

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



Mémoire de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Végétale et Environnement

Présenté par : Mme **DJOUDEK Katia**

M^{elle} KIBBOUA Wissam

Thème

Caractérisation microbiologique des poussières sahariennes
transportées en surface du sol du bas Sahara

Soutenu publiquement

Le : 25/06/2018

Devant le jury :

Président	M. CHAICHE Khaled	M.C.B (UKM Ouargla)
Examineur	M. KHEMGANI Mohamed Abdelmalek	M.A.A (UKM Ouargla)
Promoteur	M. HAMDI-AÏSSA Baelhadj	Professeur (UKM Ouargla)
Co-promoteur	M. KARABI Mokhtar	M.C.B (UKM Ouargla)

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

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 en premier lieu, notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à notre promoteur M. HAMDI-AISSA Baelhadj, Professeur à l'université de Ouargla pour ses conseils, son aide et sa disponibilité qui ont permis à la concrétisation de ce travail.

Nous tenons également à remercier notre Co-Promoteur M. KARABI Mokhtar maître de conférence B à l'université d'Ouargla pour sa contribution concrète, son aide et ses conseils afin de terminer ce travail.

Nos remerciements vont aussi à M. CHAICHE Khaled et M. KHEMGANI Mohamed Abdelmalek pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements vont également à Melle Houria Mesrouk, Melle Amina Ben Zide et M. Zakaria Badlis pour leurs aides, qu'ils nous ont apportées.

Nos sincères remerciements vont aux personnels et aux chercheurs du laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques, à leur tête Monsieur le Pr. Hadj-Mahfoud Mahamed pour l'accueil.

Nos sincères remerciements vont à toute l'équipe du service du laboratoire de pédologie et microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie, pour leur précieuse aide.

Enfin, un grand merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma chère maman pour son amour infini, pour son soutien incorporable, pour sa compréhension qui n'a pas d'équivalent, avec mes sentiments d'amour et de respect les plus chaleureux,

Mon cher père, à qui je dois tant et tout, symbole du courage et de sacrifice, sa patience et son aide qui m'ont toujours encouragé et soutenu au cours de la période de mes études, je souhaite que ce travail soit un témoignage de ma profonde affection et reconnaissance du sacrifice de mon père.

Mon frère Imad Eddine qui n'a cessé d'être pour moi un exemple de persévérance, de courage et de générosité.

Mon fiancé Oussama que dieu le protège.

Mon binôme Katia qui m'a toujours soutenue et qui a fait son travail par excellence

Mon amie Khawla qui est une vraie sœur et qu'elle a toujours été là pour moi.

Mes amies Dihia, Abir et Fathia.

Mes professeurs HAMDI AISSA Baelhadj et KARABI mokhtar qui devons voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

A tous ceux qui j'aime dans le monde

KIBBOUA Wissam

Dédicaces

C'est avec toute l'ardeur de mes sentiments que je dédie ce modeste travail, qui est le fruit de ma profonde reconnaissance à :

Mes parents, que dieu les garde et les protège.

Mon frère M^{ed} Nadime et mes sœurs Kahina, Lina et Maria.

A mon mari M^{ed} Zakaria source de mon espoir et de mon courage.

A mes familles : Djouder, Bellout et Benslimane.

A mon binôme Wissam qui a fait son travail par excellence.

Mes chères : Lycia, Amel, Djihad, Amina

Sarah, Radja.

*A Mes professeurs Mr HAMDI-AISSA Baelhaj et M. KARABI
mokhtar qui devons voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien
acquis*

Et tous ceux que j'aime dans le monde.

Djouder Katia

Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
Tableau I	Conditions de culture des différents groupes de microorganismes étudiés	11
Tableau II	Caractéristiques physico-chimiques du sol des deux stations d'étude	13
Tableau III	Résultats de dénombrement microbien des sols dans les deux stations étudiées	17

Liste des figures

N°	Figure	Page
01	Sites d'échantillonnage des poussières sahariennes	04
02	Piège à sable pour échantillonnage des particules du sol transportées par le vent (poussières)	06
03	Préparation des suspensions dilutions du sol.	10
04	Modèle conceptuel d'un agrégat montrant les emplacements potentiels des micro-organismes (Acrosta-Martinez et al., 2015)	15
05	Les modes de transport des particules du sol sous l'action du vent ; la taille des particules concernées par chacun des processus est indiquée (d'après Pye, 1987, modifié par Nickling, 1994 in Caquineau, 1997)	15
06	Variation de la densité de la microflore bactérienne dans les sols des stations d'étude.	19
07	Aspects macroscopiques des colonies bactériennes	20
08	Aspects microscopiques des bactéries après coloration de Gram : (A) : Gram+ forme Bacille (G × 40), (B) Aspect microscopique des bactéries Gram+ forme Cocci (G × 40).	20
09	Variation de la densité des champignons dans les sols des stations d'étude.	21
10	Aspects macroscopiques des champignons	23
11	Aspects microscopiques des Champignons : A : <i>Aspergillus sp</i> , B : <i>Cladosporium sp</i> , (G × 100).	23
12	Variation de la densité des actinomycètes dans les sols des stations d'étude.	24
13	Aspects microscopiques des actinomycètes.	24
14	Variation de la densité de la microflore algale dans les sols des deux stations d'étude.	25
15	Aspects microscopiques de la microflore algale (G×100)	25

Liste des photos

N°	Photo	Page
01	Piège à sable pour échantillonnage des particules du sol transportées par le vent (poussières).	06
02	Une tempête de poussière de sable observée le 16 mars 2018 sur l'oasis de Guerrara (wilaya de Ghardaia) (photo. de Hamdi Aissa)	14

Liste des abréviations

CE : Conductivité électrique

FAO : Food and Agriculture Organisation

MO : Matière Organique

OGA : Oxytetracycline glucose agar

UFC g.s.s⁻¹: Unité Formant Colonie par gramme de sol sec

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction

01

Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région d'étude

03

1.1. Situation géographiques

03

a. Région de Ouargla

03

b. Région d'El Oued

03

2. Choix des stations

05

3. Echantillonnage

05

4. Méthodes d'analyses physico-chimiques et microbiologiques

07

4.1. Analyses physico-chimiques

07

a. Humidité

07

c. Calcaire total

07

b. Granulométrie

07

d. Conductivité électrique (CE)

08

e. pH

08

f. Dosage du carbone organique (C)

08

g. Matière organique

08

h. Dosage du gypse

09

4.2. Analyses microbiologiques

09

a. Technique de dénombrement des microflores telluriques

09

b. Préparation des suspensions dilutions

09

c. Ensemencement

11

d. Incubation

11

e. Préparation microscopique

12

f. Identification microscopique

12

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques des sols étudiés	13
2. Résultats et discussion des analyses microbiologiques	17
a. Microflore bactérienne	18
Aspects cultureux et micro-morphologiques	19
Coloration de Gram des colonies obtenues	20
b. Microflore fongique	21
Aspects cultureux et micro-morphologiques	22
c. Actinomycètes	23
Aspects cultureux et micro-morphologiques	24
d. Microflore algale	24
Conclusion	26
Références bibliographiques	28
Annexes	30
Résumé	

Introduction

Introduction

Le relief du Bas-Sahara se présente comme une vaste cuvette ayant la forme d'un synclinal ouvert vers le nord. Il est homogène avec une pente très faible et des terrains plats (Kouzmine 2007). Le Bas-Sahara est caractérisé par la présence de dépressions formant des oasis où se cultive principalement le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) (Côte, 2005). La couverture pédologique au Sahara présente une grande hétérogénéité et elle se compose de sols minéraux, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes (Dubost 1991). Le sol est caractérisé par une texture sableuse à sablo-limoneuse avec une forte perméabilité, structure particulière, un fort degré de salinité et un taux faible de matière organique. Il est caractérisé également par la présence de nappe phréatique proche de la surface (Khadraoui, 2006). Leur affleurement a créé localement des zones humides. Le complexe des zones humides au Bas-Sahara algérien est subdivisé en quatre entités géographiques, Ziban, Souf, Oued Righ et Oued Mya (Chenchouni et Si Bachir, 2010).

Le Sahara est le plus grand producteur de poussières minérales du globe (Schütz, 1980; Middleton, 1985). Chaque année, il fournit plus du quart de la production mondiale, soit 60 à 250 M.T/an (Crosta-Martinez et *al.*, 2015) millions de tonnes de poussières minérales, chiffres dont la fourchette doit d'ailleurs beaucoup plus à l'imprécision des estimations et modèles qu'à la variabilité annuelle des processus désertiques de production et de mobilisation de très fines particules.

Le «phénomène poussières» n'existe que par la convergence de deux facteurs : la présence d'un stock de particules très fines potentiellement mobilisables et celle d'un vent suffisamment fort pour les mobiliser (Coudé-Gaussen, 1991)

Les principales sources des aérosols minéraux naturels d'origine crustale sont les régions désertiques subtropicales, depuis l'Afrique de l'ouest (Sahara) jusqu'à l'Asie centrale (désert de Gobi), ainsi que les régions arides et semi-arides où les sols sont soumis à de forts vents à certaines périodes de l'année (d'après Meigs, 1953; modifié par Goudé Goussen 1984).

Le dépôt des aérosols désertiques peut être une source très importante d'approvisionnement en certains éléments clés (perte de sols), comme le fer ou le phosphore (Swapp et *al.*, 1992 ; Bergametti et *al.*, 1992).

Les micro-organismes transportés dans la poussière sont importants au niveau local, régional. les processus globaux incluant le cycle biogéochimique des nutriments (Gardner et

al., 2012, Li et al., 2007, 2008), la pathogénicité (Griffin et *al.*, 2001; Hara et Zhang, 2012; Prospero et *al.*, 2005), et la biogéographie microbienne (Mc Tainsh et Strong, 2007; Smith et *al.*, 2010, 2013).

L'étude pionnière de Darwin a été l'une des premières à démontrer le mouvement et le transport de la poussière microbienne suite à un entrainement éolien (Acosta-Martínez et *al.*, 2015).

Nombreuses recherches consacrées à la microbiologie de ces sols des régions arides prouvent l'existence d'une microflore abondante et diversifiée. (Amir et *al.*, 1985; Mostfaoui et *al.*, 1998, Mokrane et *al.*, 2013 ; Karabi et *al.*, 2016).

Bactéries, actinomycètes, champignons et algues sont les micro-organismes qui entrent dans la composition des microbiocénoses des sols arides (Sasson, 1967). Les bactéries forment tant au plan quantitatif qu'au plan fonctionnel le groupe majeur des microorganismes du sol (Morel, 1989).

Les communautés microbiennes jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques des éléments nutritifs et dans la formation de matière organique du sol qui conduit à la formation et la stabilité et la séquestration des granulats, améliorant ainsi la productivité du sol, la santé du sol, la résistance à l'érosion et l'humidité. (V. Acosta-Martínez et *al.*, 2015)

Dans les régions du Bas-Sahara où les sols sont caractérisés par des croutes salines et gypseuse (Hamdi Aissa et Girard, 2000 ; Hamdi Aissa et *al.*, 2004) abrite une importante communauté microbienne sous forme de croutes biologiques en surface du sol (CBS). Les études sur les CBS des sols gypso-salins désertiques ont fait l'objet de nombreux travaux dans le monde (Dong et *al.*, 2007, Weber et al., 2016, Cano-Díaza, 2018) et dans les Bas-Sahara (Stivaletta et Barbieri, 2009 ; Kaboul, 2016 ; Hamdi Aissa et *al.*, 2016 ; Bettaybi et Illoul, 2017). Ces sols et CBS sont soumis à de forts vents à certaines périodes de l'année. L'hypothèse avancée est la possibilité de déplacement des microorganismes abrité dans les particules du sol avec les poussières transportées par l'action éolienne et par la suite leur propagation dans l'environnement.

Dans ce contexte, l'objectif général de la présente étude consiste à une contribution à la caractérisation physico-chimique, microbiologique, dénombrement et l'identification des micro-organismes des poussières sahariennes transportées en surface du sol du bas-Sahara.

Matériel et Méthodes

Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographiques

a. Région d'Ouargla

La région d'Ouargla est l'une des principales Oasis du Sahara Algérien (figure 1). La ville d'Ouargla est située au Sud-est du pays à 790 Kms de la capitale Alger. Elle occupe une superficie de 163.230 Km². Le chef-lieu de la wilaya est située à une altitude de 131 m, ses coordonnées géographiques sont : 31° 58' latitude Nord ; 5° 20' longitude Est (D.P.A.T, 2010).

Les limites administratives de la wilaya d'Ouargla sont :

- Au Nord-Est par les wilaya d'El-Oued et de Djelfa
- A l'Est par les frontières tunisiennes et la wilaya d'El-Oued
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa
- Au Sud-Est par la wilaya de Tamanrasset

b. Région d'El Oued

La région d'El-Oued, située dans le Sud-Est Algérien (33° à 34° latitude Nord. ; 6° à 8° longitude Est) (figure 1). Il s'agit d'un vaste ensemble de palmiers entourés par les dunes de sable qui se trouve à une altitude de 70 mètre au niveau de la mer. La wilaya d'El Oued occupe une superficie de 44585 km² (D.P.A.T, 2010).

Les limites administratives de la wilaya d'El Oued sont :

- Au Nord par la wilaya de Tébessa et Khenchla
- Au l'Est par la Tunisie
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla
- A l'Ouest par la wilaya de Biskra et Ouargla

Formation végétale : *Zygophyllum album*, *Cornulaca monacantha*

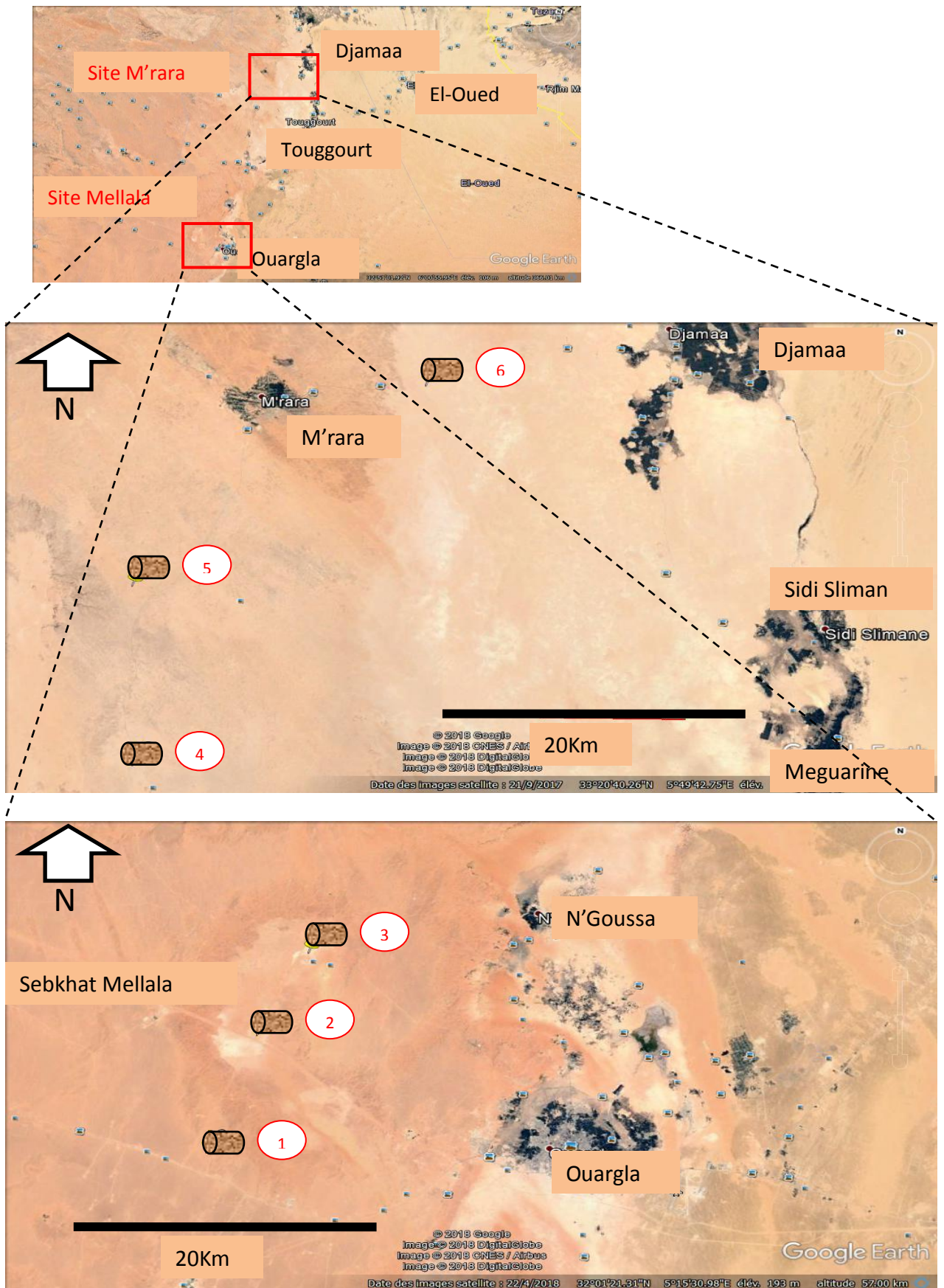


Figure 1. Sites d'échantillonnage des poussières sahariennes

2. Choix des stations

Le critère du choix des stations est basé sur la disponibilité des croûtes biologique en surface du sol. De ce fait, nous nous sommes référés aux travaux antérieurs sur la région de Ouargla et d'El-Oued (Kaboul, 2016 ; Hamdi Aissa et *al.*, 2016, Bettaybi et Illoul, 2017). Ainsi nous avons choisis Sebkat Melala et M'rara, qui présente des sols gypseux avec des croûtes biologique en surface. Nous avons fait deux sorties de prospection sur terrain réalisées le 06/02/2018 et 13/02/2018, et nous avons prélevé des échantillons dans les deux stations suivantes :

- Station de Sebkat Melala (Région de Ouargla)
- Station de M'rara (Région d'El Oued)

3. Echantillonnage

Des pièges à sables (poussières sahariennes) ont été mis en place depuis un an sur les deux stations. Le dispositif consiste en un tube cylindrique ouvert d'un seul côté, de dimensions de 10 cm de diamètre et de 30 cm de longueur ; à cet effet nous avons utilisé une bouteille de l'eau minérale en polyester dont nous avons fermé le couvercle et coupé le fond (figure 2). Le piège est placé à ras du sol à une orientation aléatoire.

Afin de réaliser ce travail nous avons placé les pièges à sable d'une manière aléatoire au niveau des deux stations (Photo 1). Les particules du sol piégé ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.

06 échantillons de poussières ont été prélevés, le prélèvement a été effectué de la manière suivante :

- Trois (03) échantillons au niveau de la station sebkat Melala (Région de Ouargla), numérotés de 1 à 3.
- Trois (03) échantillons au niveau de la station M'rara (Région d'El Oued) numérotés de 4 à 6.

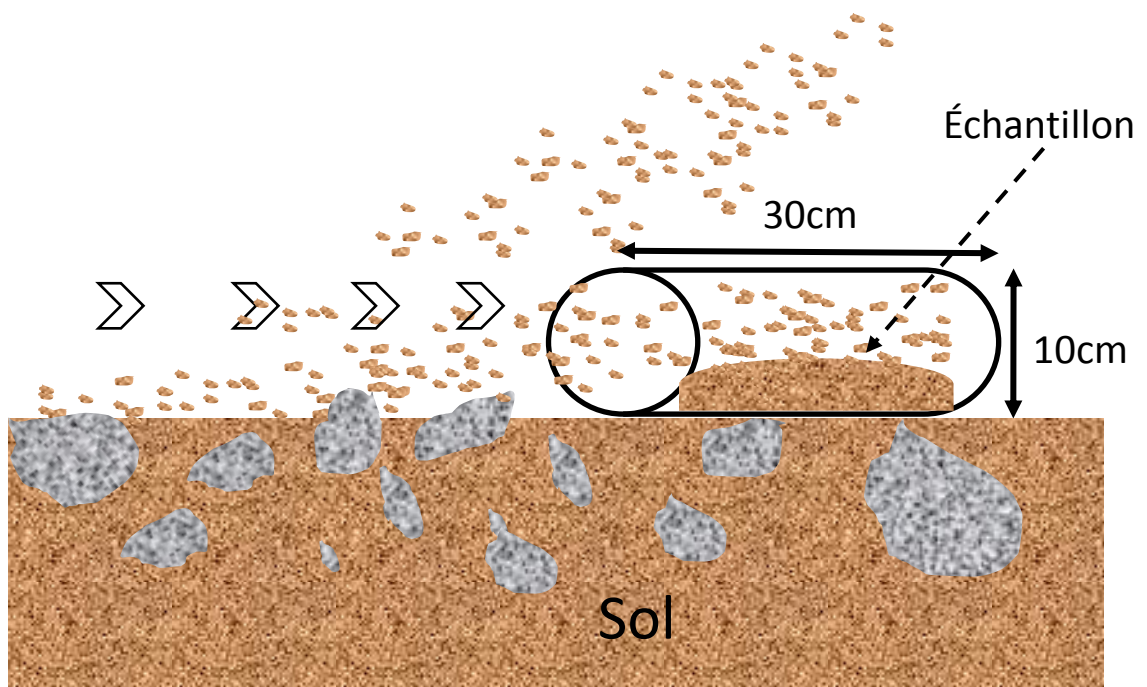


Figure 2. Piège à sable pour d'échantillonnage des particules du sol transportés par le vent (poussières)



Photo 1. Piège à sable pour d'échantillonnage des particules du sol transportés par le vent (poussières).

Les échantillons de poussières, environ 250 g à 300 g, sont prélevés dans des conditions de stérilité rigoureuse depuis les pièges à sable. Ils sont transportés dans des boîtes stériles, fermés hermétiquement pour analyse au niveau du laboratoire.

4. Méthodes d'analyses physico-chimiques et microbiologiques

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées aux niveaux des laboratoires suivants :

- Laboratoire de pédologie et de microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie
- Laboratoire de recherche de bio-géochimie des milieux désertiques

4.1. Analyses physico-chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés à savoir : humidité, granulométrie, calcaire totale, conductivité électrique, pH, carbone organique, matière organique, dosage de gypse, ont été déterminées selon les méthodes internationales appropriées.

a. Humidité

C'est la quantité d'eau contenue dans un sol. Elle est mesurée par rapport à la quantité de terre sèche contenue dans ce sol, et exprimée en pourcent. La méthode consiste à sécher l'échantillon du sol à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant. La différence du poids avant et après séchage correspond à la quantité d'eau.

$$H = (P_{\text{sol frais}} - P_{\text{sol sec}}) / P_{\text{sol frais}} \times 100$$

b. Granulométrie

Elle représente le pourcentage des particules granulométriques <2mm (sable, limon, argile) dans un échantillon de sol. On la détermine par un tamisage (voie humide) (Baize, 2000).

c. Calcaire total

Le taux de calcaire total est déterminé par la méthode du calcimètre de Bernard. Le principe de dosage est fondé sur la réaction caractéristique suivante :



C'est la mesure de CO₂ dégagé suite à l'action d'un excès d'acide Chlorhydrique sur un point connu de l'échantillon. Le volume de CO₂ dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium existante dans l'échantillon analysé :

$$\text{Taux de CaCO}_3 \text{ en } \% = (\text{P}' \cdot \text{v}) / (\text{P} \cdot \text{V}) \times 100$$

- P : Poids de prise d'essai de l'échantillon.
- P' : Poids de CaCO₃.
- V : Volume de CO₂ dégagé par l'échantillon.
- v : Volume de CO₂ dégagé par CaCO₃.

d. Conductivité électrique (CE)

Elle permet l'estimation de la salinité globale d'une solution du sol. Mesurée par un conductimètre sur des extraits dont le rapport (terre/eau) est de 1/5 (Afnor, 1999).

e. pH

Mesuré sur des extraits du rapport (terre/eau) 1/2,5 elle exprime la concentration des ions H⁺ libres dans la solution du sol (Afnor, 1999).

f. Dosage de carbone organique (C)

La teneur en carbone est déterminée par la méthode ANNE qui consiste en une Oxydation de la matière organique par une quantité en excès de bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) en milieu sulfurique à ébullition. L'excès de bichromate est titré par une solution de sel de MOHR, en présence d'un indicateur coloré (diphénylamine). La teneur en carbone organique est exprimée en pourcent.

g. Matière organique

Il est arbitrairement admis que la matière organique est égale à 1,72 fois la teneur en carbone organique (Duchaufour, 2001).

$$\text{MO}\% = \text{C}\% \times 1,72.$$

h. Dosage de gypse

Nous avons utilisé la méthode gravimétrique. Le principe est basé sur le dosage des ions SO_4^{2-} libérés après une attaque aux carbonates d'ammonium et précipitation sous forme de chlorure de baryum (Coutinet, 1965).

4.2. Analyses microbiologiques

a. Technique de dénombrement des microflores telluriques

L'état du sol peut être dressé par l'analyse de l'état des divers groupes des microorganismes : bactéries, actinomycètes, champignons, algues. Le nombre des microorganismes du sol peut être déterminé par différentes méthodes (microscopique, ensemencement sur milieux nutritifs...). La microflore du sol est caractérisée par le nombre des groupes séparés de la population microbienne du sol ; cependant, l'analyse de l'état des différents microorganismes dans le sol à une grande importance.

La technique utilisée pour la numération des germes telluriques comprend plusieurs étapes allant de la préparation des suspension- dilutions (annexe I) jusqu'à l'interprétation des résultats (Davet, 1996).

Les dilutions ainsi préparées doivent être utilisées immédiatement pour les ensemencements, ceux peuvent être faits sur milieux solides ou liquides qu'ils doivent satisfaire les exigences nutritives du microorganisme étudié (bactéries, actinomycètes, champignons, algues).

b. Préparation des suspensions dilutions

On réalise d'abord une suspension aussi homogène que possible de terre (1g de sol et 9 ml d'eau distillée stérile), à partir de cette suspension mère dont la concentration est de 10^{-1} , on prépare une série de dilutions (jusqu'à la dilution 10^{-6}) et en transférant 1ml de solution d'un tube à l'autre, afin de préparer les suspensions dilutions.

- Les bactéries sont cultivées sur milieu solide et ensemencées avec des dilutions 10^{-2} à 10^{-6}
- Les Actinomycètes sont cultivés sur milieu solide et ensemencées avec des dilutions 10^{-1} à 10^{-4}

- Les champignons sont cultivés sur milieu solide et ensemencés avec des dilutions 10^{-2} à 10^{-6}
- Les algues sont cultivées sur milieu liquide et ensemencées avec des dilutions de la solution mère jusqu'à la dilution 10^{-3} , Le dénombrement est effectué par la méthode du nombre le plus probable NPP (table de Mac Grady) (annexe III).

Les dilutions ainsi préparées doivent être utilisées immédiatement pour les différents ensemencements.

Trois répétitions ont été réalisées pour chaque dilution en milieu solide et les valeurs exprimées sont la moyenne des trois répétitions.

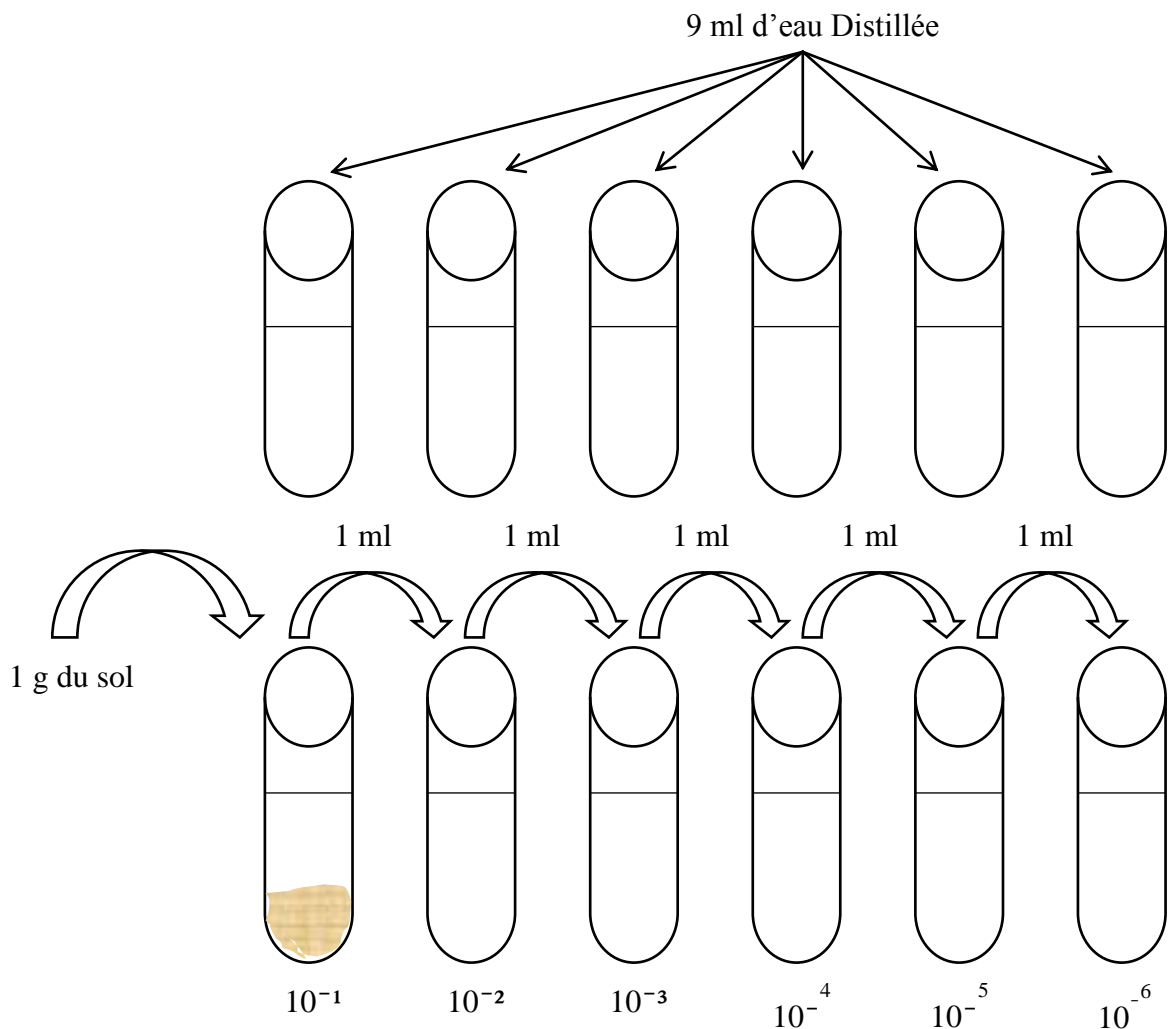


Figure 3. Préparation des suspensions dilutions du sol.

c. Ensemencement

Pour la microflore bactérienne, les champignons, et les actinomycètes, on procède à l'ensemencement des milieux solides (Annexe I) à l'aide d'étalons confectionnés à partir des pipettes pasteurs après solidification de gélose coulée sous forme liquide dans les boîtes de pétri.

Pour la microflore algale, l'ensemencement a été effectué directement sur milieu liquide.

La composition des milieux de cultures utilisés pour les différents groupes microbiens est présentée dans l'annexe 1.

L'ensemencement de chaque boîte se fait avec 02 gouttes de solution (mère ou diluée). L'inoculum est déposé au centre de la boîte et étalé sur toute la surface. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque dilution.

d. Incubation

Après ensemencement, les boîtes de pétri ont été incubées à l'étuve à une durée et une température nécessaire pour la prolifération de chaque type microbien (Annexe II).

Tableau I. Conditions de culture des différents groupes microbiens étudiés.

	Durée d'incubation	Température de l'incubation	Milieu de culture
Bactéries	28 heures	Température de 35°C	Gélose nutritive
Champignons	7 jours	Température de 28°C	OGA Oxytetracycline glucose agar
Actinomycètes	30 jours	Température de 28°C	Milieu de culture des actinomycètes
Algues	30 jours	Température ambiante	Milieu de culture des algues

e. Préparation microscopique

Les préparations ont été examinées sous microscope optique à différents grossissements. Pour faciliter l'observation et la classification des bactéries, la coloration de Gram a été réalisée sur les bactéries (Annexe 2).

Les préparations microscopiques sont faites sur des lames propres. Nous avons prélevé une colonie avec une anse de platine et nous avons l'émulsionné dans une gouttelette d'eau physiologique déposée au centre de la lame ensuite nous avons couvert avec une lamelle.

f. Identification microscopique

Les micro-organismes isolés sont soumises à une identification morphologique réalisée par une étude microscopique. Cette dernière est effectuée par un prélèvement soigneux d'un petit fragment de la flore microbienne à l'aide d'une anse en platine stérile. Ce fragment est ensuite transféré sur une lame, l'observation microscopique est réalisée au grossissement x10 et x40 et x100. Ce type d'identification est fondé essentiellement sur l'étude morphologique des micro-organismes (couleur, forme,...) (Harrigan et McCance, 1976 ; Oteng-Gyang, 1984 ; Guiraud, 1998).

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses bio-physico-chimiques des sols étudiés

Les résultats des analyses bio-physico-chimiques des sols des deux stations étudiées sont présentés dans le tableau II).

Tableau II. Analyses bio-physico-chimiques des échantillons du sol étudiés

Paramètres		Station Melala			Station M'rara		
		Echantillon 1	Echantillon n 2	Echantillon n 3	Echantillon n 4	Echantillon n 5	Echantillon n 6
CE à 25°C (dS/m)		1,42	0,89	1,37	1,45	1,36	1,44
pH		7,53	7,76	7,20	7,72	7,47	7,80
Granulométrie (%)	Sable	88,33	95	98,33	90	98,33	85
	Limons+argile < 0,05 mm	11,66	5	1,67	10	1,67	15
Humidité(%)		1,58	6,1	1,5	2,4	1,25	1,8
Gypse (%)		9,6	15,2	10,6	31,4	24,4	14,2
Calcaire (%)		1,16	1,16	4,61	4,83	8,58	2,48
Carbone organique (%)		0,139	0,14	0,14	0,133	0,111	0,136
Matière organique (%)		0,239	0,24	0,24	0,228	0,19	0,233

La caractérisation granulométrique des sols dans les deux stations a montré la prédominance de la fraction sableuse par rapport aux fractions fines (argile, limon).

En effet, la distribution granulométrique des aérosols minéraux est contrôlée par les mécanismes physiques caractéristiques des phénomènes d'érosion éolienne. Ces différents mécanismes, ont été résumés par (Nickling, 1994).

Alors que les plus grosses particules du sol ($> 500 \mu\text{m}$) se déplacent par roulement à la surface (creep) (Figure 03), les particules comprises entre 70 et $500 \mu\text{m}$, constituées de particules ou d'agrégats, sont soulevées et se déplacent par rebonds successifs. C'est ce que l'on appelle la saltation. En frappant le sol, ou en s'entrechoquant, le mouvement de ces particules en saltation conduit à la libération de plus fines particules, qui pourront être mises en suspension. On parle alors de jets de sable (sand blasting). Parmi ces particules mises en suspension, les moins fines ($20\text{-}70 \mu\text{m}$) retombent rapidement tandis que celles de taille inférieure à $20 \mu\text{m}$ pourront être transportées à longue distance. Cette description est schématique mais traduit les différentes étapes de l'érosion éolienne. Cependant, la taille des particules effectivement injectées dans l'atmosphère est variable, en fonction notamment de la force du vent. En effet, de très grosses particules (de rayon supérieur à $100 \mu\text{m}$) ont été retrouvées dans des aérosols transportés à longue distance (Coudé-Gaussen et *al.*, 1987; Betzer et *al.*, 1988).



Photo 2. Une tempête de poussière de sable observée le 16 mars 2018 sur l'oasis de Guerrara (Wilaya de Ghardaia) (photo de Hamdi Aissa)

Les communautés microbiennes de sol sont situées dans des agrégats et des particules de différentes tailles (Acrosta-Martinez et al., 2015) (Figure 4).

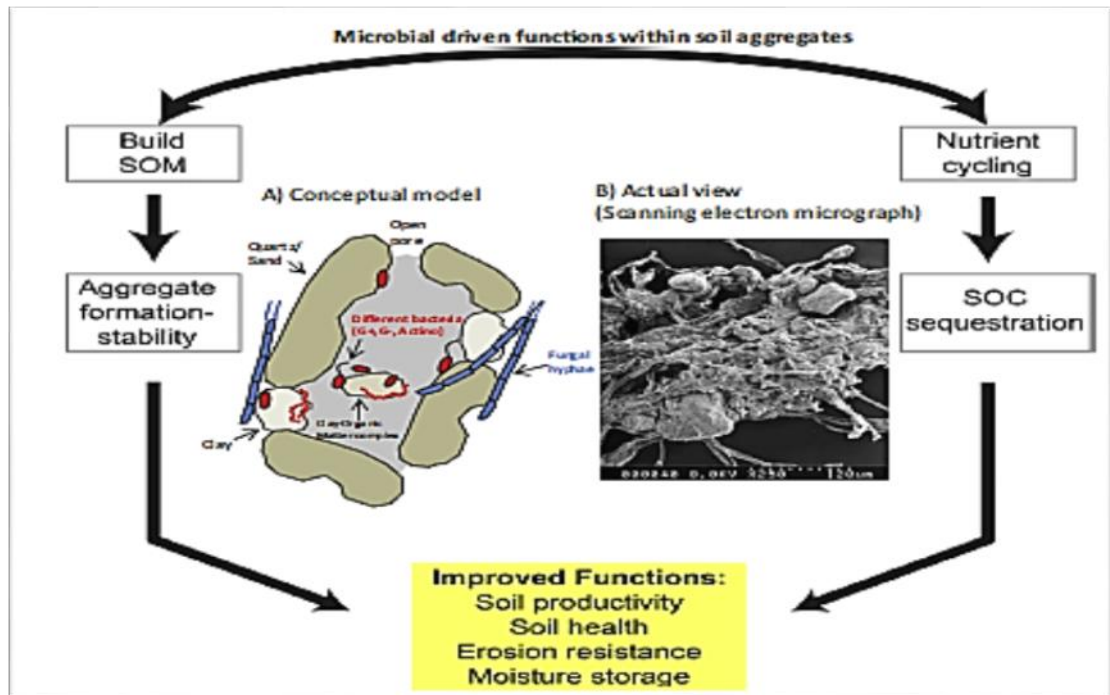


Figure 4. Modèle conceptuel d'un agrégat montrant les emplacements potentiels des micro-organismes (Acrosta-Martinez et al., 2015)

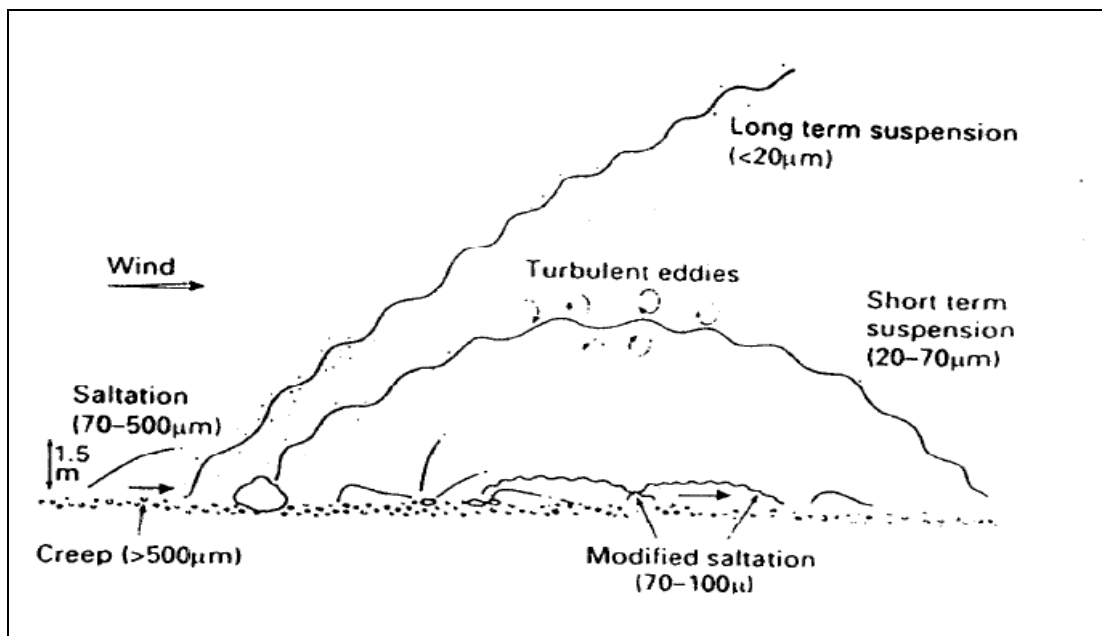


Figure 5. Les modes de transport des particules du sol sous l'action du vent ; la taille des particules concernées par chacun des processus est indiquée (d'après Pye, 1987, modifié par Nickling, 1994 in Caquineau, 1997)

Le taux d'humidité est faible pour toutes les stations, toute fois le taux d'humidité le plus élevé a été enregistré pour l'échantillon (2) de la station de Melala (6,1 %).

La faible teneur en eau de ces sols est le résultat de la rareté des précipitations et à l'évaporation élevée des eaux qui caractérisent les régions d'étude. Par ailleurs, le sol des trois stations est caractérisé par la dominance de la fraction sableuse trop filtrante qui ne favorise pas la rétention en eau.

Le pH est inférieur à 8, il est de l'ordre de 7,8 et 7,2 pour les deux stations. D'après les classes de pH de l'extrait 1/5 nos sols sont neutres a moyennement alcalins (Morond, 2001).

La conductivité électrique la plus élevée du sol est celle de la région de Melala est de l'ordre de 1,42 ds/m, et celle du sol de la région de M'rara est de l'ordre de 1,45 ds/m. Cela nous a conduits de classer nos sols parmi les sols très salés selon Aubert (1978). La forte teneur en sels s'explique par les fortes évaporations dues aux températures élevées de la région, et d'autre part aux faibles précipitations qui caractérisent le climat des régions arides.

Concernant la teneur en gypse, le sol qui continent une teneur élevée en gypse est celui de la région de M'rara avec un taux de 31,4% et la valeur la plus faible a été marquée au niveau du sol de la région de Melala avec un taux de 9,6%.

Le sol au niveau des deux stations est classée d'après l'échelle de classification de sols gypseux de Barzanji (1973) (*in Abderrahmane et al., 2006*) comme des sols extrêmement gypseux.

D'après Proch (1992), l'augmentation des teneurs en gypse engendre, d'une part, la formation d'une texture à dominance de sable en raison d'une cristallisation grossière, d'autre part elle induit une diminution des teneurs en argile.

Le taux de calcaire est faible et ne dépasse pas 10% dans les sols des deux stations étudiées. Selon les normes de Baize (2000), ces sols sont considérés comme des sols faiblement calcaires.

Les teneurs en carbone organique sont très faibles pour les deux stations, ainsi nous avons enregistré des moyennes de l'ordre de 0,139% et 0,126% pour la station de Melala et M'rara respectivement.

Le taux de matière organique des sols des deux stations est très faible. Toutefois, la valeur maximale a été enregistrée au niveau de la station de Melala (E3) avec un taux de MO de 0,24%.

2. Résultats et discussions des analyses microbiologiques

Les résultats du dénombrement microbien (tableau III) montrent des valeurs faibles par rapport aux sols cultivés (Zombre, 2006) et aux sols non soumis à l'effet de l'aridité (Dommergues et Mangenot, 1970).

Les variations de la densité microbienne peuvent être expliquées par le fait que les microorganismes sont soumis à quelques influences surtout celles des conditions physico-chimiques du sol (taux d'humidité, pH, conductivité...etc.), et aussi des variations notables au niveau des facteurs biochimiques (nutritionnels et énergétiques).

Tableau III. Résultats de dénombrement microbien des sols dans les deux stations étudiées

Groupes microbiens	Station Melala			Station M'rara		
	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech5	Ech6
Bactéries (UFCx10 ⁴ /g.s.s)	2.032	2.12	2.334	0.675	0.23276	1.018
Champignons (UFCx10 ⁴ /g.s.s)	3.35	17.59	10.15	2.048	0.23267	1.353
Actinomycètes (UFCx10 ³ /g.s.s)	0.3657	1.06	0.4669	0	0.13156	0.353
Algues (UFCx10 ¹ /g.s.s)	1.117	0	0.3654	0	0,931	0

En effet, les aérosols sahariens contiennent de grandes quantités de pollens et de microorganismes (Kellogg, 2004 ; Garrison *et al.*, 2014 ; Crosta-Martinez *et al.*, 2015). Bien que l'on dispose de peu de données, la production annuelle moyenne de poussière au Sahara est estimée à 700 Mt/an (Almeida, 1986; Marticorena et Bergametti, 1996).

Selon Dommergues et Mangenot (1970), dans les sols soumis à des conditions écologiques très dures (région arides), les densités bactériennes sont évidemment beaucoup plus faibles ; mais elles tombent rarement au-dessous de 10⁴ à 10⁵ dans les horizons superficiels, des valeurs qui sont en concordance avec nos résultats. Cette densité et d'autant

plus faible dans les sols sahariens où les substrats énergétiques et nutritifs sont réduits, combinés aux effets des conditions pédoclimatiques extrêmes à savoir :

- Température trop élevée
- Faible humidité
- Forte salinité et pH trop alcalin du sol

Les sols étudiés sont des sols nus dépourvus de végétation ce qui explique leur faible densité microbienne.

En effet, de point de vue nutritionnel, Zombre (2006) montre que les sols nus sont beaucoup moins riches en microorganismes que les sols sous végétation et aux sols cultivés. Les microorganismes augmentent dans les sols forestiers, les tourbes et les sols des prairies et diminuent légèrement dans les sols désertiques (Brown, 2013). En effet le nombre et l'activité des microorganismes dépendent essentiellement de l'énergie qui peut être libérée à la suite de la décomposition de la matière organique (Boulard et Moreau, 1962).

Bien que, les résultats obtenus montrent une faible densité microbienne énumérée dans les deux stations étudiées, toutefois, une diversité microbienne remarquable a été enregistrée pour les quatre grands groupes de la microbiologie du sol.

En fait, les résultats des analyses microbiologiques laissent apparaître des variations entre les deux stations en nombre de germes, avec des valeurs maximales pour la station de Melala secondée par station de M'rara.

Concernant l'importance de l'abondance des différents groupes microbiens prises séparément aux niveaux des deux stations, les résultats enregistrés montrent que les bactéries sont les microorganismes les plus abondants dans les sols étudiés, suivis par les champignons, les actinomycètes et enfin les algues.

Le tableau (III) montre les résultats de dénombrement des différents groupes microbiens présents dans les deux stations.

a. Microflore bactérienne

En examinant les valeurs relatives à la densité bactérienne dans les deux stations, il ressort que cette densité est faible dans la station de M'rara par rapport à la station de Melala. La figure(8) montre que les bactéries sont présentes dans les deux stations étudiées. La

dominance des bactéries dans les sols étudiés est due à leur grand pouvoir de multiplication comparativement aux autres groupes microbiens.

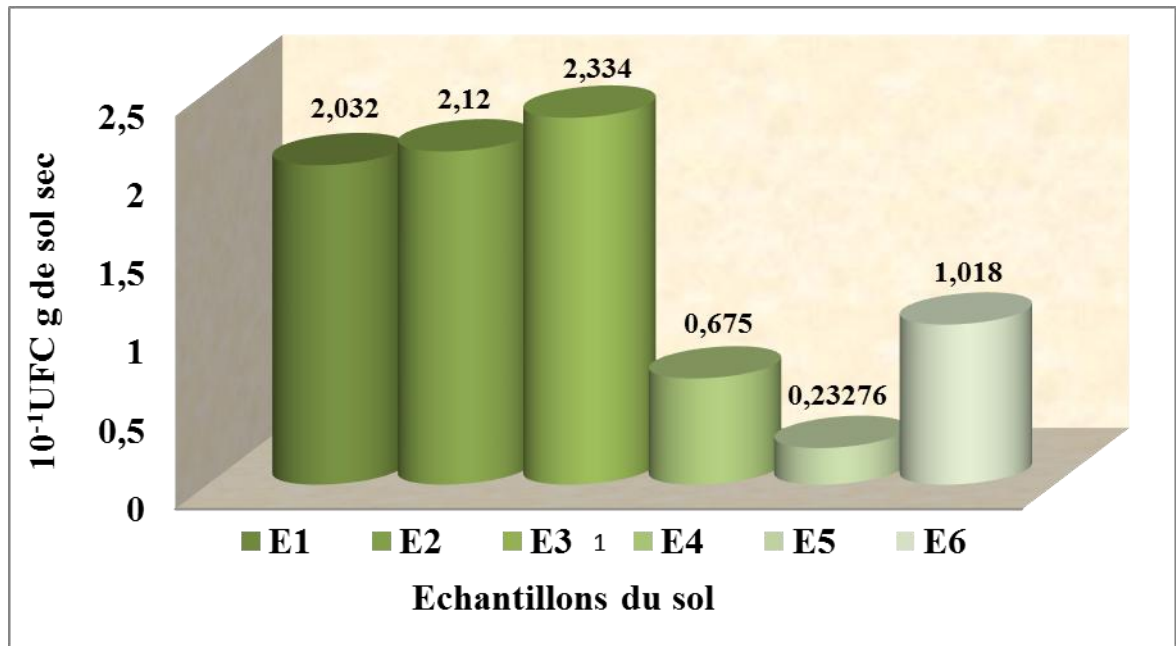


Figure 6. Variation de la densité de la microflore bactérienne dans les sols des stations d'étude.

D'après Boullard et Moreau (1962), les bactéries sont plus favorisées par des milieux proches de la neutralité.

Aspects cultureux et micro-morphologiques

Nous avons obtenu des colonies extrêmement variées, de formes et de taille diverses (figure 7). L'examen microscopique a montré que la plupart des bactéries isolées des sols étudiés sont présentées sous la forme de Cocci et de bacilles.

Les figures (7) et (10) montrent l'aspect macroscopique et microscopique de certains genres représentants de la flore bactérienne isolés sur la gélose nutritive.

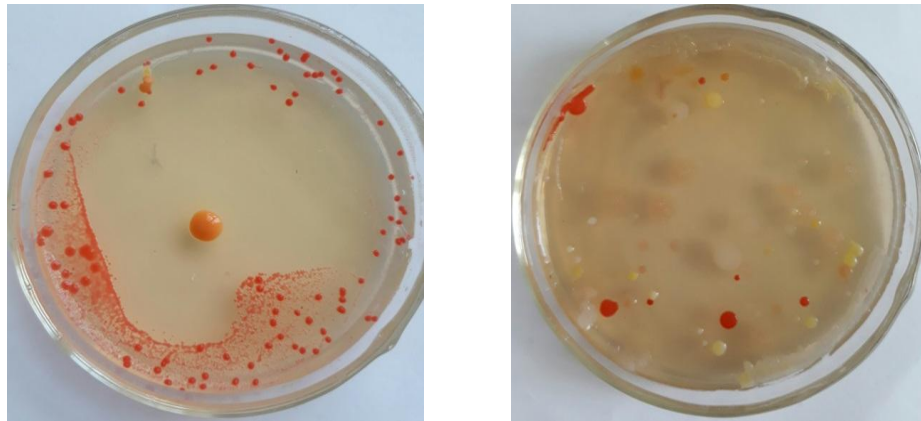


Figure 7. Aspects macroscopiques des colonies bactériennes

Ces résultats indiquent que les sols étudiés sont peuplés d'une flore bactérienne assez consistante. Les aspects macroscopiques différents des colonies laissent penser que différentes espèces bactériennes pourraient être identifiées. Ces résultats sont de très haute importance car Ils confirment l'existence d'espèces bactériennes à l'état de la vie active dans le sol du désert malgré toutes les conditions difficiles qui le caractérisent. Ces espèces doivent alors être d'une résistance et d'une spécificité remarquable pour pouvoir survivre dans de telles conditions.

Coloration de Gram des colonies obtenues

Afin de plus approfondir notre étude et confirmer nos résultats, une coloration de Gram accompagnée d'une observation microscopique minutieuse de la forme des cellules bactériennes ont été réalisées. Ceci nous permettra de formuler des conclusions relatives à leur morphologie et leur mode de regroupement.

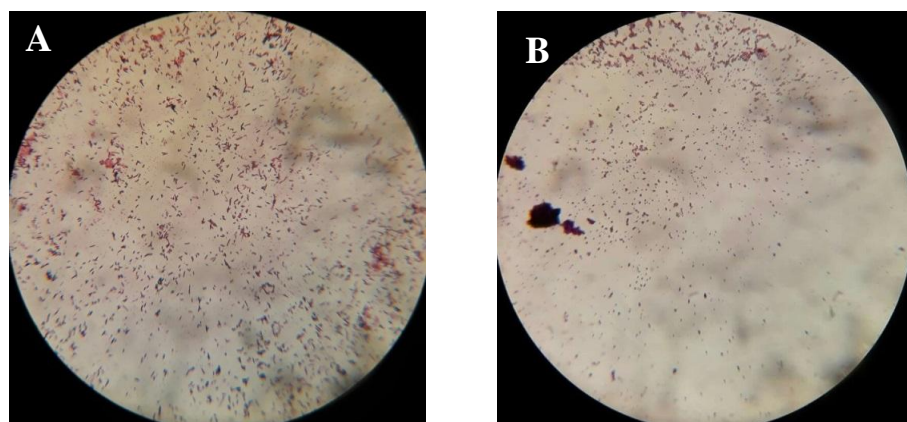


Figure 8. Présentant les aspects microscopiques des bactéries après coloration de Gram : **(A)** : Gram+ forme Bacille ($G \times 40$), **(B)** Aspect microscopique des bactéries Gram+ forme Cocci ($G \times 40$),

Les communautés bactériennes de nos échantillons sont morphologiquement assez similaires. Ainsi, on distingue des bacilles Gram positif isolés, regroupés en deux (diplobacilles), des cocci Gram positifs regroupés en amas (staphylocoques), en chainettes (streptocoques)

Une des particularités de nos échantillons est la présence d'une très grande proportion de cocci.

Il ressort aussi de nos observations qu'il y a uniquement des formes gram positif et absence totale de Gram négatif dans tous les échantillons.

b. Microflore fongique

Pour la microflore fongique, on constate que la densité des champignons est moins importante que celle des bactéries dans les deux stations. Les résultats obtenus sont de $3,35 \times 10^4$; $17,59 \times 10^4$; $10,15 \times 10^4$; $2,048 \times 10^4$; $0,23267 \times 10^4$; $1,353 \times 10^4$ UFC g⁻¹ de sol sec respectivement pour les échantillons (1) (2) (3) de la station de Melala et (4) (5) (6) de la station de M'ara.

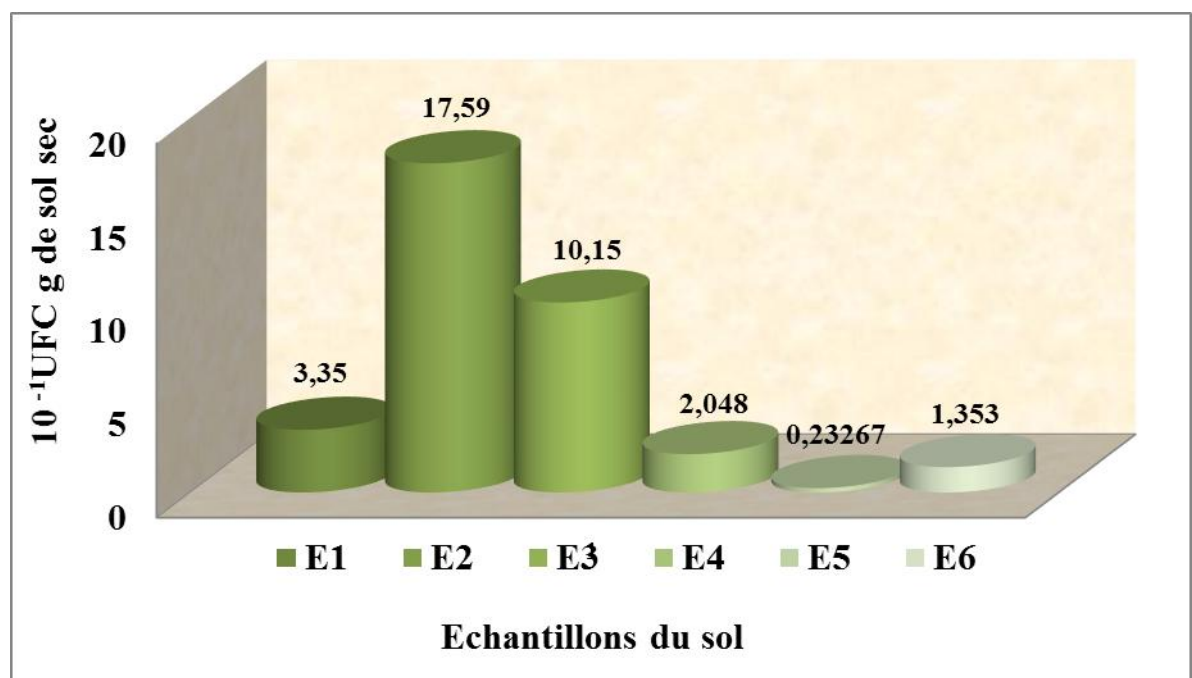


Figure 9. Variation de la densité des champignons dans les sols des stations d'étude.

La faible teneur en MO de nos sols explique la faible densité des champignons dans les deux stations. En fait, les champignons sont des organismes hétérotrophes dont la prolifération exige la présence des matières organiques (Dommergues et Mangenot, 1970 ; Aleksander, 1982).

La présence de la microflore fongique que nous avons signalée au niveau des stations d'études montre une adaptation des champignons du sol aux conditions de sécheresse extrême attribuée à leur faculté de produire des spores (Sasson, 1967).

Les champignons ne sont pas les plus nombreux des micro-organismes du sol, mais leur poids est très important, du fait de leur grande taille, comparativement aux bactéries (Huber et Schaub, 2011).

Aspects cultureux et micro-morphologiques

A la catégorie des microorganismes les plus xérophiles ; c'est à dire capables de se développer à des teneurs en eau très faibles, appartiennent à des genres *d'Aspergillus*, *Penicillium*. Les *Aspergillus* sont d'ailleurs caractéristiques des climats chauds arides (Dommergues et Mangenot, 1970).

En utilisant les clés de détermination des champignons de Botton et Breton (1990) on a pu identifier quelques genres isolés sur le milieu OGA (*Aspergillus*., *Penicillium*., *Alternaria* et *Cladosporium*). Il faut signaler que les mêmes espèces ont été isolé par Kaboul (2016) dans la station de m'rara. Les genres fongiques isolés par la présente étude sont semblables à celles isolés par Oustani (2006) et Bazzine et Hamdi Aissa (2014) du sol de Ouargla.

Les figures (10) et (11) montrent l'aspect macroscopique et microscopique de certains genres représentants de la flore fongique isolés sur le milieu gélosé.

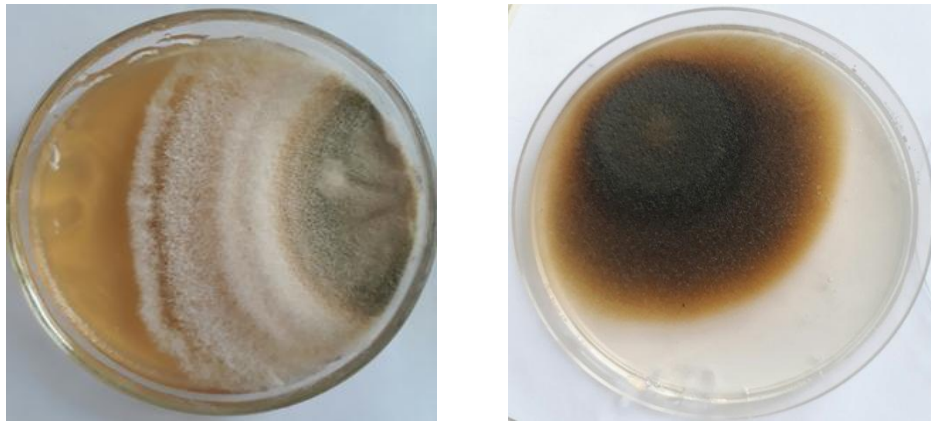


Figure 10. Aspects macroscopique des champignons

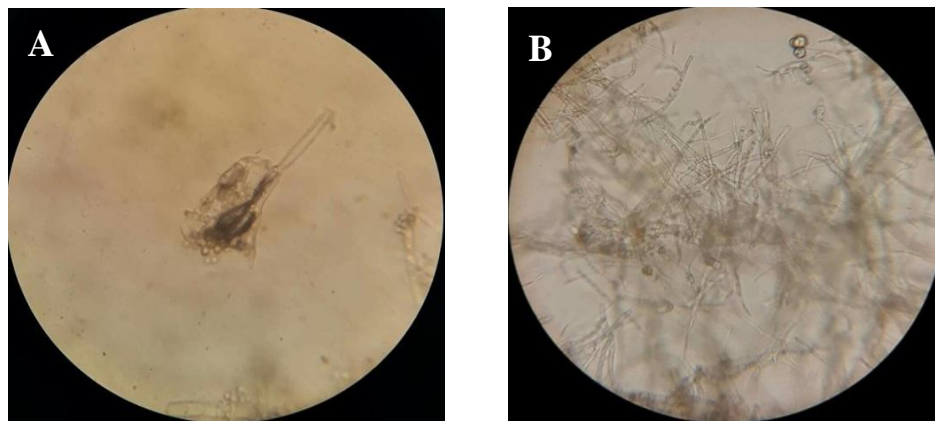


Figure 11. Aspects microscopiques des Champignons : A : *Aspergillus sp*, B : *Cladosporium sp*, (G \times 100).

c. Actinomycètes

Les résultats enregistrés pour ce groupe microbien montrent sa faible présence dans les sols étudiés, avec une densité qui varie entre 0 UFC g⁻¹ et 1×10^3 UFC g⁻¹ de sol sec (figure 12).

D'une manière générale, la densité des actinomycètes est beaucoup plus faible que celle des champignons et des bactéries au niveau des deux stations, ce qui peut être expliqué par leur faible pouvoir compétitif par rapport aux autres microorganismes (AFES, 1998 ; Ben Soltane *et al.*, 1999).

Selon Dommergues et Mangenot (1970), la densité des actinomycètes est en général 3 à 15 fois plus faible que celle des bactéries (Dommergues et Mangenot, 1970).

Malgré leur temps de génération long, les actinomycètes présentent une forte résistance aux conditions extrêmes ce qui explique leur grande extension. D'après Dommergues et Mangenot (1970), les actinomycètes sont présents sous tous les climats, sur tous les types de sol.

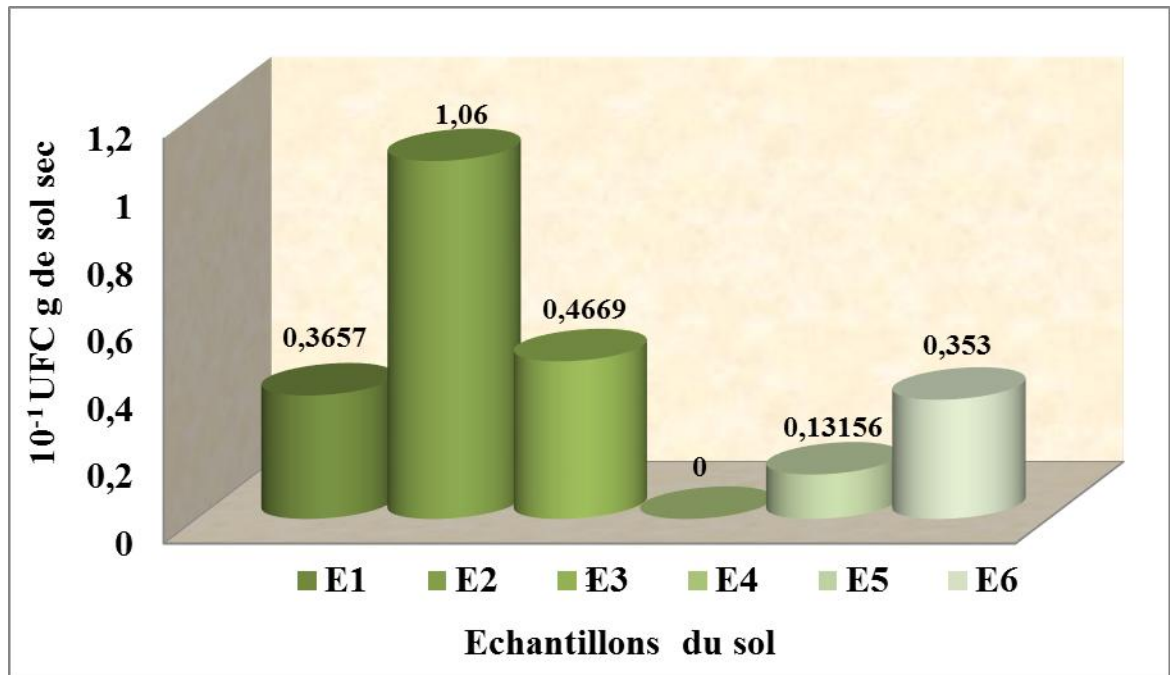


Figure 12. Variation de la densité des actinomycètes dans les sols des stations d'étude.

Aspects cultureux et micro-morphologiques

Les résultats de l'examen microscopique des actinomycètes isolés sur milieu Krinsky sont illustrés dans La (figure 13)

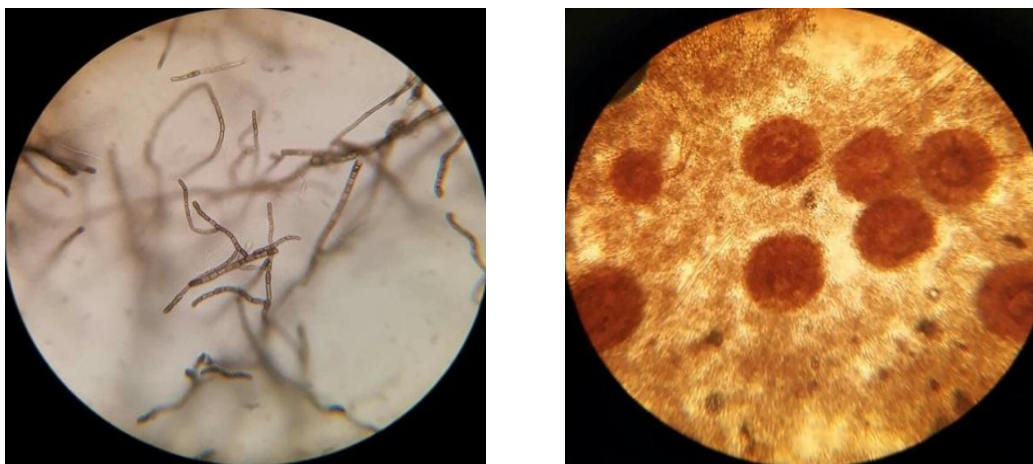


Figure 13. Aspects microscopiques des actinomycètes.

d. Microflore algale

Les résultats relatifs à la microflore algale montrent que les algues sont faiblement présentées par rapport aux autres groupes (Figure 14).

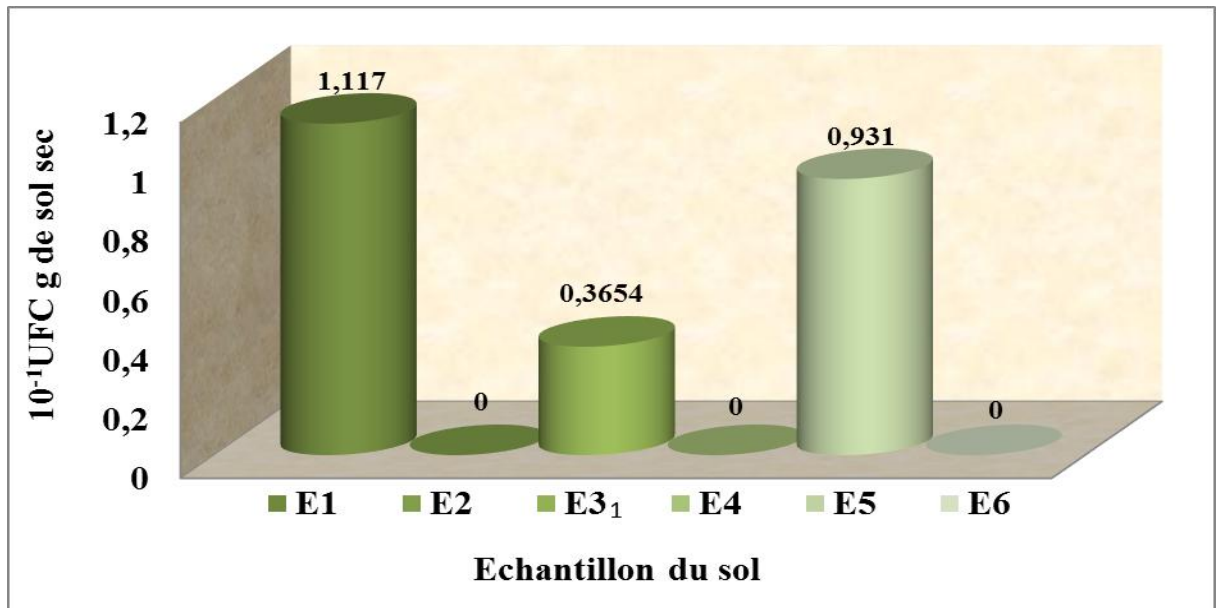


Figure 14. Variation de la densité de la microflore algale dans les sols des deux stations d'étude.

Les algues unicellulaires et filamenteuses ont un rôle important comme producteurs primaires dans les sols désertiques (Rogert et Garcia, 2001).

Selon Killian et Feher (1939), les spores des algues du sol peuvent passer à l'état de vie latente, pendant des années et elles reprennent leur activité, dès les premières pluies.

La figure (15) montre quelques aspects microscopiques de quelques genres d'algues observés sur des cultures microbiennes en milieu liquide au niveau des stations d'étude (Melala, M'rara)

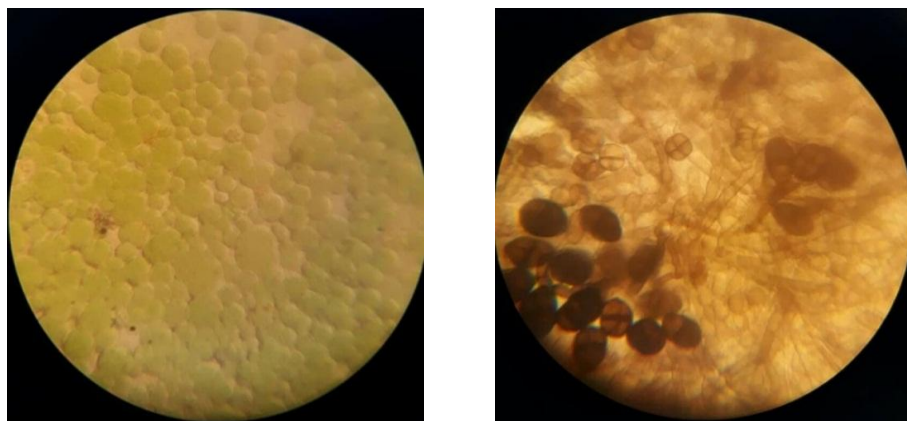


Figure 15. Aspects microscopiques de la microflore algale (G×100)

En effet les spores des algues du sol peuvent passer à l'état de vie latente, pendant des années et elles reprennent leur activité, dès les premières pluies.

L'influence de la texture s'exerce par l'intermédiaire du régime hydrique. En général, les sols argileux sont plus favorables que les sols légers (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

Des travaux similaires précédents ont constaté une faible densité ou une absence des algues dans les sols de la région d'Ouargla, en l'occurrence les travaux de Labbouz, 2004 sur sol gypseux et des travaux de Bazzine, 2003 sur sol halomorphe. Ces constatations distinctes peuvent avoir comme causes : le taux d'humidité, de salinité, du gypse et de la texture.

Conclusion

Conclusion

Le présent travail consiste à l'étude des caractéristiques microbiologiques par un dénombrement des principaux groupes microbiens présents dans les poussières sahariennes du bas Sahara.

La prospection sur le terrain a montré que la couvert végétal est dispersé et parfois totalement absent.

La caractérisation physique et physicochimique des sols des deux stations montre que :

- Le sol au niveau des deux stations étudiées est dominé par la fraction sableuse.
- Le taux d'humidité est faible au niveau des deux stations, il varie entre (0,15% et 2,4%).
- Le taux de calcaire au niveau des deux stations est fortement élevé
- Le pH de ces sols est légèrement alcalin.
- La salinité est moyennement élevée dans le sol des deux stations.
- Le taux de matière organique est inférieur à 1%, une faible richesse en carbone.

Les résultats de dénombrement microbien montrent que tous les poussières étudiés sont peuplés par une microflore diversifiée et adaptée aux conditions difficiles du milieu saharien et laissent apparaitre des légères variations entre les deux stations en nombre de germes avec des valeurs maximales pour la station Melala suivi par la station de M'rara.

Le dénombrement des germes montre que les bactéries sont les micro-organismes les plus abondants dans les poussières des deux stations à cause de leur grand pouvoir de multiplication suivies par les champignons ensuite les actinomycètes. Tandis que les algues sont les moins abondantes.

Sur le plan qualitatif, nous avons enregistré la présence des champignons de genre *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Alternaria sp* et *Cladosporium sp*. Des bactéries Gram positif de forme Cocci et de forme bacilles, des actinomycètes et des algues unicellulaires.

Ces résultats montrent donc que les poussières des deux stations, bien qu'ils sont soumis à des conditions écologiques extrêmes, ils peuvent abriter une microflore diversifiée et adaptée aux conditions climatiques et édaphiques qui sévissent dans ce biotope aride.

A la lumière des résultats obtenus, il ressort que les poussières sahariennes sont un élément clé dans les environnements arides et toutes les études sur les poussières à travers le monde, ont montré l'importance de ces dernières dans le fonctionnement et la protection de ces écosystèmes et leurs biodiversités.

Les poussières des sols sahariens de notre pays restent mal connues de point de vue répartition géographique, biodiversité et fonctionnement écologique, ce qui nécessite la multiplication des travaux de recherches dans ce domaine, notamment par des études de télédétection par satellite ou par la cartographie des poussières.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Acrosta-Martinez et al., 2015.** Microbiology of wind-eroded sediments: Current knowledge and future research directions. *Aeolian Research* 18 (2015) 99–113
- Bazzine, M. et Hamdi Aïssa, B. 2014.** Étude des croûtes biologiques de quelques sols gypseux et salins du milieu saharien: cas de la cuvette de Ouargla (sahara septentrional Est Algerien). *Algerian journal of arid environment*, 4 : 45-52
- Bettaybi, K. et Illoul, Y.S. 2017.** Essais de classification des croûtes biologiques des sols des écosystèmes Arides (cas de la région de Ouargla). Mémoire de Master Sciences de l'environnement.
- Brown, G. W. 2013.** Desert Biology: Special Topics on the Physical and Biological Aspectsof Arid Regions. Elsevier.
- Cano-Díaza, C., Mateoa, P., Muñoz-Martína, M.A. and Maestreb, F.T. 2018.** Diversity of biocrust-forming cyanobacteria in a semiarid gypsiferous site from central Spain. *Journal of Arid Environment*, 151 : 83-89.
- Chenchouni, Si Bachir, 2010.** Zones humides et biodiversités - Classification et typologie des zones humides du Bas-Sahara algérien et caractérisation de la biocénose du Lac Ayata (Vallée d'Oued Righ), éditions universitaires européennes EUE.
- Dong, H., Rech, J.A., Jiang, H. Sun, H. and Buck, B.J. 2007.** Endolithic cyanobacteria in soil gypsum- Occurrences in Atacama (Chile), Mojave (United States), and Al-Jafr Basin (Jordan) Deserts. *Journal of Geophysical Research*, 112 : 2-11.
- Hamdi-Aïssa, B., Kaboul, A., Mehda, S., Oustani, M. and Hadj-Mahammed, M. 2016.** Endo/epilithic biological soil crust in the Sahara Desert petrogypsic horizons: a micromorphological approach. In. USGS ed: *3rd International Workshop on Biological Soil Crusts*, September 26 – 30, 2016, Moab, USA, pp 25-26.
- Hamdi-Aïssa, B. et M.C. Girard. 2000.** Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. *Sécheresse*, 3:179-188.

- Hamdi-Aissa, B., Valles, V., Aventurier, A. and Ribolzi, O. 2004.** Soils and brine geochemistry and mineralogy of hyperarid desert playa, Ouargla Basin, Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management*, 18(2):103-126.
- Kaboul, A. 2016.** Etude des croûtes biologiques des sols des zones arides (cas De la région d'Ouargla et la région de El'Oued).
- Karabi, M., Hamdiaissa, B. and Zenkhri, S. 2016.** Microbial diversity and organic matter fractions under two arid soils in Algerian Sahara. *AIP Conference Proceedings* 1758, 030006 (2016); doi: 10.1063/1.4959402.
- Kellogg, C.A., Griffin, D.W. 2006.** Aerobiology and the global transport of desert dust. *Trends Ecol. Evol.* 21: 638-644.
- Kellogg, C.A., Griffin, D.W., Garrison, V.H., Peak, K. K., Royall, N., Smith, R.R. & Shinn, E.A. 2004.** Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events in Mali, West Africa *Aerobiologia* 20: 99–110
- Mokrane, S., Bouras, N., Sabaou, N. and Mathieu, F. 2013 .** Actinomycetes from saline and non-saline soils of Saharan palm groves: Taxonomy, ecology and antagonistic properties. *African Journal of Microbiology Research*, 7(20) : 2167-2178.
- Stivaletta, N. and Barbieri, R. 2009.** Endolithic microorganisms from mound evaporite deposits (southern Tunisia). *Journal of Arid Environment*, 73 :33-39.
- Weber, B., Büdel, B., Belnap, J. (Eds.). 2016.** *Biological Soil Crusts: an Organizing Principle in Drylands.* Springer International Publishing. Berlin: Springer-Verlag.
- Yu, H., Chin, M., Yuan, T., Bian, H., Remer, L.A., Prospero, J.M., Omar, A., Winker, D., Yang, Y., Zhang, Y. Zhang, Z. and Zhao, C. 2015.** The fertilizing role of African dust in the Amazon rainforest: a first multiyear assessment based on data from Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 1984–1991.

Annexes

Annexe I

A- Milieu de culture pour les bactéries : Gélose nutritive à l'extrait de terre (Pochon, 1954):

➤ Extrait de viande	1g
➤ Extrait de levure	2g
➤ Chlorure de sodium.....	5g
➤ Peptone.....	10g
➤ Agar-agar.....	15g

Dissoudre les constituants dans 1l d'eau distillée, puis dans l'autoclave à 121°C pendant 15 min.

B- Milieu de culture pour actinomycètes : milieu de KRAINSKY (Duche, 1934)

➤ Glucose	10g
➤ Asparagine.....	0.5g
➤ Phosphate bi-potassique (PO ₄ HK ₂).....	0.5g
➤ Gélose.....	15g
➤ Eau distillée	1000ml

C- Milieu de culture des algues d'après Pochon (1954)

➤ Nitrate de calcium.....	0.1g
➤ Phosphate bi-potassique.....	0.4g
➤ Sulfate de Manganèse.....	0.4g
➤ Perchlorure de fer.....	traces

D- Milieu pour les champignons : O.G.A

➤ O.G.A.....	30g
➤ L'eau distillée.....	1l

Annexe II

Tableau I. Echelle granulométrique

Taille	<5µm	5 à 100µm	100 à 200 µm	200 à 500 µm	0,5 à 1mm
Classes	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier

Tableau II. Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (Afnor, 1999)

CE (dS/m) à 25°C	Degré de salinité
<0.6	Sol non salé
0.6<CE<2	Sol peu salé
2<CE<2.4	Sol salé
2.4<CE<6	Sol très salé
CE>6	Sol extrêmement salé

Tableau III. Echelle d'interprétation de pH -extrait 1/2,5- (Aubert, 1978)

pH	Interprétation
> 9	Sols très alcalins
8,5<pH<9	Sols fortement alcalins
7,9<pH<8,4	Sols moyennement alcalins
7,4<pH<7,8	Sols légèrement alcalins
6,6<pH<7,3	Sols très légèrement acides
6,H<pH<6,5	Sols légèrement acides
5,6<pH<6	Sols moyennement acides
5,H<pH<5,5	Sols fortement acides
4,5<pH<5	Sols très fortement acides
< 4,5	Sols extrêmement acides

Tableau IV : Classe des sols gypseux (Barzanji, 1973)

Gypse (%)	Nom de classe du sol
<0.3	Non gypseux
0.3 à10	Légèrement gypseux
10 à15	Modérément gypseux
15 à 25	Extrêmement gypseux

Tableau V : Calcaire total (Baise, 2000)

CaCO ₃ total	Horizon
CaCO ₃ < 1	Horizon non calcaire
1 < CaCO ₃ <5	Horizon peu calcaire
5 <CaCO ₃ < 25	Horizon modérément calcaire
25 < CaCO ₃ <50	Horizon fortement calcaire
50 < CaCO ₃ <80	Horizon très calcaire
80 < CaCO ₃	Horizon excessivement calcaire

Coloration de Gram

Technique de coloration qui est la plus utilisée dans l'étude et la classification des bactéries en deux grands groupes : les bactéries à Gram positif et à Gram négatif.

A partir des boîtes de pétries contenant des souches de bactéries différentes : Observer l'aspect, la couleur et la forme des colonies

a) Faire un frottis

- Flamber l'anse de platine jusqu'à ce qu'elle devienne rouge.
- Laisser refroidir l'anse.
- Trouver une colonie isolée sur la gélose
- Toucher à cette colonie avec l'anse de platine.

- Émulsionner les bactéries prélevées dans la gouttelette d'eau.
- Flamber l'anse de platine jusqu'à ce qu'elle devienne rouge.
- Fixer le frottis à la chaleur de bec benzen
- Débuter la coloration.

b) Coloration

1. Déposer quelques gouttes de solution de violet de gentiane sur le frottis fixé (1minute).
2. Rejeté le violet de gentiane et Rincer très brièvement en faisant couler de l'H₂O sur la lame au Dessus du frottis.
3. Déposer quelques gouttes de lugol sur le frottis, qui facilite la fixation du colorant. (Laisser agir 1 minute).
4. Décoloré à l'alcool pendant 10 secondes puis l'alcool est éliminé par un rinçage abondant à l'eau distillée.
5. La dernière étape de la coloration consiste à faire un deuxième colorant rose (la fuchsine diluée) de 30 secondes à 1 minute.
6. Laver a l'eau.
7. Sécher et examiner à l'immersion (Denis *et al.*, 2012).

Annexe III

Table de Mac Grady

Tables NPP (d'après la norme ISO 7218 :1996(F))

Tableau 1 - Table NPP pour 3 x 1 g (ml), 3 x 0,1 g (ml) et 3 x 0,01 g (ml).

Nombre de résultats positifs			NPP	Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré	Limites de confiance			
					>95%	>95%	>99%	>99%
0	0	0	<0,30		0,00	0,94	0,00	1,40
0	0	0	0,30	3	0,01	0,95	0,00	1,40
0	1	0	0,30	2	0,01	1,00	0,00	1,60
0	1	1	0,61	0	0,12	1,70	0,05	2,50
0	2	0	0,62	3	0,12	1,70	0,05	2,50
0	3	0	0,94	0	0,35	3,50	0,18	4,60
1	0	0	0,36	1	0,02	1,70	0,01	2,50
1	0	1	0,72	2	0,12	1,70	0,05	2,50
1	0	2	1,1	0	0,4	3,5	0,2	4,6
1	1	0	0,74	1	0,13	2,00	0,06	2,70
1	1	1	1,1	3	0,4	3,5	0,2	4,6
1	2	0	1,1	2	0,4	3,6	0,2	4,6
1	2	1	1,5	3	0,5	3,8	0,2	5,2
1	3	0	1,6	3	0,5	3,8	0,2	5,2
2	0	0	0,92	1	0,15	3,50	0,07	4,60
2	0	1	1,4	2	0,4	3,5	0,2	4,6
2	0	2	2	0	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	0	1,5	1	0,4	3,8	0,2	5,2
2	1	1	2,0	2	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	2	2,7	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	0	2,1	1	0,5	4,0	0,2	5,6
2	2	1	2,8	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	2	3,5	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	0	2,9	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	1	3,6	0	0,9	9,4	0,5	14,2
3	0	0	2,3	1	0,5	9,4	0,3	14,2
3	0	1	3,8	1	0,9	10,4	0,5	15,7
3	0	2	6,4	3	1,6	18,1	1,0	25,0
3	1	0	4,3	1	0,9	18,1	0,5	25,0
3	1	1	7,5	1	1,7	19,9	1,1	27,0
3	1	2	12	3	3	36	2	44
3	1	3	16	0	3	38	2	52
3	2	0	9,3	1	1,8	36,0	1,2	43,0
3	2	1	15	1	3	38	2	52
3	2	2	21	2	3	40	2	56
3	2	3	29	3	9	99	5	152
3	3	0	24	1	44	99	3	152
3	3	1	46	1	9	198	5	283
3	3	2	110	1	20	400	10	570
3	3	3	>110					
autres valeurs			non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F)					

Résumé

Le présent travail a été entrepris dans le but de la caractérisation quantitative et qualitative des microorganismes des poussières dans deux stations représentatives de la région saharienne. Il s'agit de la station de M'rara (Région d'El Oued) et stations de Melala (Région de Ouargla) situées au Sud Est de l'Algérie. La biomasse microbienne a été quantifiée par la méthode de dénombrement des principaux groupes microbiens (Bactéries, Actinomycètes, Champignons, Algues).

Les résultats globaux de dénombrement des groupes microbiens au niveau des deux stations révèlent la prédominance de la microflore bactérienne, secondée par la microflore fongique en suite les actinomycètes enfin par la microflore algale. Les résultats relatifs à la détermination de la biomasse microbienne semblent varier d'une station à l'autre, toutefois les meilleurs résultats ont été enregistrés au niveau de la station de Melala. L'aspect macroscopique et microscopique montre que les sols étudiés sont peuplés d'une microflore microbienne diversifiée. L'ensemble des résultats obtenus montrent la capacité des microorganismes des poussières sahariennes à s'adapter aux conditions écologiques extrêmes caractérisant les milieux arides.

Mots clés : M'rara, Melala, microorganismes, dénombrement, poussières sahariennes.

Microbiological characterization of Saharan dust transported on the soil surface of the lower Sahara.

Abstract

The present work was undertaken for the purpose of quantitative characterization and quality of dust microorganisms in two representative stations of the Saharan region. This is the M'rara resort (El Oued region) and Melala resorts (Ouargla region) located in South East Algeria. Microbial biomass was quantified by counting the main microbial groups (Bacteria, Actinomycetes, Fungi, Algae).

The overall results of enumeration of the microbial groups at the two stations reveal the predominance of the bacterial microflora, supported by the fungal microflora after the actinomycetes and finally by the algal microflora. The results for the determination of microbial biomass appear to vary from one station to another, but the best results have been recorded at the Melala station. The macroscopic and microscopic aspect shows that the studied soils are populated by a diversified microbial microflora.

All the results obtained show the capacity of Saharan dust microorganisms to adapt to the extreme ecological conditions characterizing arid environments.

Keywords: M'rara, Melala, microorganisms, enumeration, Saharan dust.

الوصف الميكروبيولوجي للغبار الصحراوي المنقول على سطح التربة في الصحراء السفلى

ملخص

أجريت هذه الدراسة بهدف التصنيف الكمي والنوعي للكائنات الحية المجهرية لغبار المناطق الصحراوية على مستوى محطتي المرارة (منطقة الوادي) و سبخة ملالة (منطقة ورقلة) الواقعة في جنوب شرق الجزائر. تم قياس الكتلة الحيوية الميكروبية من خلال عد المجموعات الجرثومية الرئيسية (البكتيريا، الفطريات الشعاعية، الفطريات الدقيقة، الطحالب).

النتائج العامة لتعداد المجموعات الميكروبية في المحطتين تكشف عن غلبة البكتيريا الميكروبية، تليها الفطريات الدقيقة ثم الفطريات الشعاعية وأخيراً الطحالب المجهرية. نلاحظ من خلال النتائج المتحصل عليها أن الكتلة الحيوية الميكروبية تختلف من محطة إلى أخرى، حيث تم تسجيل أفضل النتائج في محطة سبخة ملالة. يوضح المظهر الماكروسكوبي والميكروسكوبي أن التربة المدروسة مأهولة ببكتيريا ميكروبية متنوعة تظهر جميع النتائج التي تم الحصول عليها قدرة الكائنات الدقيقة للمناطق الصحراوية على التكيف مع الظروف البيئية القاسية التي تميز البيئات القاحلة.

الكلمات المفتاحية: المرارة، ملالة، الكائنات الدقيقة، التعداد، الغبار الصحراوي.