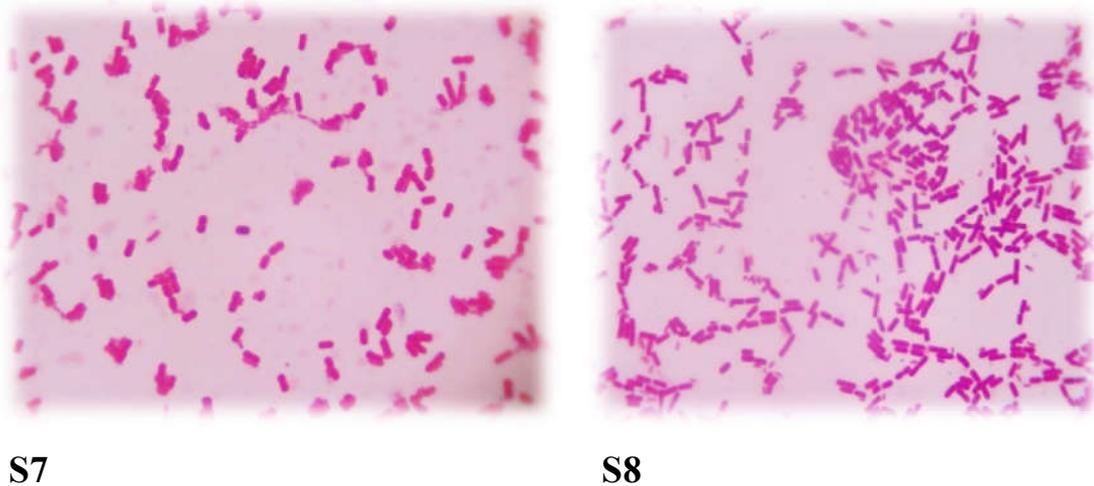
**S4**



**S5**



**S6**



**Figure 16** : Observations microscopiques des différentes souches isolées après coloration de Gram ( $G \times 100$ ).

S : Souche suivie du numéro d'indication.

Il est alors observé une distribution égale des souches Gram positif et négatif. La littérature décrit aussi bien des bactéries Gram positif que négatif comme étant très résistantes aux différentes conditions de stress. C'est le cas des bactéries appartenant aux genres *Bacillus* ou *Pseudomonas* à titre d'exemple.

Les résultats obtenus suite à la coloration de Gram sont intéressants mais demeurent de loin, insuffisants et très peu informatifs. Ils ne nous renseignent pas sur la nature des souches rencontrées ni sur leur classification phylogénétiques. Pour y arriver, d'autres techniques biochimiques (telles que les tests des galeries API) ainsi que moléculaires (analyse de la séquence du gène codant l'ARNr 16S) seraient d'un très grand apport.

Cette petite étude n'est alors que le premier pas dans la découverte du monde bactérien d'un milieu assez particulier et surprenant, celui du Sahara Algérien.

Il serait très intéressant de continuer les études et de pouvoir identifier les souches déjà décrites. Ces dernières étant de grande capacité de résistance, pourraient même être utilisée pour enrichir et remédier certains sols qui étaient dévastés par des pratiques humaines.

## **Conclusion générale**

Le sol désertique était supposé comme un milieu stérile à cause de ses conditions extrêmes. Malgré ces conditions défavorables il existe des microorganismes dans le sol dunaire.

A partir des études que nous avons fait (Analyses physicochimiques et microbiologiques) sur les différents cotés de la dune et l'échantillon de la végétation autochtone, nous avons pu montrer que le sol désertique englobe une population bactérienne plus ou moins diversifiée.

Les résultats obtenus suite aux analyses physicochimiques des différents échantillons (Sommet (**S**), Nord (**N**), Sud (**Su**), Est (**E**) et Ouest (**O**)) montrent que le sol étudié est caractérisé par :

- Un taux d'humidité plus important dans les échantillons Nord « **N** » et Sommet « **S** » alors que les autres échantillons Est « **E** », Ouest « **O** », Sud « **Su** » présentent presque des taux égaux. Ceci s'applique aussi sur les taux de la matière organique.
- Un pH qui tourne autour de la neutralité.

Les analyses microbiologiques du sol collecté ainsi que la partie végétation montrent la présence de souches bactériennes qui seraient ainsi résistantes aux conditions extrêmes du milieu.

La distribution des souches sur la totalité de la dune est faite de manière hétérogène ce qui pourrait être expliqué par le fait que les conditions physicochimiques ne soient pas les même sur tous les cotés de la dune.

Les souches «S1» et «S5» existent pratiquement dans tous les échantillons, elles seraient donc les souches dominantes du sol étudié et alors les mieux adaptées aux conditions extrêmes.

Pour l'échantillon de végétation, uniquement deux souches distinctes ont été observées au niveau des racines des plantes. Ce résultat ne correspond pas à ce qui est connu dans littérature.

Les résultats des analyses microscopiques (la coloration de Gram) montrent que les souches isolées à partir des différents échantillons de sol se présentent sous différentes formes (Bacilles ou cocci) regroupés en chaînettes, isolé ou en amas avec une distribution égale des souches Gram positif et Gram négatif.

La présence d'une telle diversité dans un écosystème aussi pauvre et aride implique la capacité de ces organismes vivants à utiliser divers mécanismes de résistance afin de s'adapter aux conditions extrêmes qui les entourent.

Il serait très intéressant de pouvoir identifier les souches isolées dans ce travail et déterminer leurs liens phylogénétiques ainsi que les mécanismes qu'elles pourraient utiliser pour faire face aux différents stress de leur écosystème.

## Références bibliographiques

**Aubert, G. (1960).** Les sols de la zone aride, étude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation. UNESCO/NS/AZ/514 colloque de paris communication, (5) : 1-30

**Bendhia, M.H. (1998).** Quelques particularités de l'utilisation du sable de dune en construction routière en milieu Saharien. *Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées* : 33-42

**Berkal, I. (2006).** Contribution à la connaissance des sols du Sahara d'Algerie. Mémoire de magister : Sciences agronomique. Institut National Agronomique : I-N-A EL HARRACH- ALGER, 108p.

**Boldareva-Nuianzina EN., Bl 'ahov'a Z., Sobotka R., et al (2013).** Distribution and origin of oxygen-dependent and oxygenindependent forms of Mg-protoporphyrin monomethylester cyclase among phototrophic proteobacteria. *Appl Environ Microb*, 79:2596–604.

**Boudemagh, A. (2007).** Isolement, à partir des sols Sahariens, de bactéries Actinomycétales productrices de molécules antifongiques, identification moléculaire de souches actives. Thèse de doctorat : Microbiologie Appliquée. Département des sciences de la nature et de la vie : Université Mentouri Constantine, 108p.

**Chan, Y., Lacap, D.C., Lau M.C., et al (2012).** Hypolithic microbial communities: between a rock and a hard place. *Environmental microbiology*, 14. (9) : 2272-2282

**Chanal, A., Chapon, V., Benzerara, K., et al (2006).** The desert of Tataouine: an extreme environment that hosts a wide diversity of microorganisms and radiotolerant bacteria. *Environ Microbiol*, 8 : 514–25

**Chehma, A. (2005).** Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien cas des régions de Ouagla et Ghardaia. These de doctorat : Biologie appliquée. Département de biologie : Université Badji Mokhtar-Annaba, 148p.

**Chen, L., Deng, S., De Philippis, R., et al (2013).** UV-B resistance as a criterion for the selection of desert microalgae to be utilized for inoculating desert soils. *J Appl Phycol*, 25:1009–15

**Choplin, A. and Drozd, M. (2009).** Des deserts d'hommes ? Approche géographique d'un milieu dit hostile. *Présentation lacito journée désert* : 1-9

**Connon, SA., Lester, ED., Shafaat HS., et al (2007).** Bacterial diversity in hyperarid Atacama Desert soils. *J Geophys Res-Biogeophys*, 112:G04S17

**Dari, R. (2013).** Dénombrement de la biomasse microbienne des sols arides exemple d'un sol salé sous deux types de cultures. Mémoire de fin d'études : Science agronomique. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers : Université Kasdi Merbah-Ouargla, 52p.

**Debruyne, JM., Nixon, LT., Fawaz, MN., et al (2011).** Global biogeography and quantitative seasonal dynamics of Gemmatimonadetes in soil. *Appl Environ Microbiol*, 77:6295–300

**Duviviers, Ch. (1860).** Dans *La forêt charbonnière (carbonaria silva)* publié à Bruxelles, par EMM Devroye, imprimeur du roi (= extrait du tome II de la Revue d'histoire et d'archéologie). 403p

**Fierer, N., Strickland, MS., Liptzin, D., et al (2009).** Global patterns in belowground communities. *Ecol Lett*, 12:1238–49

**Gunnigle, E., Frossard, A., Ramond, J.B., et al (2017).** Diel-scale temporal dynamics recorded for bacterial groups in Namib desert soil. *Scientific Reports*, 7: 1-12

**Hatimi, A. and Tahrouch, S. (2007).** Caractérisation chimique, botanique et microbiologique du sol des dunes littorales du Souss-Massa. *Biomates Echo*, 2. (5) : 85-97

**Hauke-pacewiczowa, T., Balandrea, J. and Dommergues. (1969).** Fixation microbienne de l'azote dans le sol Salin Tunisien. *Soil Biol. Biochem*, 2: 47-53

**Kouzmine, Y. (2008).** L'action publique et les réseaux de transport au Sahara Algérien, étape d'une intégration territoriale pour un développement régional. *Colloque international de l'ASRDLF*: 1-14

**Lester, ED., Satomi, M. and Ponce, A. (2007).** Microflora of extreme arid Atacama Desert soils. *Soil Biol Biochem*, 39:704–8

**Makhalanyane, T.P., Valverde, A., Gunnigle, E., et al (2015).** Microbial ecology of hot desert adaphic systems. *FEMS Microbiology reviews*, 39: 203-221

**Miller, J.H. (1972).** Experiments in molecular genetics. Cold Spring Harbor Laboratory

**Nielsen, U.N. and Ball, B.A. (2015).** Impacts of altered precipitation regimes on soil communities and biogeochemistry in arid and semi-arid ecosystem. *Global change biology*, 21: 1407-1421

**Pointing, S.B. and Belnap, J. (2012).** Microbial colonization and controls in dryland systems. *Nature Reviews Microbiology*, 10: 551-562

**Prescotte. Harley. Klein. et al (2010).** Microbiologie. Bruxelles : De Boeck université rue des minimes. 1088p.

**Prestel, E., Regard, C., Salamitou, S., et al (2013).** The bacteria and bacteriophages from a Mesquite Flats site of the Death Valley desert. *Anton Leeuw*, 103:1329–41.

**Prieur, D., Erauso, G., and Jeanthon, C. (1995).** Hyperthermophilic life at deepsea hydrothermal vents. *Planet Space Sci*, 43, (1-2): 115–22

**Pudasaini, S., Wilson, J., Ji, M., et al (2017).** Microbial Diversity of Browning Peninsula, Eastern Antarctica Revealed Using Molecular and Cultivation methods. *Frontiers in Microbiology*, 8 : 591

**Raymond, J. (2008).** Coloring in the tree of life. *Trends Microbiol*, 16 : 41–3

**Saker, R. (2015).** Recherche de nouveaux taxon d'actinobactéries halophiles des sols Saharien et potentialités. Thèse de doctorat : Microbiologie. Département de microbiologie : Université Farhat Abbas Sétif 1, 174p.

**Singh, R., Parihar, P., Singh, M., et al (2017).** Uncovering Potential Application of Cyanobacteria and Algal Metabolites in Biology, Agriculture and Medicine: Current Status and Future Prospects. *Frontiers in Microbiology*, 8: 515

**Teixeira LCRS., Peixoto RS., Cury JC., et al (2010).** Bacterial diversity in rhizosphere soil from Antarctic vascular plants of Admiralty Bay, maritime Antarctica. *ISME J*, 4:989–1001

**Wexlar, H.M (2007).** Bacteroides : the Good, the Bad, and the Nitty-Gritty. *Clinical Microbiology Reviews*, 20. (4): 593-621

**Wolf, B01. Del Rio, CM. (2003).** How important are columnar cacti as sources of water and nutrients for desert consumers ? A review. *Isotopes Environ Health Stud*, 39. (1): 53-67

**Xu, L., Zeng, X-C., Nie, Y., et al (2014).** *Pontibacter diazotrophicus* sp. nov., a novel nitrogen-fixing bacterium of the family Cytophagaceae. *PLoS One*, 9:e92294

**Zablocki, O., Adriaenssens, E.M. and Cowan, D C. (2016).** Diversity and ecology of viruses in hyper arid desert soils. *Applied and environmental Microbiology*, 82. (3) : 770-777

**Zeng, Y., Feng, F., Medov'ah., et al (2014).** Functional type 2 photosynthetic reaction centers found in the rare bacterial phylum Gemmatimonadetes. *P Natl Acad Sci USA*, 111:7795–800

## Sites électroniques

**BOURRELLY., LEFEUVRE.** CYANOBACTÉRIES ou CYANOPHYCÉES, and. ALGUES BLEUES. *Encyclopædia Universalis* [en ligne]. (29 avril 2017). URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/cyanobacteries-cyanophycees-algues-bleues/Luxorion>.

**Info clima.** Normales et records pour la période 2008-2016 à ARAK (MINIET). (24 mars 2017). URL: <http://www.infoclimat.fr/stations-meteo/climato-moyennes-records.php?staid=60660&redirect=1&from=2008&to=2016>

**Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer Commissariat général au Développement durable.** Indicateurs & Indices, Environnement ,Données de synthèse sur la biodiversité, État de la biodiversité ordinaire et remarquable, La microflore du sol. (12 mai 2017). URL : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/indicateurs-indices/f/1964/1115/microflore-sol.html>

**Archives de documents de la Food and Agriculture Organization (FAO).** Foresterie en zones arides. (23 mars 2017). URL : <http://www.fao.org/docrep/t0122f/t0122f03.htm>

**David Emerson, Jeremy A. Rentz, Timothy G. Lilburn, Richard E. Davis, Henry Aldrich, Clara Chan & Craig L. Moyer,** 2007 : *A Novel Lineage of Proteobacteria Involved in Formation of Marine Fe-Oxidizing Microbial Mat Communities.* PLoS ONE 2. (29 avril 2017). URL: <http://planete.gaia.free.fr/microbio/bacteriologie/paleo.bact/proteobacteries.html>

**Le polymorphisme du monde.** (26 mars 2017). URL : <http://www.astrosurf.com/luxorion/seti-polymorphisme7.htm>

**Michel,M.** Cyanobactéries (29 avril 2017). URL : <http://www.ecosociosystemes.fr/cyanophycees.html>

## Figures

**Algiee-mode.com.**Gigantesque dunes de sable dans le Sahara en Algérien. [Photo] **In** : Sahara Algérie-le Désert du Sahara Algérien- Algérie Monde. Disponible sur < <http://www.algerie-monde.com/sahara/sahara-algerie.jpg> > (Consulté le 28 mars 2017).

**Membre de Click-FR®, Réseau francophone Paie-Par-Click.** Oseille sauvage (*Rumex vesicarius*).[Photo] **In** : La végétation du Sahara. Disponible sur :< <http://nezumi.dumousseau.free.fr/alg/veget.htm> > (Consulté le 28 avril 2017).

**Piwigo.** *Euphonia confinalis*.(28 août 2009).[Photo] **In** : Plantes et fleurs par type et genres/ Plants désert et succulentes. Disponible sur :<<http://www.revenaturel.com/piwigo/index.php?/category/Succulentes> > (Consulté le 28 avril 2017).

**Wikipédia, l'encyclopédie libre.** Région ayant un climat désertique chaud. (3 avril 2011). [Carte] **In** :Climat désertique-wikipédia. Disponible sur :<[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fe/Koppen\\_World\\_Map\\_BWk.png/220px-Koppen\\_World\\_Map\\_BWk.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fe/Koppen_World_Map_BWk.png/220px-Koppen_World_Map_BWk.png)> (Consulté le 24 mars 2017).

**Wikipédia, l'encyclopédie libre.** Région ayant un climat désertique froid. (3 avril 2011). [Carte] **In** :Climat désertique-wikipédia. Disponible sur :<<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fe/Koppen>

[\\_World\\_Map\\_BWk.png/220px-Koppen\\_World\\_Map\\_BWk.png](#)>

(Consulté le 24 mars 2017).

## Résumé

Le Sahara algérien occupe une place très importante sur le plan géographique, économique et environnemental. Ce milieu désertique extrême représente une vraie richesse écologique. Cependant, il n'a été que rarement étudié. Le sol du Sahara algérien demeure inconnu sur le plan microbiologique. Nous nous sommes alors intéressés à l'étude de ce milieu assez particulier.

Pour entreprendre ce sujet, des échantillons de sol ont été prélevés à partir d'une dune sableuse située à la région de Biskra (sud-est algérien). Six échantillons de sol au total ont été prélevés ensuite transportés au laboratoire dans des conditions stériles.

D'abord, une étude des caractères physicochimiques du sol collecté a été réalisée et les taux de la matière sèche, minérale et organique ont été mesurés.

A partir des différents échantillons, des isolements des souches bactériennes ont été ensuite réalisés. Pour ce, des cultures sur milieu LB, en aérobie ont été faites. Huit souches d'aspects macroscopiques distincts ont été observées. Il a été remarqué que la distribution des souches bactériennes est faite d'une manière hétérogène sur la dune. Certains endroits sont microbiologiquement plus riches que d'autres. D'une manière surprenante, les côtés de la dune les plus peuplés en matière de bactéries ne sont pas les plus riches en matière organique ce qui ne correspond pas à nos attentes. D'une autre part, uniquement deux souches distinctes ont été observées au niveau des racines des plantes autochtones. Ce résultat ne correspond pas à ce qui est connu dans la littérature.

Pour finir, une coloration de Gram a été réalisée sur toutes les souches isolées. Les souches Gram positif et Gram négatif ont été déterminées ainsi que la forme de leurs cellules et le mode de leur regroupement.

Cette étude ne peut être qu'un simple premier pas dans un long chemin à faire pour pouvoir comprendre l'architecture de la population bactérienne de ce milieu extrême. Ceci demande l'application de différentes techniques biochimiques et moléculaires telles que l'analyse du gène codant l'ARNr 16S des souches isolées afin de pouvoir les identifier et déterminer leur capacité de résistance mais aussi leurs utilisations éventuelles.

**Mots clés :** Sol Saharien, Microflore bactérienne d'un sol désertique, Condition extrême.

## ملخص

صحراء الجزائر تشغل مساحة شاسعة من الموقع الجغرافي الاقتصادي و البيئي. هذا الوسط الصحراوي القاسي يحتوي على ثروة بيئية حقيقية. و مع ذلك نادرا ما يتم دراسة هذه البيئة الصحراوية . تربة الصحراء الجزائرية ذات تركيبة ميكروبيولوجية غير معروفة، لهذا اهتمنا بدراسة هذا الوسط.

من اجل دراسة هذا الموضوع،أخذنا مجموعة عينات من الكثبان الرملية التي تقع في منطقة بسكرة (جنوب شرق الجزائر). خمسة عينات من الكثبة رملية و عينة من النبات أخذناها و نقلناها إلى المخبر ضمن شروط وقائية.

أولا، قمنا بمجموعة من التحاليل الفزيوكيميائية التي تمكننا من حساب نسبة المادة الجافة، المادة العضوية و المعدنية.

من خلال مختلف العينات، قمنا بعزل السلالات البكتيرية التي تمت زراعتها في الوسط مغذي (لب) في وجود الأكسجين. لاحظنا وجود ثمانية مظاهر ماكروسكوبية التي نستنتج من خلالها ان السلالات البكتيرية تتوزع بطريقة غير متجانسة فوق الكثبة الرملية. رغم ذلك نلاحظ ان هناك بعض الأماكن تمتاز ببراء ميكروبيوجي بالمقارنة مع الأماكن الأخرى. من جهة أخرى على مستوى العينة النباتية نلاحظ تواجد سوى اثنان من السلالة البكتيرية هذه النتيجة لا تتوافق مع ما هو معروف في المراجع.

و في النهاية قمنا بتلوين (غرام) على جميع السلالات المعزولة لتصنيفها و تحديد شكلها و طريقة تجمعها.

هذه الدراسة لا يمكن ان تكون خطوة بسيطة في طريق طويل لنقطعه لفهم المستعمرات البكتيرية في هذه البيئة القاسية مما يتطلب استخدام تقنيات أخرى أكثر دقة و تطور لا سيما تلك المرتبطة بالبيولوجيا الجزيئية.

الكلمات المفتاحية: التربة الصحراوية، بكتيريا التربة الصحراوية، الظروف الصعبة.

**THÈME : ÉVALUATION DE LA BIODIVERSITÉ BACTÉRIENNE D'UN SOL DUNAIRE DU  
SUD ALGÉRIEN (RÉGION DE BISKRA)**

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Microbiologie Générale et Biologie Moléculaire des Microorganismes.

**Résumé**

Le Sahara algérien occupe une place très importante sur le plan géographique, économique et environnemental. Ce milieu désertique extrême représente une vraie richesse écologique. Cependant, il n'a été que rarement étudié. Le sol du Sahara algérien demeure inconnu sur le plan microbiologique. Nous nous sommes alors intéressés à l'étude de ce milieu assez particulier.

Pour entreprendre ce sujet, des échantillons de sol ont été prélevés à partir d'une dune sableuse située à la région de Biskra (sud-est algérien). Six échantillons de sol au total ont été prélevés ensuite transportés au laboratoire dans des conditions stériles. D'abord, une étude des caractères physicochimiques du sol collecté a été réalisée et les taux de la matière sèche, minérale et organique ont été mesurés. A partir des différents échantillons, des isolements des souches bactériennes ont été ensuite réalisés. Pour ce, des cultures sur milieu LB, en aérobiose ont été faites. Huit souches d'aspects macroscopiques distincts ont été observées. Il a été remarqué que la distribution des souches bactériennes est faite d'une manière hétérogène sur la dune. Certains endroits sont microbiologiquement plus riches que d'autres. D'une manière surprenante, les côtés de la dune les plus peuplés en matière de bactéries ne sont pas les plus riches en matière organique ce qui ne correspond pas à nos attentes. D'une autre part, uniquement deux souches distinctes ont été observées au niveau des racines des plantes autochtones. Ce résultat ne correspond pas à ce qui est connu dans la littérature. Pour finir, une coloration de Gram a été réalisée sur toutes les souches isolées. Les souches Gram positif et Gram négatif ont été déterminées ainsi que la forme de leurs cellules et le mode de leur regroupement. Cette étude ne peut être qu'un simple premier pas dans un long chemin à faire pour pouvoir comprendre l'architecture de la population bactérienne de ce milieu extrême. Ceci demande l'application de différentes techniques biochimiques et moléculaires telles que l'analyse du gène codant l'ARNr 16S des souches isolées afin de pouvoir les identifier et déterminer leur capacité de résistance mais aussi leurs utilisations éventuelles.

**Mots clés :** Sol Saharien, Microflore bactérienne d'un sol désertique, Conditions extrêmes.

**Laboratoire de recherche :** Laboratoire de Mycologie, de Biotechnologie et des Activités Microbiennes.

Jury d'évaluation :

**Président du jury :** M. HADDI Mohamed-Laid (Professeur – UFM Constantine),  
**Rapporteur :** M<sup>elle</sup> ARABET Dallel (Maître de conférence - UFM Constantine),  
**Examineur :** M<sup>elle</sup> BOUCHLOUKH Warda (Maître Assistant - UFM Constantine).

**Date de soutenance :** 11/06/2017

