

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques
Spécialité : Agronomie Saharienne
Option : Mise en valeur des sols Sahariennes

THEME

***Contribution à l'étude des caractéristiques
microbiologiques des sols dans la région de Ouargla
(Cas de l'exploitation de l'Université de Ouargla)***

Présenté et soutenu publiquement par :

M^{le} BEDJADJ Souad
Le 23/06/2011

Devant le jury :

Président :	Mr. CHELOUFI H	M.C.A.Univ. K. M. Ouargla
Promoteur :	Mr. ZENKHRI S	M.A.A.Univ. K. M. Ouargla
Examineur :	Mr. KARABI M	M.C.B.Univ. K. M. Ouargla
Examineur :	Mr. CHAICH	M.C.A.Univ. K. M. Ouargla
Examinatrice	M ^{ELLE} OUSTANI	M.C.A.Univ. K. M. Ouargla

Année Universitaire : 2010/2011

REMERCIEMENT

Je remercie tout d'abord le bon Dieu qui m'a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail

*Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude à mon encadreur **M. ZENKHERI S.** qui a accepté de m'encadrer, de diriger ce travail, et pour son aide très précieuse.*

*Je tiens à exprimer mes remerciements à mon Co-promoteur: **M. KARABI** pour sa contribution concrète son aide et ses conseils afin de terminer ce travail.*

Je remercie les membres du jury qui m'ont honoré en acceptant d'examiner ce travail.

***M CHELOUFI H** Maître de Conférence à l'université de Ouargla qui ma fait l'honneur de présider ce jury*

***M CHAICH K** Maître assistant d'avoir accepté de faire partie du jury*

***M^{lle} OUSTANI M** Maître assistant qui m'a fait le grand honneur d'accepter de faire partie du jury*

Mes sincères remerciements vont également à toute l'équipe du service du laboratoire de pédologie et microbiologie du département science de la nature et de la vie, pour leur précieuse aide et collaboration.

Liste des tableaux

N^o Tableau	Titre	Pages
Tableau I	les grands groupes des microorganismes du sol	04
Tableau II	Facteurs de variation de l'activité microbienne	15
Tableau III	Données climatiques de la région de Ouargla (2001-2010)	28
Tableau IV	Place de notre sol dans les systèmes de classification	34
Tableau V	Caractéristiques physico-chimiques des deux sols	42
Tableau VI	Résultats de dénombrement des microorganismes telluriques étudiés	43

Liste des abréviations

INRA	Institut Nationale de la Recherche Agricole
pH	Potentiel Hydrogène
MO	Matière Organique
I.T.A.S	Institut Technique de l'Agronomie Saharienne
CPCS	Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols
FAO	Food and Agriculture Organization
OGA	Oxytetracyclique Glucose Agar
NPP	Nombre le Plus Probable
O.N.M	Office National de Météorologie
CE	Conductivité Electrique
EDTA	Ethylène Diamine Tétra Acétique

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
Figure 01	Position géographique de la région de Ouargla	27
Figure 02	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ouargla (2001- 2010)	30
Figure 03	Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla	31
Figure 04	Image satellitaire du site expérimental (image Google Earth, 2001)	33
Figure 05	Composition granulométrique des deux sols (a : sol nu, b : sol cultivé)	44
Figure 06	Densité de la microflore bactérienne de deux sols	49
Figure 07	Densité des actinomycètes dans les deux sols	52
Figure 08	Densité de la microflore fongique des deux sols	54
Figure 09	Densité de la microflore algale des deux sols	56

TABLE DES MATIERES

	Page
Introduction	1
Première partie : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Microbiologie des sols arides	
I-1-Définition de la microbiologie	3
I-2-Caractéristiques de la microbiologie du sol	3
I-3-Les grands groupes des microorganismes du sol	4
I-4-Les microorganismes des sols arides	4
I-4-1- Bactéries	5
I-4-2-Actinomycètes	5
I-4-3-Champignons	6
I-4-4-Algues	7
I-5-Répartition des microorganismes	8
I-6-Densité et biodiversité	8
I-7-Rôle des microorganismes telluriques dans les sols arides	9
Chapitre II : Effet du milieu aride sur le fonctionnement des microorganismes du sol	
II-1 Facteurs de variation de l'activité des micro-organismes du sol	10
II-1-1- Facteurs énergétiques	10
II-1-2-Facteurs physiques	10
II-1-2-1-Texture du sol	10
II-1-2-2-Structure du sol	
II-1-2-3-Travail du sol et activité microbiologique	11
II-1-3-Facteurs chimiques	12
II-1-3-1-Réaction du sol (pH)	12
II-1-3-2-Pouvoir oxydo-réducteur	12
II-1-3-3-Salinité	12
-Voie d'action des sels sur les microorganismes	13
II-1-4-Les facteurs climatiques	13
II-1-4-1-L'humidité du sol	13

II-1-4-2-Température	13
II-1-4-3-Influence des saisons	14
II-1-5-Les facteurs biologiques	14
II-1-5-1-Végétation	14
II-1-5-2-Interactions biologiques	15
Chapitre III : Effet des microorganismes sur le milieu	
III-1-Biodégradation de la matière organique	16
III-1-1-Minéralisation primaire	16
III-1-1-1-Dégradation des glucides simples	16
III-1-1-2- Dégradation de l'amidon	17
III-1-1-3- Dégradation de la cellulose	17
III-1-1-4- Dégradation de l'hémicellulose	17
III-1-1-5- Dégradation de la lignine	18
III-1-1-6-Dégradation des composés pectiques : cas de la pectine	18
III-1-1-7-Dégradation des lipides	18
III-1-1-8-Dégradation des protéines	18
III-1-2-humification	18
III-1-2-1-Rôles des microorganismes dans la formation de l'humus	19
III-1-3- Minéralisation secondaire	19
III-2-Action de la microflore tellurique sur le sol	20
III-2-1-Modification de la composition de l'atmosphère du sol et de la teneur en gaz dans la solution du sol	20
III-2-2-Thermogenèse microbienne	20
III-2-3-Modification du pH d'origine microbienne	20
III-2-4-Rôles des microorganismes dans la structure du sol	20
III-2-4-1-Les mécanismes de l'agrégation microbienne	20
III-2-4-2-Les microorganismes responsables de l'agrégation	20
III-3-Les cycles biogéochimiques	22
III-3-1- Cycle du carbone	22
III-3-2- Cycle de l'azote	22
III-3-2-1-Fixation de l'azote atmosphérique	23
III-3-2-2-Transformation de l'azote dans le sol	23

-Minéralisation et synthèse de l'azote organique	23
-L'ammonification	23
-La nitrification	23
a- Nitritation	24
b- La nitratisation	24
III-3-2-3- Les principales voies de perte de l'azote dans le sol	24
-Dénitrification	24
-Lessivage	25
-Volatilisation	25
-Réorganisation	25
-Rétrogradation	25
II-3-2-4-Immobilisation de l'azote	25
Deuxième partie : Expérimentation	
Chapitre I : Présentation de la région d'étude	
I-1-Situation géographique	26
I-2-Climat	28
I-2-1-La température	28
I-2-2-Les précipitations	29
I-2-3-L'humidité relative	29
I-2-4-L'évaporation	29
I-2-5-Les vents	29
I-2-6-L'insolation	29
I-2-7-Synthèse climatique	30
I-2-7-1-Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	30
I-2-7-2-Climagramme d'EMBERGER	30
I-3-Pédologie de la région	31
Chapitre II : Matériel et méthodes	
II-1-Caractéristiques de la station	33
I-2- Choix de la station	34

I-3-Classification pédologique du sol étudié	34
II-3- Techniques d'échantillonnage	35
II-3-1-Techniques d'échantillonnages pour les analyses microbiologiques	35
- Période d'échantillonnage	35
-Prélèvement des échantillons	35
-Horizon de prélèvement	36
-Conservation et transport des échantillons	36
-Détermination du taux d'humidité	36
II-3-2-Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques	36
II-4-Technique d'analyse	37
II-4-1-Les analyses physico-chimiques	37
II-4-1-1- L'humidité	37
II-4-1-2-Granulométrie	37
II-4-1-3-pH	37
II-4-1-4-Conductivité électrique(CE)	37
II-4-1-5-Calcaire total	37
II-4-1-6-Bilan ionique	38
II-4-1-7-Dosage du carbone organique	38
II-4-1-8-Dosage de l'azote total	39
II-4-2-Analyses microbiologiques	39
II-4-2-1-Techniques de dénombrement des microflore telluriques	39
II-4-2-1-1-Dénombrement de microflore bactérienne	40
II-4-2-1-2-Dénombrement des actinomycètes	40
II-4-2-1-3-Dénombrement de la microflore fongique	41
II-4-2-1-4-Dénombrement de microflore algale	41
Troisième partie : Résultats et discussion	

I-1-Résultats des Analyses physico-chimiques des sols	42
I-2-Résultats des analyses microbiologiques	43
II-1-Discussion des analyses physico-chimiques	44
II-2-Discussion des analyses microbiologiques	47
a) Microflore bactérienne	49
b) Actinomycètes	49
c) Microflore fongique	54
d) Microflore algale	56
Conclusion générale	58
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des photos

Photo N°	Titre	Page
Photo 01	Sol cultivé (a) et sol nu (b) de l'exploitation de l'université d'Ouargla	35
Photo 02	Aspect macroscopique (a) et microscopique (b) (Gx100) d'une colonie bactérienne isolée	49
Photo 03	Aspect macroscopique (a) et microscopique (b) (GX400) d'une culture d'actinomycète	52
Photo 04	Aspect macroscopique (a) et microscopique (b) (GX100) d'une culture fongique	54
Photo 05	Aspect macroscopique (a) et microscopique (b) (GX100) des algues	56

Introduction

Le sol est un support de vie, abrite une faune et une microflore très variées et abondantes. Ses activités vitales sont essentielles au fonctionnement des écosystèmes et à la formation du sol (**GOBAT et al, 2003**).

Pendant longtemps, on s'est imaginé que la plus part des sols désertiques sont complètement stériles ; par suite des conditions climatiques extrêmes qui entravent la vie microbienne. Mais de nombreuses recherches consacrées à la microbiologie de ces sols prouvent l'existence d'une microflore abondante et diversifiée.

Les régions arides connaissent depuis le début du 20^{ème} siècle une dégradation excessive de la flore et de la faune. Cette dégradation des sols est le résultat conjugué de facteurs naturels et d'actions anthropiques.

Les recherches en matière des sols arides ont été très actives ces dernières années, avec certains changements aussi bien dans les objectifs que dans les méthodes d'approche, mais peu de travaux ayant été réalisés en ce qui concerne la microbiologie de ces sols. On cite les travaux de KILLIAN et FEHER (1939) ; SASSON (1967) ; SABAOU (1988) ; MEKHAZNI (1990) ; HALITIM et DELLAL (1992) ; DELLAL (1994) ; BECHAR (2004) ; OUSTANI (2006) et KARABI (2010).

La notion de fonctionnement biologique du sol correspond à un système d'interactions entre différents compartiments de la couverture pédologique qui font intervenir un acteur biologique (micro-organisme), ces interactions induisant un certains nombres de fonctions écologiques, agronomiques ou environnementales de la couverture pédologique (**GLUZEAU et al. 2005**).

L'objectif majeur des recherches en microbiologie du sol est de comprendre le déroulement des processus microbiens dans les sols et leur rôle dans le maintien et l'amélioration de leur fertilité; il devient alors possible d'envisager de maintenir et d'améliorer la fertilité et la productivité à long terme des sols en choisissant des pratiques culturales qui influencent de façon bénéfique les activités microbiennes.

L'objectif du présent travail est d'étudier l'aspect microbiologique à travers une comparaison entre deux sols différents de point de vue végétation situés au niveau de l'exploitation de l'université de Ouargla (ex-ITAS), par le dénombrement des principaux groupes microbiens (bactéries, actinomycètes, champignons et algues).

Ce mémoire s'articule en trois parties

La première partie présente une synthèse bibliographique qui regroupe trois chapitres, le premier sur les microorganismes des sols arides, le deuxième chapitre sur l'effet de milieu aride sur le fonctionnement des microorganismes et le troisième chapitre sur l'effet des microorganismes sur le milieu.

La deuxième partie est expérimentale : présentation de la région d'étude, méthodologie adoptée pour la réalisation des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

La troisième partie de ce mémoire est consacrée aux résultats et discussion.

La microbiologie du sol est une branche de l'écologie microbienne qui a essentiellement pour objectif : l'étude du rôle des micro-organismes dans le sous-écosystème constitué par le sol, la microflore, la faune du sol et les plantes (**DOMMERGUES, 1999**)

I-1-Définition de la microbiologie

La microbiologie des sols a pour but l'étude des micro-organismes proliférant dans le sol en utilisant un groupe de techniques qui visent à estimer quantitativement et qualitativement les micro-organismes à les isoler et à étudier leurs activités (**POCHON et TCHAN, 1948**).

I-2-Caractéristiques de la microbiologie du sol

La microbiologie du sol est orientée vers l'étude du comportement de micropopulations complexes. Elle diffère des différentes disciplines par les caractéristiques très particulières du sol en tant que milieu pour le développement de microorganismes (**ROGER et GARCIA, 2001**).

- Le sol est constitué par une juxtaposition de macro et de microhabitats dans lesquels les conditions écologiques peuvent, à un moment donné, être très différentes les unes des autres ;
- Le sol est un support organique et minéral qui ne se comporte absolument pas comme un substrat inerte.
- L'énergie nécessaire au développement des microorganismes hétérotrophes qui constituent la plus grande partie des micropopulations telluriques, provient presque exclusivement de la photosynthèse végétale. On conçoit, dans ces conditions, toute l'importance que revêt, en microbiologie du sol, l'étude du facteur végétation.

I-3-Les grands groupes des microorganismes du sol

Tableau I : les grands groupes des microorganismes du sol (ROGER et GARCIA, 2001)

Grands groupes	Taxons considérés comme importants dans le sol
Bactéries	Pseudomonas
	Bacillus
	Protistes inférieures
Actinomycètes	Mycobactériacées
	Actinomycétacées (ou Proactinomycètes)
	Streptomycétacées
	Actinoplanacées
Champignons	Moisissures à plasmodium
	Champignons à flagelle
	Zygomycètes
	Champignons supérieurs
	Champignons imparfaits
Algues	Algues vertes
	Eugléniens
	Algues jaunes, Diatomées
	Testacés
	Flagellés
	Ciliés

I-4-Les microorganismes des sols arides

Bactéries, actinomycètes, champignons et algues, sont les micro-organismes qui entrent dans la composition des micro-biocénoses des sols arides, ce qui montre la variabilité de la microflore dans ces biotopes (SASSON, 1967).

Les micro-organismes du sol, de part leur diversité taxonomique et fonctionnelle, jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement du sol, dans les cycles du carbone et de

l'azote, dans la biodisponibilité des éléments nutritifs, la dégradation des polluants organiques, rétention de polluants métalliques, action sur la structure des sols, etc (INRA, 2008).

I-4-1- Bactéries

Le sol constitue le milieu naturel de toute une série d'espèces aérobies (VERPLANCKE, 1932). Dans l'ordre des Pseudomonales et Eubactériales, on retrouve les principaux genres vivants dans le sol (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970). Les bactéries du sol ont une grande variété de formes. Elles peuvent être mobiles ou immobiles, et posséder ou non des formes de résistance (spores, kystes) (ROGER et GARCIA, 2001). Elles prolifèrent dans les milieux les plus riches en N, et peu acides ; elles sont surtout abondantes autour des racines de certaines plantes (graminées, légumineuses), au sein de la rhizosphère. La plupart d'entre elles sont hétérotrophes et saprophytes.

-Rôle dans le sol

Leur action sur la formation et l'évolution du sol est avant tout biogéochimique : minéralisation de la matière organique, solubilisation/précipitation des minéraux...etc ; mais agissent également sur la structure du sol de part leur contribution à la formation de microagrégat. Les bactéries sécrètent des composés organiques qu'on appelle humine bactérienne, constituant à part entière la matière organique humifiée (GOBAT et al.2003).

I-4-2-Actinomycètes

Décrits comme un groupe distinct par les microbiologistes du sol (ROGER et GARCIA, 2001), les actinomycètes sont en fait des Eubactéries Gram positives (PRESCOTT et al, 2003) à structure végétative de type mycélien. Les genres les plus fréquents sont *Streptomyces* et *Nocardia* (BONNEAU et SOUCHIER, 1979). Les *Streptomyces* produisent un composé odorant appelé géosmine qui donne aux sols leur odeur caractéristique (PRESCOT et al, 2003).

-D'après (ROGER et GARCIA, 2001), les caractéristiques principales de genres d'Actinomycètes fréquents dans les sols :

- ✓ **Nocardia** : Filaments qui se fragmentent rapidement en unités bactériiformes. Les filaments se développent rarement au-dessus du milieu de culture ;

- ✓ **Streptomyces** : Longues chaînes de spores formées sur des filaments qui se développent au dessus du milieu de culture. De nombreuses espèces produisent des antibiotiques ;
- ✓ **Streptosporangium** : Spores formées dans des sporanges ou en chaînes sur les filaments au dessus du milieu. Colonies morphologiquement semblables aux Streptomyces ;
- ✓ **Micromonospora** : Les filaments ne se développent pas au dessus du milieu. Spores uniques produites dans ou à la surface du milieu. Croissance lent

-Rôle dans le sol

Leur rôle dans le sol est important, grâce à leur capacité de dégradé des molécules complexes non biodégradable par les champignons où les autres bactéries, telle que la chitine (STRUB., 2008). En raison de leur aptitude à dégrader la chitine, de très nombreux Actinomycètes sont capables de décomposer les membranes des Champignons et peuvent ainsi poursuivre la dégradation de la matière organique entreprise par la microflore fongique (ROGER et GARCIA, 2001), contribuant ainsi à la fertilisation des sols (AVRIL et al, 2009) et en plus ils produisent de nombreuses métabolites (DUCHAUFOR et al, 2001).

Les actinomycètes pourraient aussi intervenir dans les processus d'humification en produisant des composés proches des acides humiques.

I-4-3-Champignons

Sont des microorganismes non photosynthétiques, les champignons regroupent une grande variété d'organismes Eucaryotes qui sont divisés en sous-groupes en fonction de critères morphologiques (ROGER et GARCIA, 2001).

Les champignons semblent être plus résistants que les bactéries aux conditions d'aridité (BERTHELIN, 1999).

Les champignons du sol ou mycètes sont des levures, des champignons supérieurs et surtout des moisissures des genres Penicillium, Aspergillus, Fusarium, Rhizoctonie, mucor, Trichoderma... (SOLTNER, 2005).

Les genres *Aspergillus* et *Penicillium* représentent un pourcentage important de la microflore fongique désertique (ZEGHIB, 2010).

Les champignons se rencontrent dans le sol principalement à l'état de mycélium. Actuellement on admet que la flore fongique du sol comprend divers types qui varient quantitativement et qualitativement avec la réaction du sol, le degré d'humidité, la nature et la quantité des substances organiques du sol. Parmi lesquelles on retrouve :

-  -Oomycètes
-  -Zygomycètes
-  -Ascomycètes
-  -Basidiomycètes

-Rôle des champignons dans le sol

Les champignons constituent les agents principaux de la décomposition de la matière organique dans les sols exondés. Leur rôle dans le cycle de l'azote est peu spectaculaire. Leur rôle essentiel est la minéralisation du carbone organique (ROGER et GARCIA, 2001).

Les champignons participent à la stabilité structurale du sol à travers leur structure mycélienne ramifiée qui assure une cohésion particulière dans les couches superficielles du sol (GOBAT et al. 2003)

I-4-4-Algues

Les algues constituent le principal groupe microbien photosynthétique (BONNEAU et SOUCHIER, 1979), peuvent être définies comme des Thallophytes chlorophylliens de sorte qu'elles répondent à des types très divers, depuis des organismes unicellulaires jusqu'à des formes massive (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

Les algues se subdivisent en deux groupes distincts selon (DOMMERGUES, 1977)

➤ Algues bleu-vert appelées aussi Cyanophycées ou Cyanobactéries renfermant des espèces capables de fixer l'azote moléculaire.

➤ Algues eucaryotes, elles mêmes subdivisées en fonction de la nature de leur système pigmentaire: algues vertes, algues brunes, algues rouges.

Les algues supportent facilement les périodes de sécheresses à laquelle sont exposées les terres et on les trouve dans toutes les couches (**VERPLANCKE, 1932**). Les algues de la surface d'une terre peuvent utiliser les radiations solaires et assimiler l'azote soluble. Dans les couches profondes ces organismes sont hétérotrophes.

-Rôle des algues

Les algues, en raison de leur caractère photosynthétique, ont une signification différente des autres microorganismes du sol, elles constituent le producteur primaire principal.

Par les mucilages qu'elles produisent et par l'action mécanique des filaments, elles ont un rôle important dans l'amélioration de la structure des sols exondés dont elles augmentent l'agrégation. Elles protègent les environnements arides ou désertiques contre l'érosion en formant des croûtes à la surface du sol (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**). Les algues participent à la cohésion des particules du sol à travers la production de polysaccharides (**DAVET, 1996**).

I-5-Répartition des microorganismes

Bien qu'il soit connu que les microorganismes sont à des profondeurs notables dans les sols des régions arides, c'est l'horizon superficiel qui est le plus actif du point de vue biologique et les microorganismes sont les plus représentatifs (**SASSON, 1967**), et cette densité diminue progressivement avec la profondeur

I-6-Densité et biodiversité

D'après (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**), les densités bactériennes sont faibles mais, elles tombent rarement en dessous de 10^4 à 10^5 germes par grammes de sol sec dans les horizons superficiels.

RIVKIND(1929) cité par **KILLIAN et FEHER (1939) in OUSTANI, 2006**, a signalé que dans les sols sahariens, la microflore totale variait entre 120 et 220.10^6 de germes par

gramme de terre dans les sols cultivés, alors qu'elle n'était que de 28.10^6 germes par gramme de terre dans les sols incultes.

Au sujet de la biodiversité de microflore désertiques, **KILLIAN et al (1939)**, sont arrivés à isoler 98 espèces des bactéries, 28 espèces des champignons et 84 espèces d'algues.

I-7-Rôle des microorganismes telluriques dans les sols arides

Les microorganismes jouent un rôle important à la fois dans la formation du sol et dans son fonctionnement (**ROBERT, 1996**). Parmi les rôles de la microflore dans les sols arides on peut citer les suivant :

-L'activité biologique est un facteur important de la genèse et la formation des sols (**BERTHELIN, 1999**) ;

-L'amélioration de la structure des sols, c'est ainsi que certains travaux ont mis l'accent sur l'importance des filaments mycéliens des champignons, des polysides d'origine bactériennes, dans l'agrégation des particules du sol (**SASSON, 1967**) ;

-Certains microorganismes (algues), forment de véritables croûtes protectrices contre l'érosion et l'évaporation, et favorisent l'installation des plantes (**MACALADY, 1996**) ;

-La solubilisation des éléments minéraux indispensables à la vie des végétaux supérieurs : Ca, P, K... (**POCHON et TCHAN, 1948**) ;

-L'une des plus importantes fonctions des microorganismes dans les sols désertiques est: la fixation de l'azote et du carbone atmosphériques (**DOMMERGUES, 1999**) ;

-Les microorganismes sont à la base de la production du carbone organique dans les écosystèmes désertiques, lorsque la biomasse végétale est faible (**MACALADY, 1996**) ;

-Enfin il est important de rappeler que la transformation de la fraction organique du sol dépend étroitement des communautés microbiennes (**SASSON, 1967**).

I-1-Situation géographique

La ville d'Ouargla est située au Sud-est de l'Algérie, à une distance de 800 km d'Alger. Elle constitue la plus grande Oasis du Sahara algérienne. Ces coordonnées géographiques sont

- Altitude : 157 m
- Latitude : 31°58' nord.
- Longitude : 5°20' est.

Elle occupe une superficie de 163,230 Km², dont les limites administratives sont

- Nord-Ouest : la wilaya d'El-Oued.
- Sud-ouest : la wilaya de Tamanrasset.
- Sud-est : la wilaya d'Illizi.
- Ouest : a wilaya de Ghardaïa.
- Est : la wilaya d'El-Oued et les frontières Alghero-tunisiennes.

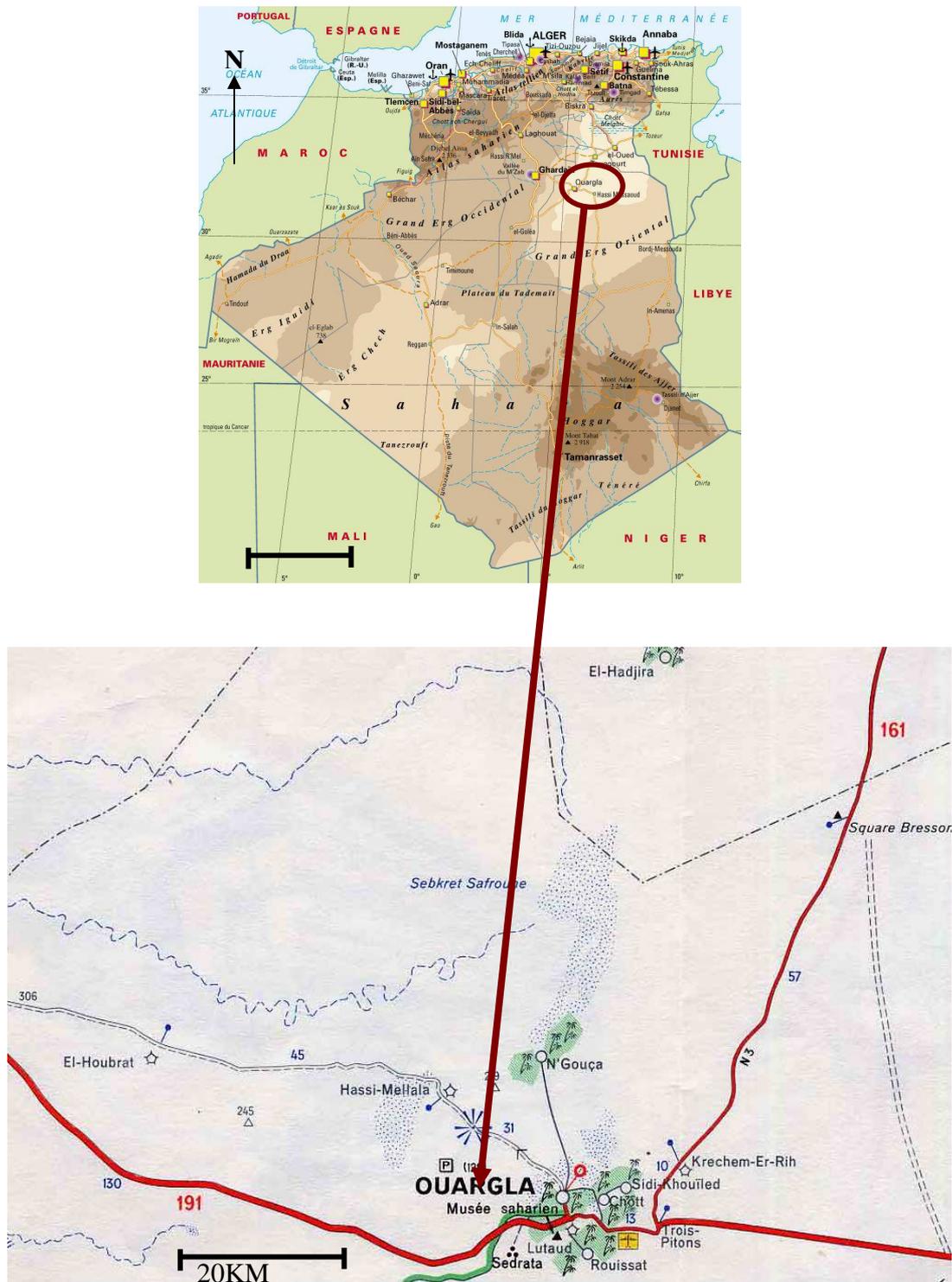


Figure N°01 : Position géographique de la région de Ouargla (ONA, 2009).

I-2-Climat

La région de Ouargla se caractérise comme l'ensemble du bas Sahara par un climat de type désertique, dont les amplitudes thermique entre les minima et les maxima sont importantes et par une pluviométrie très faible, il est à souligner que ce type de climat se distingue par une forte insolation et une forte luminosité.

Tableau III : Données climatiques de la région de Ouargla (2001-2010) (O.N.M, 2011)

	T M (C°)	T m (C°)	H (%)	V (m/s)	Evap (mm)	Ins. (h)	Tmoy (C°)	P. (mm)
Janvier	18,88	5,27	52,72	2,83	111	247,5	12,11	8,64
Février	21,26	7,22	46,77	3,25	145,3	237,2	14,13	0,9
Mars	25,9	10,99	38,79	3,89	225,3	258,1	18,55	5,06
Avril	29,9	15,24	33,33	4,36	253,47	279,5	22,74	1,21
Mai	34,8	19,96	29,96	4,49	320,16	291,5	27,62	0,25
Juin	39,46	24,9	24,38	4,58	400,18	281,1	32,76	0,63
Juillet	43,71	28,28	23,32	4,03	438,53	330	36,13	0,22
Août	43,37	27,7	25,18	3,62	411,01	322,5	35,24	1,9
Septembre	37,09	23,38	35,41	3,44	291,24	267,1	30,35	3,62
Octobre	32,29	17,98	44,9	3,27	220,19	257,2	25,17	6,3
Novembre	23,91	10,13	51,72	2,71	135,6	248,5	16,93	6,38
Décembre	19,23	6,13	53,66	2,64	93,48	214,3	12,59	1,94
Moyenne/ Cumul	30,82	16,43	38,345	3,5925	3045,6*	269,541	23,69	37,05*

TM : température moyenne maximale ; **Tm** : température moyenne minimale ;

Tmoy : température moyenne annuelle ; **P** : Pluviométrie ; **H** : humidité ;

E : évaporation ; **V.V.** : vitesse de vent ; **I** : insolation ; ***** : cumul annuel.

Les données climatiques représentées dans le tableau montrent

I-2-1-La température

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 23 ,96°C, la température maximale est enregistré pendant le mois du Juillet c'est-à-dire le mois le plus chaud (43.71°C), le mois le plus froid c'est Janvier est de l'ordre 5,27°C.

Les températures de Ouargla sont nettement plus contrastées que dans les autres oasis sahariennes. (KOULL, 2007).

I-2-2-Les précipitations

Dans la région de Ouargla, les pluies sont rares et irrégulières d'un mois à un autre à travers les années. Les pluies tombent avec un maximum en Janvier de 8,64mm. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 37,05mm (O.N.M. 2011)

I-2-3-L'humidité relative

Pour cet élément le maximum est enregistré 53,66% au mois de Décembre et un minimum de 23,32% au mois de juillet.

I-2-4-L'évaporation

L'évaporation est l'un des facteurs caractérisant l'aridité d'une région. Elle augmente avec la température, la sécheresse et l'agitation de l'air

Dans la région de Ouargla, les mois de Juin, Juillet et Aout sont les mois ou on remarque le maximum d'évaporation annuelle (438,53mm/an).

I-2-5-Les vents

Les vents dans la région sont fréquents, ils soufflent tout le long de l'année surtout la période s'étale de Mars à Juillet, dans différentes directions selon les saisons :

Selon (SAGGAI, 2001), en hiver ce sont les vents d'ouest qui dominent, au printemps ; du nord, nord-est et de l'ouest. En été ; du nord, à l'automne ; du nord. Les vents de sable soufflent notamment au printemps du nord-est sud-ouest, avec une vitesse maximale de 4,58m/s au mois de Juin. La vitesse moyenne annuelle des vents est de 3,59m/s.

I-2-6-L'insolation

La durée d'insolation la plus important est remarqué au mois de Juillet 330heures, et le faible est mentionné au mois de Décembre 214,3 heures.

I-2-7-Synthèse climatique

I-2-7-1-Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme Ombrothermique de **BAGNOULS** et **GAUSSEN** est une méthode graphique qui détermine la période sèche dans l'année, il est utilisé le principe d'échelle $P = 2T$.

P : Précipitation.

T : Température moyenne annuelle.

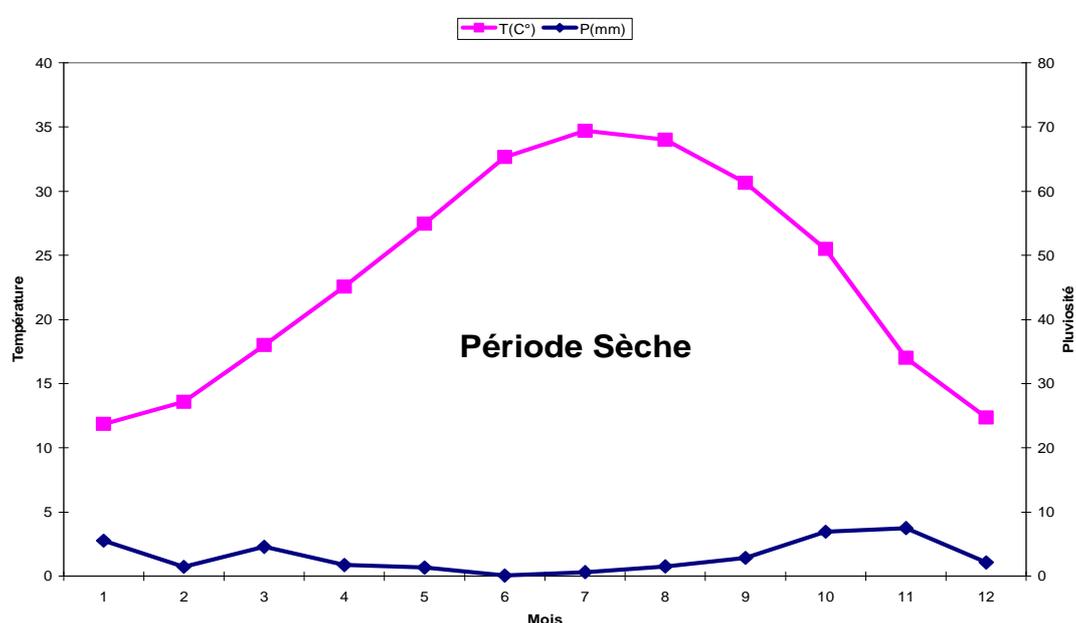


Figure N° 02 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ouargla (2001-2010).

I-2-2-Climagramme d'EMBERGER

$$Q3 = 3,43P / M-m.$$

Q3 : Le quotient pluviométrique d'EMBERGER ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C ;

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C ;

3,43 : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie ; A partir de ce Climagramme, on constate que l'étage bioclimatique de la région de Ouargla est saharien à hiver doux,

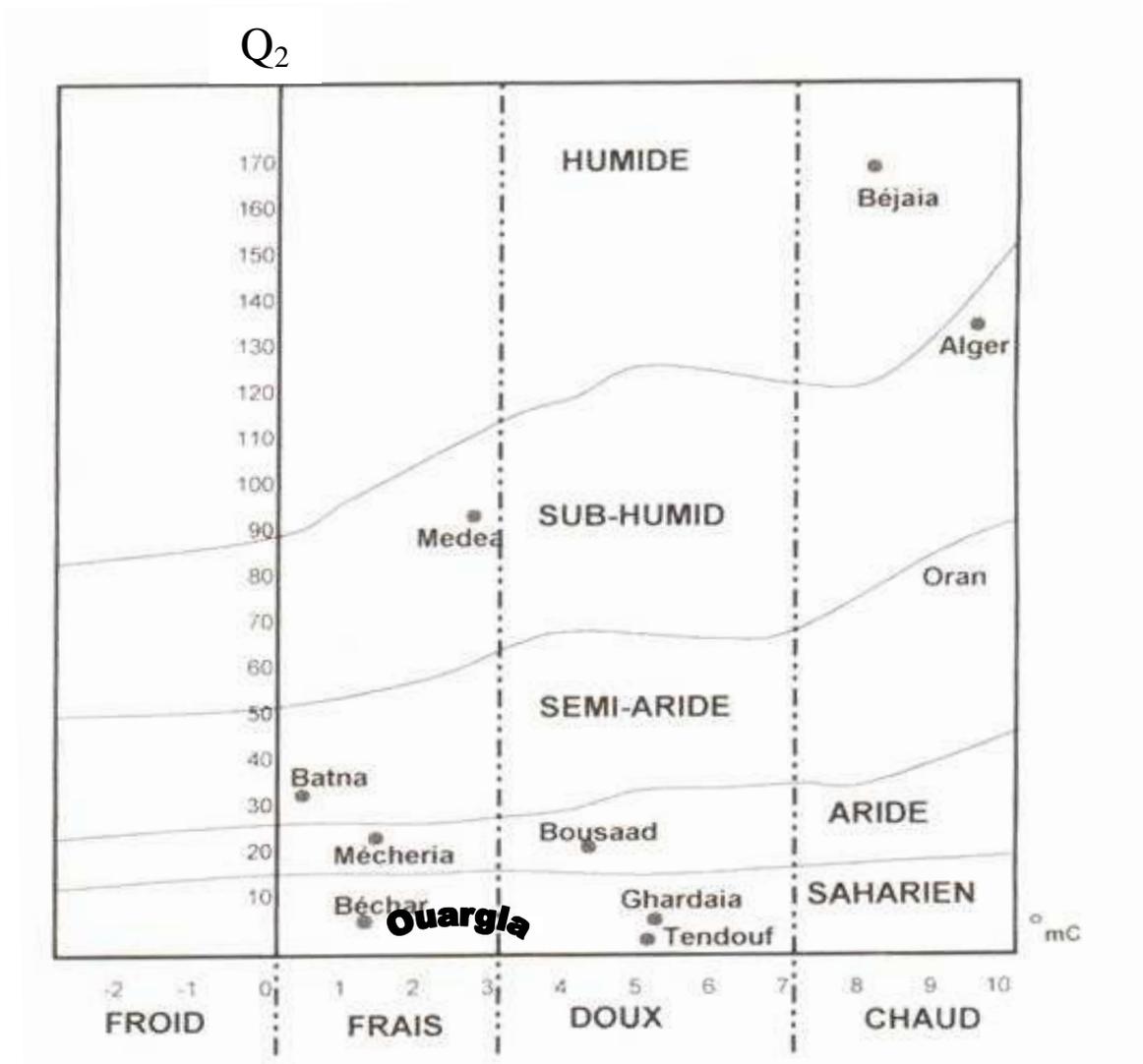


Figure N°02: Climagramme d'EMBERGER de la région de Ouargla

I-3-Pédologie de la région

Au Sahara, la cuvette pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes.

La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique très faible et ne permet pas une bonne agrégation. Ses sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible (DAOUD *et al*, 1994).

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulaire. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération.

D'après HALILAT (1993), la typologie des sols de la région est comme suite :

- Sol salsodique
- Sol hydromorphe.
- Sol minéraux bruts.

II-1 Facteurs de variation de l'activité des micro-organismes du sol

Les micro-organismes vivent en contact intime avec le milieu et sont, donc, particulièrement sensibles aux modifications qu'il subit (**BOULLARD, 1962**) ; L'abondance des micro-organismes du sol, leurs nombres et leurs activités dépendent des facteurs suivants

II-1-1- Facteurs énergétiques

Le sol constitue un compartiment qui reçoit la majeure partie de son énergie des plantes vertes, qui ont, elles même capté l'énergie solaire. Ce flux d'énergie provient aux microorganismes du sol par des voies complexes dont les deux principales sont constituées par l'apport de débris végétaux (litière des parties aériennes, résidus de racines, exsudats racinaires) et par l'apport de déjections animales ou de cadavres animaux (**SASSON, 1967**). La population microbienne est d'autant plus abondante, et ce dans la couche arable que les micro-organismes sont les plus nombreux (**MOREL, 1989**).

Une autre source d'énergie pour les microorganismes du sol est constituée par certains composés minéraux véhiculés avec les débris d'organismes animaux ou végétaux et libérés au cours de processus de minéralisation ou provenant du substratum minéral (roche mère).

II-1-2-Facteurs physiques

II-1-2-1-Texture du sol

La texture du sol intervient de deux façons :

- Façon directe, par l'action de différentes fractions minérales;
- Façon indirecte, par son rôle majeur dans la genèse de la structure du sol.

L'action des micro-organismes dépend de la texture du sol. Dans les zones arides où le sable est la fraction dominante, les micro-organismes et leurs produits de synthèse sont faiblement reliés aux particules du sol (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

Dans un sol sableux suffisamment humide, la continuité d'un film liquide autour des particules assure une propagation rapide de l'activité microbienne. Cette propagation est

ralentie par la présence d'argile qui, joue un rôle de protection, par la formation des complexes organo-minéraux (MOREL, 1989).

II-1-2-2-Structure du sol

La microflore tellurique intervient activement dans la genèse, la stabilisation et la dégradation de la structure du sol. Inversement, la structure influe considérablement sur l'activité de la microflore ; elle joue le rôle d'un véritable régulateur vis-à-vis des processus biologiques et biochimiques qui se déroule dans le sol (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

De la formation et de la rupture des agrégats résultent deux actions possibles, opposées quant à leurs conséquences

- L'inclusion des substances organiques à l'intérieur d'un agrégat, le rend temporairement inaccessible aux microorganismes;
- La rupture des agrégats par broyage stimule la minéralisation rendue d'autant plus aisée que la dimension des agrégats est plus grande (MOREL, 1989).

La structure du sol la plus favorable à la croissance des micro-organismes telluriques est la structure émiettée (particulaire), qui se traduit par la présence dans le sol des particules élémentaires. Cela est dû à son effet direct sur les autres facteurs tels que : l'aération, la circulation et la teneur en eau (MULDER *et al*, 1969).

II-1-2-3-Travail du sol et activité microbiologique

L'activité biologique sera distribuée de façon plus ou moins homogène dans l'horizon labouré ou bien d'avantage concentré en surface, selon le type de travail du sol pratiqué (MOREL, 1996).

L'intensification de l'agriculture conduit généralement à une baisse de stocks organiques par déprotection physique des matières organiques, stimulation des activités biologiques de minéralisation et finalement diminution de la biomasse microbienne (CHAUSSOD, 1996).

II-1-3-Facteurs chimiques**II-1-3-1-Réaction du sol (pH)**

L'action du pH sur les micro-organismes dépend de leur tolérance à ce facteur (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

Chaque espèce microbienne est activée entre des limites de pH qui lui son propre. C'est entre pH 6 et 8 que le développement des bactéries est le meilleurs, les actinomycètes préfèrent des pH 6 à 7,5 (**SOLTNER, 2003**). Les champignons supportent généralement bien les pH acides. Cependant on ne doit pas pour autant les considéré comme des acidophiles (**POCHON et al, 1969**).

II-1-3-2-Pouvoir oxydo-réducteur

La nature et l'activité microbiennes du sol, relève largement de la valeur de son pouvoir réducteur, celui-ci étant pour une large partie dépendant des qualités texturales et structurales du sol ainsi que son état d'humidité. Des bonnes conditions d'aérobiose induisent une oxydation aisée des substances organiques (**MOREL, 1989**).

II-1-3-3-Salinité

D'après (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**), Les sols salés constituent, pour les micro-organismes telluriques, un milieu défavorable, en raison :

- de la présence d'ions toxiques ;
- du pH parfois très basique ;
- de la salure asphyxiant ;
- de leur tension osmotique parfois élevée.

Comme les autres facteurs inhibiteurs, la salinité exerce sur la microflore tellurique une action différentielle telles que certains micro-organismes ou groupes de micro-organismes sont peu touchés, alors que d'autres, plus sensibles sont inhibés.

-Voie d'action des sels sur les microorganismes

D'après **BATRA et MONNA (in OUSTANI, 2006)** la teneur excessive en sel présente dans les sols un impact adverse sur la population microbienne et sur leurs activités. La concentration de la solution en sels entraîne une augmentation de la pression osmotique. Celle-ci inhibe le développement des microorganismes.

II-1-4-Les facteurs climatiques

II-1-4-1-L'humidité du sol

Lorsque la teneur en eau diminue, le nombre des microorganismes diminue aussi, très rapidement. Lorsque le sol se dessèche, même parfois dépasse le seuil hydrique, la dessiccation entraîne la mort d'une fraction très importante de la microflore tellurique, mais elle n'aboutit jamais à la stérilisation complète du sol car, même dans le cas des microorganismes les plus fragiles, il subsiste presque toujours des cellules aux microcolonies isolées qui, pour des raisons divers, survivent très longtemps dans le sol sec, (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

Parmi les conséquences de l'action de la dessiccation :

- Réduction de la densité de certains éléments de la microflore ;
- Modification de l'équilibre biologique du sol.

II-1-4-2-Température

La température du sol représente dans les zones arides, un facteur écologique très important qui régit la multiplication des microorganismes de ces régions (**SASSON, 1967**).

Chaque espèce microbienne est caractérisée par une température optimale de croissance, et par un intervalle entre un minimum et un maximum en dehors du quelle sa croissance est impossible. D'une manière générale la température optimale pour la croissance des microorganismes est compris entre (25 et 45) C°. En ce qui concerne les températures létales la plus part des espèces microbiennes meurent dès que la température atteint (50 à 80) C° ou lorsqu'elle descend jusqu'à 4C° (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

Les sols sahariens sont particulièrement riches en germes thermorésistants et thermophiles. Ces derniers ont un temps de croissance maximales dans des températures comprises entre (40 et 65 C°) (**ALEXANDER, 1982 ; VILLAIN, 1987**).

II-1-4-3-Influence des saisons

La variation des densités microbiennes et de l'activité microbiologique du sol sont le reflet des effets combinés de nombreux facteurs de l'environnement, dont le plus important est l'humidité, la température et les apports des substrats énergétiques (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

Les maxima de l'activité microbienne se situent au printemps et à la fin de l'été, tandis que le minima en hiver (**DJELLALI et al, 1985**).

II-1-5-Les facteurs biologiques**II-1-5-1-Végétation**

Le sol sous végétation est beaucoup plus riche en microorganismes qu'un sol nu (**ALI-HAIMOUD et al, 1980**). Par ailleurs les microorganismes sont étroitement stimulés par des apports de carbone et d'énergie d'origine végétale, et par les composés sécrétés par les racines (**CLARK, 1969**).

La végétation exerce une influence importante sur le développement et l'activité des populations microbiennes. Cette influence se manifeste par la fourniture des résidus végétaux, exsudats radiculaires, substances stimulantes ou inhibitrices et par la modification du milieu édaphique qu'entraîne la présence des microorganismes (**VILLAIN, 1987**).

Le couvert végétal apporte à la microflore non seulement de la matière organique, mais encore modifie le microclimat et les associations microbiennes au niveau des racines, produisant ce qu'on appelle un effet rhizosphère (**SASSON, 1967**).

Divers chercheurs ne tardèrent pas à signaler que les populations microbiennes ont une densité dix fois plus grande, et même d'avantage, dans les rhizosphères que dans un sol dépourvu de racines (*in* **ZEGHIB, 2010**).

II-1-5-2-Interactions biologiques

Les microorganismes interviennent de manière plus ciblée dans les interactions directes ou indirectes entre eux et avec les autres organismes du sol (GOBAT *et al*, 2003).

Certains microorganismes exercent, par leurs sécrétions des effets régulateurs et créent des réactions de nature synergique (commensalisme ou symbiose nutritionnelle) ou antagoniste (compétition, production des substances toxiques ou inhibitrices, prédation ou parasitisme), ou encore des réactions nulles (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

Tableau II: Facteurs de variation de l'activité microbienne (MOREL ,1989)

Compartiment concerné	Influence sur la biomasse microbienne	Facteurs de l'activité microbienne	Nature des facteurs de l'activité microbienne
Extérieur	Action principale sur l'intensité de l'activité microbienne	Pluviométrie température (facteurs saisonniers)	Facteurs climatiques
Sol	Action sur la nature et l'intensité de l'activité microbienne. Action sur la sociologie des êtres vivants	-Texture du sol -Structure du sol	Facteurs physiques
		-MO -Potentiel oxydo-reduction -Réaction du sol (PH) -Composition minérale -Présence des racines -Interactions biologiques	Facteurs chimiques Facteurs biologiques

II-1-Caractéristiques de la station

L'exploitation de l'université de Ouargla a été créée en 1959 par le service colonial pour sa mise en valeur. Elle fut confiée à l'I.T.A.S. en 1979 dans un but pédagogique et scientifique.

L'exploitation, se présente sous forme d'un glaciis d'une grande homogénéité topographique.

Les altitudes sont comprises entre 132,5 et 1340m (**LE LIEVRE, 1969**).

L'exploitation se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. La dénivelée topographique entre le chott et l'exploitation est d'environ deux mètres.

L'exploitation s'étend sur une superficie de 32 hectares, 14,4 hectares aménagés, répartis en quatre secteurs A, B, C et D occupant chacun une superficie de 3,6 hectares. Le reste se trouve inexploité correspondant à l'extension de l'exploitation représentée par des secteurs nus E, F, G et H.

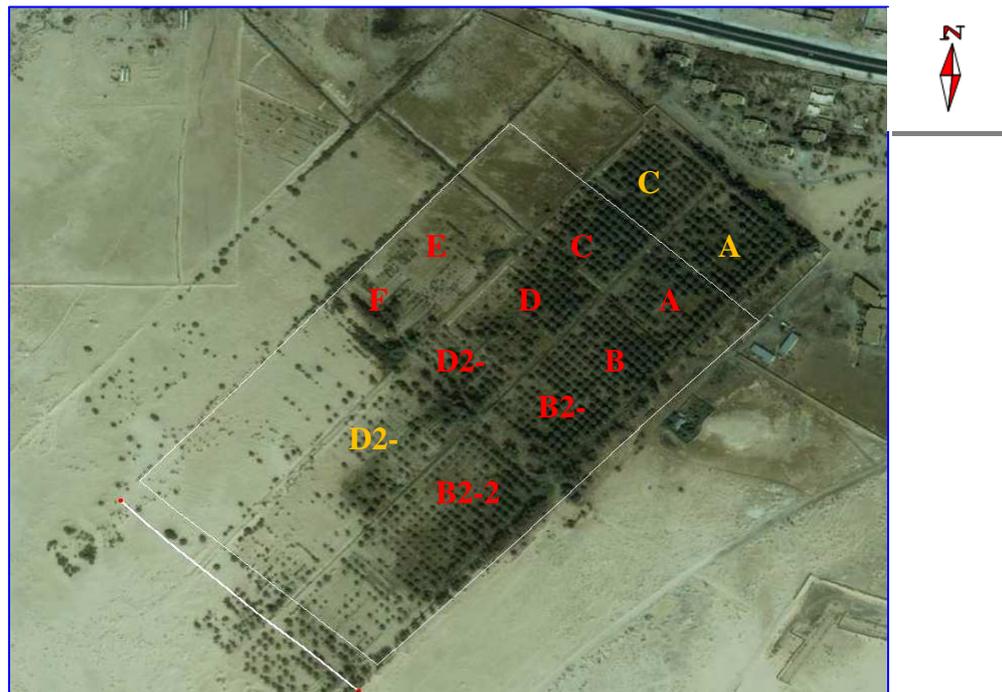


Figure 04: Image satellitaire du site expérimental (Image Google Earth, 2001)

I-2-Choix de la station

La station d'étude a été retenue sur la base des critères cités préalablement et qui répondent convenablement aux objectifs recherchés à savoir l'examen de deux échantillons représentatifs de sol l'un prélevé des secteurs cultivés et l'autre des secteurs nu.

L'objectif visé à travers notre expérimentation est la comparaison des sols des deux secteurs du point de vue microbiologique par l'étude de l'influence de certains paramètres physico-chimiques sur la biomasse microbienne.

I-3-Classification pédologique du sol étudié

La place du sol étudié dans les systèmes de classification pédologique est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV : Place de notre sol dans les systèmes de classification

Classification	Sol salé
Classification Française CPCS (1967)	Sol halomorphe à structure non dégradé salin hydromorphe, à amas encroutement gypseux nappe limoneux sableux fortement alcalin (OUSTANI, 2006).
Classification FAO (1988)	Solontchaks Gypsic Aridique
Classification Américaine (1985)	Aridisol, Typic Gypsiorith Hyperthermique Laomy Sandy (OUSTANI, 2006).



(a)



(b)

Photo N° 01 : Sol cultivé (a) et sol nu (b) de l'exploitation de l'université d'Ouargla.

II-3- Techniques d'échantillonnage

II-3-1-Techniques d'échantillonnages pour les analyses microbiologiques

- Période d'échantillonnage

D'après (POCHON, 1954), l'activité microbologique est sensible. Elle est influencée par les changements de conditions climatiques et pratique agricole, ainsi il en résulte une très grande variabilité de l'état microbologique du sol. Pour ces raisons nous avons choisi un moment de référence indépendant des perturbations liées aux pratiques culturales (labour, fertilisation, semis, binage) et des aléas climatiques (par exemple une sécheresse marquée).

-Prélèvement des échantillons

Le point difficile et en même temps essentiel pour la valeur des résultats est celui des choix des échantillons représentatif de l'état microbologique régnant dans le sol.

Avant de commencer l'échantillonnage, il faut examiner le terrain du point de vue de son uniformité.

- Prélèvement de cinq échantillons pour obtenir un échantillon moyen.
- Il faut les prélever dans les mêmes conditions
- Eviter de prélever des échantillons à l'état sec ou par contre trop imbibée d'eau.
- Notre prélèvement a été réalisé au 08/11/2010.

-Horizon de prélèvement

En général, on prélève des échantillons de la couche superficielle, qui est la plus active de point de vue microbiologique (0-20cm) de profondeur.

On réalise 5 échantillons prélevés de chaque station, à fin d'obtenir un échantillon représentatif de l'état microbiologique, qui règne dans notre terrain, nous procédons en suit à des prélèvements de sol dans des boîtes stériles et on les fermes rapidement.

-Conservation et transport des échantillons

Il faut s'assurer que Les échantillons des deux stations, sont transportés dans des délais rapides au laboratoire. L'idéal est de travailler sur sol frais où conservé au réfrigérateur (4°C). Le séchage des échantillons tue une partie de la microflore et rend impossible la détermination de la biomasse microbienne et aussi qu'un stress hydrique peut perturber les mesures biologiques (**CHAUSSOD et al, 1992**). Il devient très difficile sinon impossible de comparer des échantillons frais et séchés.

Les échantillons ont été ensuite tamisés à 5mm pour éliminer les éléments grossiers et les débris organiques. Avant l'emploi, les échantillons du sol ont été une nouvelle fois tamisés à 2mm, à la fin de cette opération, on obtient des échantillons représentatifs pour chaque station.

-Détermination du taux d'humidité

Le facteur de l'humidité des échantillons serait très important pour déterminer le niveau de différents groupes de microorganismes. Après tamisage nous avons déterminés le taux d'humidité des échantillons dans les deux stations, ceci est un renseignement pour la connaissance de l'état hydrique du sol.

II-3-2-Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques

Les échantillons représentatifs pour notre sol ont été séchés à l'air pendant une semaine, puis émiettés à la main et tamisés à l'aide d'un tamis de maille à 2mm, on garde une partie de chaque échantillon de cette dimension pour analyser.

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées au niveau du

laboratoire de pédologie et microbiologie du département de Science Agronomique.

II-4-Technique d'analyse

II-4-1-Les analyses physico-chimiques

II-4-1-1- L'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 un poids constant, la différence du poids avant et après séchage correspond à la quantité d'eau (**ITA, 1975**).

II-4-1-2-Granulométrie

La texture d'un sol est révélée par son analyse granulométrique. Son principe est basé sur la vitesse de sédimentation des particules séparées et dispersées par destruction de la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée. Le fractionnement de ces particules se fait par l'intermédiaire de la pipette de Robinson qui permet la détermination des fractions argileuses et limoneuses fines. Ensuite les sables fins et grossiers sont mesurés par tamisage (**BAISE, 2000**).

II-4-1-3-pH

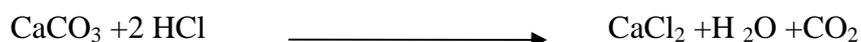
Le pH de l'extrait du rapport 1/2,5 est mesuré à l'aide d'un pH-mètre à électrode en verre (**BAISE, 2000**).

II-4-1-4-Conductivité électrique(CE)

La conductivité électrique a été déterminée par un conductimètre à une température de 25°C avec un rapport sol/solution de 1/5. La conductivité est en fonction de la concentration de sels dissous dans la solution du sol.

II-4-1-5-Calcaire total

Le calcaire total a été déterminé par la méthode volumétrique à l'aide de Calcimètre de Bernard, l'échantillon est attaqué à HCl (6 N), On mesure le volume de CO₂ dégagé ; une mol de CO₂ correspondant à un mol de CaCO₃.



Le CO₂ dégagé est comparé à celui obtenue par poids connus de carbonate de calcium pur (SOLTNER, 1979).

II-4-1-6-Bilan ionique

Effectué sur des extraits du rapport 1/5, il consiste à analyser :

- **Dosage des anions**

-Cl⁻ : méthode argentométrique de Mohr, par la précipitation des ions Cl⁻ sous forme de Ag Cl en présence de AgNO₃.

-SO₄⁻⁻ : par gravimétrie, il consiste à précipiter les ions SO₄⁻⁻ sous forme de sulfate de baryum, en présence de BaCl₂ à 10%.

-CO₃⁻⁻ ; HCO₃⁻ : par titrimétrie à l'acide sulfurique ; les carbonates sont dosés en présence de phénophtaléine, les bicarbonates sont titrés de la même façon en présence de méthylorange.

- **Dosage des cations**

- ❖ Na⁺, K⁺ et Ca²⁺ : sont analysés par le spectrophotométrie à flamme.

- ❖ Mg²⁺ : est dosé par la méthode de complexométrie d'abord Ca⁺Mg, puis Ca, en fin de Mg est obtenu par différence. Les réactifs utilisés

- Solution 0,02N d'EDTA.
- Solution tampon pH=0.
- Noir eriochrome T en poudre.

II-4-1-7-Dosage du carbone organique

Le carbone organique a été dosé par la méthode (Anne), qui consiste à oxyder la matière par un oxydant puissant (le bichromate de potassium) en milieu sulfurique, le bichromate doit être en excès. La quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sel de Mohr en présence diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert. (AUBERT, 1978).

Pour passer du taux de carbone au taux de matière organique total, on utilise le coefficient de multiplication 1,72 (BAISE, 2000).

II-4-1-8-Dosage de l'azote total

Le dosage sera fait par la méthode de KJELDAHL ; l'azote des composés organiques est transformé en azote ammoniacal ; sous l'action de l'acide sulfurique concentré porté à l'ébullition, se comporte comme oxydant. Les substances organiques sont décomposées : le carbone se dégage sous forme de gaz carbonique, l'hydrogène donne de l'eau et l'azote est transformé en azote ammoniacal, ce dernier est fixé immédiatement par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium.

Pour accentuer l'action oxydante de l'acide sulfurique, on augmente la température d'ébullition, en ajoutant du sulfate de cuivre et du sulfate de potassium qui jouent le rôle de catalyseur. La matière organique totalement oxydée, la solution contenant de sulfate d'ammonium est récupérée. On procède ainsi à un dosage de l'azote ammoniacal par distillation après l'avoir déplacé de sa combinaison par une solution de soude en excès.

Une fois doser le carbone et l'azote, on peut calculer le rapport C/N, qui indique le degré de l'évolution de la matière organique (**BAISE, 2000**).

II-4-2-Analyses microbiologiques**II-4-2-1-Techniques 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 01) 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).

II-4-2-1-1-Dénombrement de microflore bactérienne

Le milieu de culture utilisé pour le dénombrement de la microflore bactérienne du sol est un milieu de gélose nutritive à l'extrait de terre (annexe 01). Il présente l'avantage d'être pas trop riche en éléments nutritifs et n'entraîne pas un développement exagéré des colonies (OUSTANI, 2006)

Les bactéries sont cultivées sur milieu solide et ensemencées avec des dilutions jusqu'à 10^{-8} . La lecture des résultats par le dénombrement des colonies apparues se fait après incubation pendant 24 heures par utilisation de compteur des colonies.

II-4-2-1-2-Dénombrement des actinomycètes

On les cultive dans le milieu de KRAINSKY (voir annexe 01), l'ensemencement avec des suspensions dilutions de terre préparé ; on inoculera 3 boîtes de dilution 10^{-3} à 10^{-6} et avec une incubation à 28°C en position retournée. La lecture des résultats se fait après 7 jours d'incubation (RADJAB, 1992).

- **Coloration de Gram**

La coloration de gram est réalisé systématiquement sur les différentes colonies de bactéries et actinomycètes, pour préciser le caractère Gram^{+} ou Gram^{-} , le mode de regroupement, et la forme (annexes 02).

II-4-2-1-3-Dénombrement de la microflore fongique

Ensemencement avec des suspensions dilutions (10^{-1} à 10^{-6}) de terre d'un milieu sélectif (OGA) (annexe) coulé en boîte de pétri. Pour éviter le développement des bactéries on ajoute quelques gouttes d'acide acétique.

L'incubation se fait à 28°C pendant 7 jours.

II-4-2-1-4-Dénombrement de microflore algale

Pour le dénombrement des algues on utilise un milieu liquide POCHON (annexe 01), l'ensemencement se fait dans des tubes à essai et avec des suspensions dilutions de terre de 10^{-1} à 10^{-6} . Les tubes à essai seront placés à l'abri du soleil pendant trois semaines.

Le dénombrement est effectué par la méthode du nombre le plus probable NPP (MAC GRADY) (ALEXANDRE, 1982).

III-1-Biodégradation de la matière organique

Les matières organiques subissent, au contact du sol, une série de transformations (SOLTNER, 2005). Les microorganismes jouent un rôle prépondérant dans la formation du sol et dans son fonctionnement. L'un des processus principaux concerne la dégradation de la matière organique et les grands cycles qui dépendent directement comme celui du carbone et de l'azote. À l'égard des éléments nutritifs, les microorganismes peuvent à la fois agir comme source et comme réservoir. Mais les microorganismes participent également à la réalisation d'association organo-minérale du sol (OUSTANI, 2006).

III-1-1-Minéralisation primaire

C'est une phase de transformation de la matière organique fraîche jusqu'à la matière organique minéralisée. Les molécules complexes de la matière organique fraîche (glucides, cellulose, hémicellulose, lignine, protéines, lipides, ...) subissent une décomposition qui libère des composés simples, le plus souvent solubles ou gazeux : NH_3 ; CO_2 ; NO_3^- ; SO_4^{2-} (OUSTANI, 2006).

Cette étape est essentiellement biologique (SOLTNER, 2003).

La minéralisation est le fait de nombreux microorganismes aérobies et anaérobies (exemple : Bactéries appartenant au genre : Protéus, Pseudomonas). Cette minéralisation dépend de la température, de l'humidité, de l'effet de végétation et de l'aération (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

III-1-1-1-Dégradation des glucides simples

Ces corps sont les premiers attaqués par les microorganismes, les termes finaux de la minéralisation sont le gaz carbonique et l'eau (MEFTAH, 1988).

Cette dégradation active énormément la vie microbienne et provoque la multiplication des bactéries (SOLTNER, 2005).

III-1-1-2- Dégradation de l'amidon

Comme celle des glucides simples, l'amidon est une source d'énergie facilement accessible aux microorganismes qui les oxydent rapidement : en milieu aéré, les levures et les bactéries leur font subir des fermentations avec production d'alcool et d'acide et dégagement de CO₂. En milieu anaérobie, transformé en méthane et en hydrogène gazeux (SOLTNER, 2005).

III-1-1-3- Dégradation de la cellulose

La dégradation de la cellulose représente un phénomène important en Agronomie et dans la vie du sol en général. C'est en effet le constituant essentiel quantitativement du tissu végétal, donc la source majeure de carbone pour le sol (CHEVIGNARD, 1985).

L'aptitude à dégrader la cellulose se rencontre chez des microorganismes très divers : les bactéries, les actinomycètes, les champignons filamenteux et autres. Sous l'action de la cellulase, la cellulose est dégradée en glucose. Celui-ci aura deux destinées suivant que la microflore soit aérobie ou anaérobie :

- microflore aérobie : les produits sont CO₂, H₂O ;
- microflore anaérobie : CO, H₂O, éthanal, acide acétique

III-1-1-4- Dégradation de l'hémicellulose

Les hémicelluloses constituent une fraction importante de la matière sèche des pailles, des litières et des mousses.

La grosse molécule des hémicelluloses doit être fragmentée en unités plus petites et solubles sous l'action d'enzyme hydrolysant que l'on appelle hémicellulase.

D'après (SOLTNER, 1992), Les microorganismes responsables de cette dégradation sont

- Les germes *Bacillus* sporulées ou non, *coccobacilles* en navette, *Azotobacter* (qui se nourrissent des produits intermédiaires de la dégradation) ;
- Les champignons : ex *rhizopus*, *pericullium*, *trichoderma*, *aspergillus fumigatus*.
- Les actinomycètes et Bactéries aérobies et anaérobies

III-1-1-5- Dégradation de la lignine

Les molécules de lignine sont formées de nombreux noyaux aromatiques agglutinés, polymérisés. C'est un constituant important du tissu végétal, leur décomposition est plus difficile et lentement attaquée par les champignons et les bactéries, sauf en conditions très favorables de l'aération et de l'acidité du milieu (SOLTNER, 2005).

III-1-1-6-Dégradation des composés pectiques : cas de la pectine

Sont dégradées plus lentement encore par une microflore plus spécialisée, mais dont les termes majeurs sont des acides et des gaz (MEFTAH, 1988).

III-1-1-7-Dégradation des lipides

Les esters de glycérol et les acides gras vont être hydrolysés par les lipases qui sont très répandus dans le monde microbien. Il y a formation de glycérol, d'acide gras et d'eau.

-Le glycérol sera métabolisé en CO₂ et en H₂O par la microflore polyphage.

- Les acides gras vont : soit s'accumuler dans le sol, soit être réduits (en anaérobiose) en hydrocarbure sous l'action des Algues oléogènes ou des Bactéries.

III-1-1-8-Dégradation des protéines

La décomposition des membranes cellulose libère le contenu azoté des cellules. Leur dégradation, débute en même temps celle des substances hydrocarbonées puisque les bactéries ont besoin d'azote pour se multiplier (SOLTNER, 2005).

Un grand nombre de bactéries concourent à cette action, parmi lesquelles nous trouvons les Bacilles, dont le *Bacillus mycoides* en aérobiose, et des Clostridiales en anaérobiose (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

III-1-2-Humification

C'est une transformation au cours duquel la matière organique fraîche où les composés solubles issus de la minéralisation primaire évoluent en humus. Cette humification dépend de plusieurs facteurs dont le plus important constitue l'activité des

microorganismes du sol. Mais on note également les facteurs externes (climat, pH, température, aération, type du sol et enfin de la nature du composé à dégrader).

D'après (GOBAT et al, 2003), sous le terme général d'humification se cachent trois voies de synthèse de matière organique stabilisée. Formant l'humus au sens biochimique.

- ✓ L'humification par héritage, qui donne l'humine résiduelle ou héritée
- ✓ L'humification par polycondensation, qui fournit l'humine d'insolubilisation,
- ✓ L'humification par néosynthèse bactérienne, qui produit l'humine microbienne

III-1-2-1-Rôles des microorganismes dans la formation de l'humus

- **Bactéries**

Ils contribuent dans plusieurs formes de dégradations comme la protéolyse, la cellulolyse, l'hémicellulolyse,... Ils participent aussi dans la synthèse cellulaire et dans la fixation d'azote. Ils interviennent également dans la libération des composés azotés (protéines, acides aminés, ammoniac) et des composés carbonés comme les glucides provenant de la dégradation des lignines et celluloses.

- **Champignons**

En premier lieu, ils participent à la synthèse des acides humiques (cas des *Aspergillus* et *Penicillium*). En second lieu, ils interviennent dans les stades initiaux de condensation dans l'humification pour la formation des complexes humiques.

- **Actinomycètes**

Ils sécrètent des autolysats nécessaires à la formation d'acide humique. Ils participent dans la synthèse des complexes humiques. Ils ont aussi un rôle dans la minéralisation des matières organiques.

III-1-3- Minéralisation secondaire

C'est la plus lente (1 à 3 %) de la matière humifiée par an mais aboutissant au même résultat que la minéralisation primaire et concernent les molécules organiques préalablement synthétisées par l'humification. Ces molécules sont plus stables et résistent mieux à la dégradation (GOBAT et al, 1998).

III-2-Action de la microflore tellurique sur le sol**III-2-1-Modification de la composition de l'atmosphère du sol et de la teneur en gaz dans la solution du sol**

La composition de l'atmosphère du sol est non seulement sous la dépendance des facteurs physiques mais aussi sous la dépendance de l'activité d'organismes vivants (plantes, microfaunes et microorganismes) (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**). La respiration des racines et le métabolisme des microorganismes aérobies et de la faune du sol, consomment de l'oxygène et rejettent du dioxyde carbonique (**SOLTNER, 2005**).

III-2-2-Thermogenèse microbienne

C'est la production de chaleur par les réactions exothermiques d'origine microbienne. Dans le sol, ces réactions induisent une élévation de température généralement très faible, mais devient plus importante dès que la microflore tellurique dispose d'un substrat énergétique en quantité suffisante (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

III-2-3-Modification du pH d'origine microbienne

La microflore influe sur le pH du sol par l'intermédiaire de ses produits de métabolisme qui peuvent être acidifiants (acides minéraux ou organiques) ou alcalinisants (ammoniac par exemple). Si la production de ces substances est abondante et si le pouvoir tampon du sol considéré est faible, la modification du pH peut être de l'ordre d'une demi-unité ou même de plusieurs unités.

III-2-4-Rôles des microorganismes dans la structure du sol**III-2-4-1-Les mécanismes de l'agrégation microbienne**

D'après (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**), L'agrégation microbienne des particules élémentaires du sol résulte

- soit de l'intervention directe des cellules microbiennes : filaments fongiques qui relient les particules mécaniquement, cellules microbiennes en capsulées ou productrice de mucus qui engluent les particules;

- soit de l'intervention indirecte des microorganismes qui agissent par l'intermédiaire des produits ou sous produits de leur métabolisme.

Les deux catégories de produits agrégatifs organiques les mieux connus sont les polysaccharides et les substances humiques.

III-2-4-2-Les microorganismes responsables de l'agrégation

D'après (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**), Les microorganismes présentent entre eux des différences considérables en ce qui concerne leur aptitude à induire l'agrégation à partir d'un même substrat organique.

-Champignons

L'aptitude à l'agrégation est très répandue chez les Champignons, où l'on signale plus particulièrement certaines espèces parmi les genres suivant : *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, diverses levures et des basidiomycètes. Notons qu'ils existent des Champignons qui s'avèrent inaptes à l'induction de l'agrégation. C'est le cas de certains *rhizopus et mucor*.

-Actinomycètes

L'aptitude à l'agrégation est assez fréquente chez les Actinomycètes, notamment chez les espèces à structures mycéliennes.

-Bactéries

L'aptitude à l'agrégation existe encore, mais semble moins répandue. Parmi les plus efficaces, citons : *Bacillus mycoïdes*, *bacillus subtilis*, *bacillus cirulans*, *rhizobium léguminosarium*, *Beijerinckia indica*, *pseudomonas*...

-Algues

Les algues agrègent les particules élémentaires en surfaces des profils et contribuent ainsi en association avec les champignons filamenteux ainsi qu'à la formation de croûte (structure continue) notamment sur les sols sableux.

III-3-Les cycles biogéochimiques

Parmi les plus importants on retrouve

III-3-1- Cycle du carbone

Pour cet élément, deux étapes au moins peuvent être distinguées

- Celle de l'anhydride carbonique (CO_2), atmosphérique ou provenant de la respiration des organismes vivants du sol (**BOULLARD, 1962**). Dont la production moyenne de gaz carbonique dans le sol est estimée à 15t/ha.an ; les deux tiers étant dus à l'activité microbienne (**GOBAT, 2003**).
- Celle des matières organique en général ; très complexe des germes qui dégradent les glucides, polysaccharides, graisses, protéines, etc. (**BOULLARD, 1962**).

A l'exception des microorganismes cellulolytiques la microflore engagée dans les processus de minéralisation est peu spécifique.

Les organismes cellulolytiques, très divers, rassemblent

Des espèces aérobies groupant

- des bactéries (*Cellvibrio*, *Cellfalcicula*, *Cytophaga*)
- des champignons (*Penicillium*, *Aspergillus*)

Des espèces anaérobies telles que les clostridium (**ROBERT, 1989**)

III-3-2- Cycle de l'azote

Dans le sol, l'azote constitue autant pour les plantes que pour les microorganismes, un élément indispensable à leur croissance et à leur biosynthèse (**SOLTNER, 1979**).

La dynamique de l'azote dans le sol est fortement influencée par les précédents culturaux, les techniques culturales et les conditions du milieu

La matière organique du sol, subit dans un premier temps une décomposition microbienne variée puis elle passe par différentes étapes (**FAURIE et al, 1998**), donc le cycle de l'azote rend compte de la transformation et de la simplification des composés

azotés complexes fournis au sol, jusqu'au stade d'azote minéral utilisable par la plante (BOULARD, 1962).

III-3-2-1-Fixation biologique de l'azote atmosphérique

La fixation de l'azote atmosphérique c'est le processus qui permet le passage de l'azote gazeux présent dans l'atmosphère à l'azote ammoniacal directement assimilable par la plante pour la synthèse des acides aminés. (SOLTNER, 2001).

La fixation biologique est assurée par des bactéries qui possèdent le complexe enzymatique de la nitrogénase, responsable de la réduction de l'azote moléculaire selon la réaction suivante:



Les bactéries ayant la capacité de réduire l'azote atmosphérique sont appelés bactéries diazotrophes ou fixateurs d'azote.

On estime que plus des deux tiers de l'azote fixé dans la biosphère par des bactéries symbiotiques des végétaux (PAUL, 1996).

Alors que la fixation non symbiotique de l'azote moléculaire réalisée par des microorganismes spécifiques appartient à deux groupes d'organismes :

- -les bactéries hétérotrophes soit aérobies (*Azotobacter*, *Beyjerinckia*); soit anaérobies (*Clostridium*);
- -les organismes photosynthétiques : bactéries photosynthétiques, cyanophycées (MOREL, 1989).

III-3-2-2-Transformation de l'azote dans le sol

-Minéralisation et synthèse de l'azote organique

La minéralisation de l'azote organique du sol réalisée par les microorganismes ; qui participent à la fois aux processus de décomposition et de synthèse sous forme protoplasmique ce fait en deux étapes :

-L'ammonification

Un grand nombre de Bactéries concourent à cette action, parmi lesquelles nous trouvons les Bacilles, dont le *Bacillus mycoides* en aérobiose, et des Clostridiales en anaérobiose.

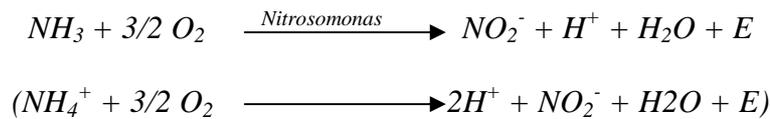
Cette ammonisation se fait également aux dépens des cadavres des microorganismes du sol. C'est un phénomène agronomique important (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

-La nitrification

L'ammonium est oxydé en nitrate par les bactéries du sol *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*; c'est la nitrification, les nitrites constituent une forme intermédiaire et sont rapidement oxydés en nitrates. Le passage de l'azote ammoniacal en azote nitrique ne se fait pas directement. Il comporte deux stades successifs

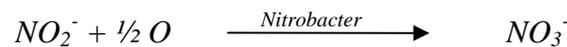
a- Nitritation

C'est l'oxydation de NH_3 en NO_2^- par des ferments nitreux (*Nitrosoccus*, *Nitrosocystis*, *Nitrosospira*, *Nitrosogloea*).



b- La nitratisation

C'est l'oxydation de NO_2^- en NO_3^- . C'est le fait des ferments nitriques (type *Nitrobacter*, *Nitrocystis*, *Bactoderma*, *Microderma*).



La nitrification peut être fréquemment se trouve limitée en été par l'insuffisance d'humidité et elle s'abaisse sensiblement à un pH voisin de 8,0. Ce processus est inhibé par des traces d'ammoniaque libre et l'optimum se place entre un pH 6,9 et 7,5. En milieu acide, elle peut être suspendue alors que l'ammonisation reste active.

III-3-2-3- Les principales voies de perte de l'azote dans le sol

-Dénitrification

La dénitrification est un processus réducteur s'appliquant aux ions nitriques du sol éventuellement aux ions nitreux qui, selon les conditions peuvent être transformés en NO_2^- , N_2O , N_2 , NH_3 , ce phénomène demeure essentiellement dans le sol, le fait d'une activité biologique définie, due à l'intervention d'espèces microbiennes dénitrifiantes.

Selon CHELOUFI (1991), durant la dénitrification les ions NO_3^- jouent le rôle d'accepteur d'électrons pour les microorganismes anaérobies avec la production de gaz selon le schéma suivant :



-Lessivage

Les pertes des nitrates dans le sol sont beaucoup plus importantes que celles de l'ammonium, à cause de leur mobilité dans le sol, dans les conditions drainantes.

D'après **DUTHIL(1973) in CHELOUFI(1991)**, les pertes d'azote sont évaluées à 15kg par hectare et par an en conditions normale. Plusieurs facteurs sont à l'origine de l'entraînement des nitrates, notamment la structure et les propriétés chimiques du sol, la fertilisation minérale en mauvaise application et l'état de l'eau dans le sol.

-Volatilisation

Le risque de volatilisation varie en fonction de paramètres du sol, du climat, des techniques culturales et de la source d'azote (**SOLTNER, 1987**).

-Réorganisation

Le rapport C/N de la matière organique, conditionne les mécanismes d'organisation et de reminéralisation de l'azote (**CHELOUFI, 1991**).

-Rétrogradation

C'est la fixation plus ou moins réversible de l'ion ammoniacal (NH_4^+) entre feuillets d'argile (**SOLTNER, 1987**).

II-3-2-4-Immobilisation de l'azote

Lorsque l'azote minéral du sol est assimilé par les microorganismes telluriques, il entre dans des combinaisons organiques à l'intérieur des cellules microbiennes et cesse d'être utilisable pour les végétaux supérieurs ; on dit qu'il y a immobilisation, il peut non seulement être immobilisé dans les cellules microbiennes, mais encore dans les tissus des végétaux (**DOMMERGUES, 1970**).

Il existe d'autres cycles encore, qui affectent surtout l'utilisation de certaines formes minérales, comme, le fer, le soufre, le phosphore, le manganèse... (**BOULARD, 1962**).

I-1-Résultats des Analyses physico-chimiques des sols

Les caractéristiques physico-chimiques des deux sols sableux cultivé et non cultivé de la couche superficielle (0-20cm) sont données dans le Tableau V.

Tableau V: Caractéristiques physico-chimiques des deux sols

sols		Sol cultivé	Sol nu
paramètres			
granulométrie	S.G(%)	26,320	31,04
	S.F(%)	41,01	51,15
	L.G(%)	17,45	12,71
	L.F(%)	8,23	3,10
	A. (%)	6,99	2,0
Humidité du sol (%)		10,30	7,10
Calcaire total (%)		4,75	0,89
Salinité globale CE à 25° (dS/m) 1/5		3,91	22,27
Réaction du sol (pH)		7,90	7,98
Caractéristiques biochimiques	C.org(%)	0,43	0,18
	N(%)	0,07	0,022
	MO(%)	0,73	0,30
	C/N	6,14	8,18
Complexe adsorbant (meq/l)	Mg⁺²	0,45	0,71
	Ca⁺²	5,22	8,88
	Na⁺	10,54	114,02
	K⁺	0,92	4,16
Bilan anionique de l'extrait 1/5 (meq/l) (solution du sol)	Cl⁻	10,06	144,13
	SO₄⁻²	15,4	30,81
	HCO₃⁻	0,8	0,6
	CO₃⁻²	-	-

I-2-Résultats des analyses microbiologiques

Tableau VI: Résultats de dénombrement des microorganismes telluriques étudiés.

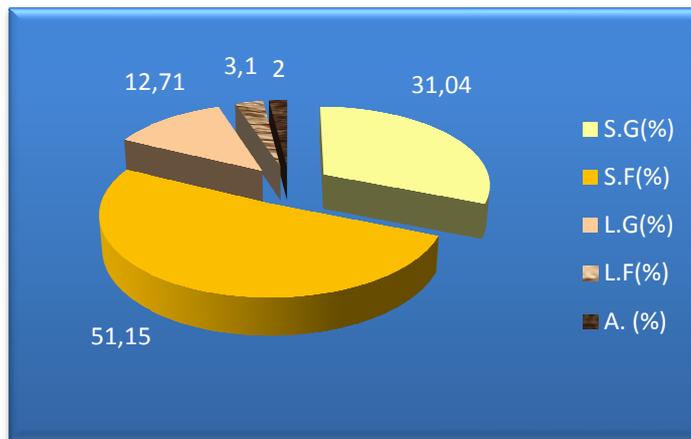
Sols Germes(g/g.s.s)	Sol cultivé	Sol nu
Bactéries	119,2x10 ⁶	94,76x10 ⁶
Champignons	60x10 ⁴	8x10 ⁴
Actinomycètes	59,2x10 ⁵	36,8x10 ⁵
Algues	4,5x10 ²	0,4x10 ²

g/g.s.s : germes par gramme de sol sec.

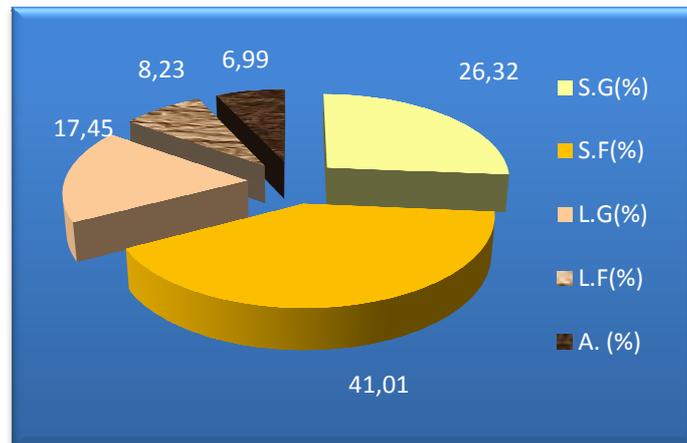
II-1-Discussion des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques de nos échantillons rapportés dans le tableau V, montrent que nos sols sont caractérisés par :

D'après l'analyse granulométrique, on constate que le sable est la fraction la plus dominante, en deuxième lieu vient le limon, tandis que le taux d'argile est très faible. Donc on a pu déterminer la texture de nos sols, celle-ci est sablo-limoneuse.



(a)



(b)

Figure N° 05 : Composition granulométrique des deux sols (a : sol nu, b : sol cultivé)

Dans les régions arides, les sols sont généralement alcalins ($7,5 < \text{pH} < 8,5$) (**KOUL, 2007**). Ainsi nous avons enregistré les valeurs de pH suivantes : 7,90 pour le sol cultivé et 7,98 pour le sol nu.

Par ailleurs, la conductivité électrique de sol cultivé est de l'ordre de 3,91dS/m par contre une salinité importante, ou on a noté une conductivité électrique de 22,27dS/m pour le sol non cultivé.

Selon les études réalisées sur l'exploitation à compter de l'année 1994 jusqu'à l'année 2010, concernant la conductivité électrique, il est clair que la salinité est le paramètre le plus variable.

Les différents travaux antérieurs ont montré qu'en sol cultivé, de nettes augmentations de la salure. Parmi ces travaux on trouve : **BENZAHI (2001)**, **MESSITFA (2002)**, **BERRABEH (2009)** et **NIBOUA (2010)**.

En ce qui concerne le sol nu, peu de travaux ont été réalisés dessus. On peut citer les travaux de **BEN BRAHIM (2001)** ; **IDDER (2006)** ; **MASSAOUDI (2010)**.

Ce sol est caractérisé par une forte salinité puisque les valeurs de la conductivité électrique sont toujours élevées ($\text{CE} \geq 20\text{dS/m}$).

Ce cas est très rencontré dans les sols des régions arides qui contiennent une quantité importante en sels solubles.

Un taux d'humidité assez élevé de l'ordre de 10,30% pour le sol cultivé du à l'irrigation, alors qu'il est faible pour le sol nu 7,10%. Cette faible teneur en eau peut s'expliquer d'une part par : l'aridité du climat (le taux d'évaporation est supérieur à celui de précipitation), d'autre part, par la texture qui caractérise notre sol, en plus ce sol n'est pas irrigué.

Un faible taux de calcaire total pour les deux sols : 4,75% pour le sol cultivé et 0,89% pour le sol nu.

Les travaux de **IDDER(2006)**, **NIBOUA(2010)**, ont montrés qu'en sol nu, le taux de calcaire varie entre 0,14 et 1,16%, ce qui correspond à nos résultats.

Une quantité élevée en sels solubles, particulièrement en sodium (Na^+) de l'ordre de 114,02meq/l et en calcium (Ca^{++}) de 8,88 meq/l, les chlorures(Cl^-) est de 144,13meq/l et les sulfates(SO_4^{2-}) de 30,81meq/l, sont les ions les plus dominants en sol nu. Leur répartition semble parfaitement liée à la CE. Nous avons enregistré également dans le même sol que les quantités des bicarbonates(HCO_3^-) sont très faibles de 0,6meq/l, une absence des carbonates(CO_3^{2-}). Concernant le sol cultivé, nous avons noté une teneur en chlorure et en sulfates en quantité adéquate avec une absence de carbonates.

En ce qui concerne les caractéristiques biochimiques, ces deux sols sont pauvres en matière organique. Ainsi nous avons noté un taux de l'ordre de 0,73% dans le sol cultivé, et un taux beaucoup moins élevé de l'ordre de 0,3% pour le sol nu.

D'après **DUCHAUFOR (1984)**, la teneur en matière organique dans les zones arides ne dépasse pas 1% ;

Selon (**ZEGHIB, 2010**), la faible richesse en matière organique des sols des zones arides est due à la faible couverture végétale dans ces zones.

La carence en azote dans les deux sols cultivé et nu est particulièrement nette de l'ordre de 0,07% et 0,02% respectivement.

Le rapport C/N qui nous renseigne sur l'activité biologique, varie de 6,14 et 8,18 pour les deux sols cultivé et nu respectivement. Ce taux est inférieur à 10,0 ceci traduit la faiblesse des deux éléments les plus importants et une minéralisation réduite d'azote et de carbone existant au niveau de ces sols.

II-2-Discussion des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques laissent apparaître des variations entre les deux sols en nombre de germes avec des valeurs maximales pour le sol cultivé. Le tableau N°VI montre les résultats de dénombrement des différents groupes microbiens présents dans les deux sols.

Ces variations de densité 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, salinité...etc), et aussi des variations notables au niveau des facteurs biochimiques (nutritionnels et énergétiques). Les variations climatiques : température et humidité affectent d'une manière directe la biomasse microbienne (**BERGERON, 2007**).

Cette densité est 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.

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. En effet, le nombre et l'activité des microorganismes dépendent essentiellement de l'énergie qui peut être libéré à la suite de la décomposition de la matière organique (**BOULARD et MOREAU, 1962**).

L'élévation de la densité microbienne dans le sol cultivé est due certainement aux taux d'humidité et probablement aux taux de la MO légèrement élevé, et une salinité moins important que le sol nu, ce qui stimule la prolifération des germes microbiens. Alors que, la faible teneur en MO dans le sol nu est dû à l'absence du couvert végétal, du faible taux d'humidité et de la forte salinité qui caractérisant ce sol.

Bien que, les résultats obtenus montrent une faible densité microbienne dans le sol nu par rapport au sol cultivé, une densité microbienne remarquable à été enregistré pour les quatre grands groupes des microorganismes dans le sol nu.

Concernant l'importance des différents groupes microbiens pris séparément au niveau de deux types de sol, les résultats obtenus montre que les bactéries sont les microorganismes les plus dominants, suivies par les actinomycètes, en suite les champignons et enfin les algues.

Nos résultats confirment ceux de **BAZZINE (2003)** et **KARABI (2010)**, qui arrivent à montrer que la densité des microorganismes est prédominée par la microflore bactérienne, suivie par la microflore fongique et les actinomycètes et enfin par les algues au niveau de l'exploitation de l'ITAS.

a)-Microflore bactérienne

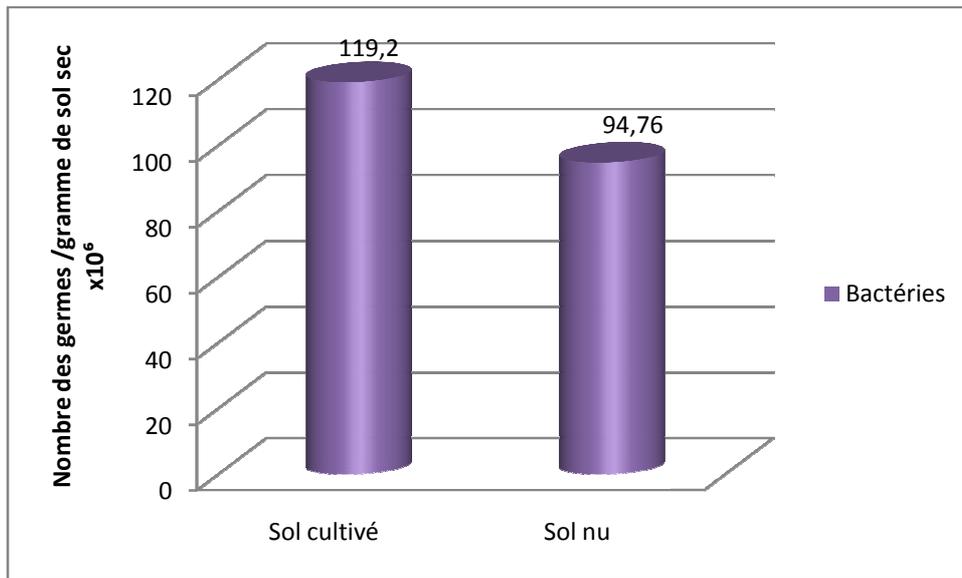


Figure N°06 : Densité de la microflore bactérienne de deux sols

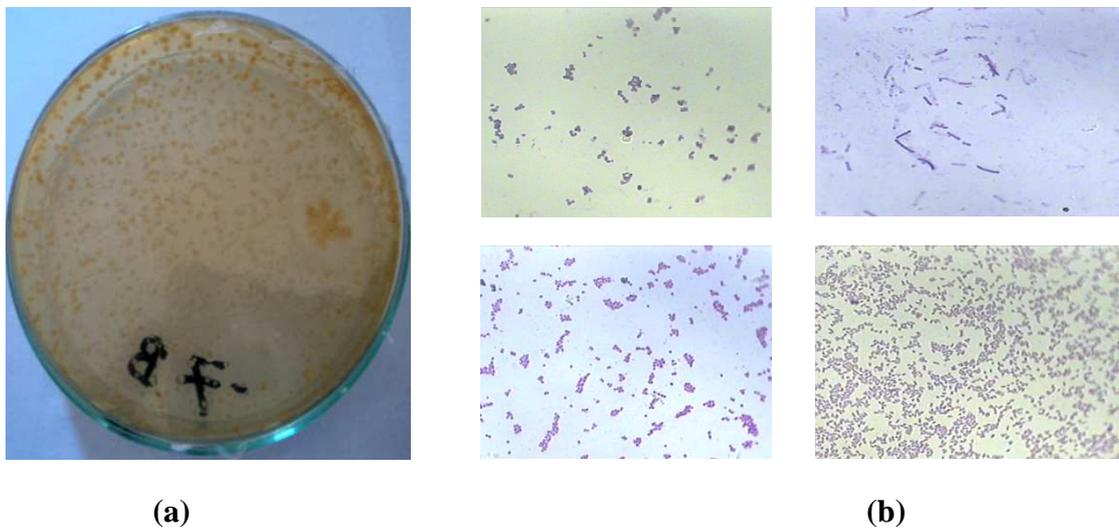


Photo N°02 : Aspects macroscopiques (a) et microscopique (b) (Gx10) d'une colonie bactérienne isolée.

En examinant les valeurs relatives à la densité bactérienne dans les deux sols, il ressort que cette densité est faible en sol nu qu'en sol cultivé. Elle est de l'ordre de $94,76 \times 10^6$ et $119,2 \times 10^6$ germes/gramme de sol sec respectivement.

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 10^4 à 10^5 dans les horizons superficiels. Dans des conditions exceptionnellement favorables on a dénombré, par la méthode de culture, jusqu'à 10^{11} bactéries par gramme du sol.

La densité bactérienne présente une supériorité numérique par rapport aux autres microorganismes en sol cultivé qu'en sol nu.

Cette dominance pourrait être attribuée également à :

L'ubiquité des bactéries qui sont capables de coloniser des milieux différents, et elles peuvent être active pour de grands domaines de température, l'acidité, d'alcalinité, de pression et de salinité (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

L'existence d'espèces ou des souches halophiles capables de résister à des fortes teneurs en sels grâce à certaines stratégies adaptatives (**AMIR et al, 1980**).

La densité bactérienne est élevée dans le sol cultivé par rapport au sol nu. Ceci peut être expliqué par le taux relativement élevé d'humidité et de matière organique.

L'humidité règle l'activité biologique de plusieurs manières :

- Elle intervient directement puisque l'eau est indispensable au développement des organismes vivants ;
- Elle intervient indirectement :
 - en modifiant les échanges gazeux,
 - en transportant verticalement ou latéralement diverses substances, dont les substrats énergétiques ou certains éléments de la microflore

Un sol sec ne présente qu'une activité microbienne très faible. Lorsque le taux d'humidité s'élève, cette activité augmente progressivement.

La distribution verticale des bactéries reflète assez fidèlement la distribution de la matière organique dans le profil, puisque l'on sait que les bactéries du sol sont en majorité des hétérotrophes, c'est-à-dire des organismes tirant leur énergie de la

dégradation de la matière organique du sol. A la surface des racines les densités bactériennes sont souvent plus élevées que dans le sol loin des racines (**DOMMERGUES, 1970**).

Il faut signaler que la différence entre le nombre bactérien dans le sol cultivé et le sol nu est relative au rapport C/N qui est légèrement bas en sol cultivé par rapport au sol nu (6.14 et 8.18 respectivement), ce qui traduit une bonne minéralisation de la matière organique et donc une bonne activité microbienne (**BESSEDIK et al, 2000**).

Les bactéries sont très sensibles à la salinité que d'autres microorganismes (**ALEXANDER, 1982 ; DELLAL et HALITIM, 1992**).

En générale, les colonies des bactéries isolées ont plusieurs aspects macroscopiques (régulière, irrégulier, muqueuse, lisse, bombée....) et des différents diamètres ($\leq 3\text{mm}$).

La figure N°02 (b) présente l'aspect microscopique après la coloration du Gram qui montre la présence des différentes formes : cocci, bacillaire, Gram positive ou négative. Isolée, groupé en amas ou en pair.

b)-Actinomycètes

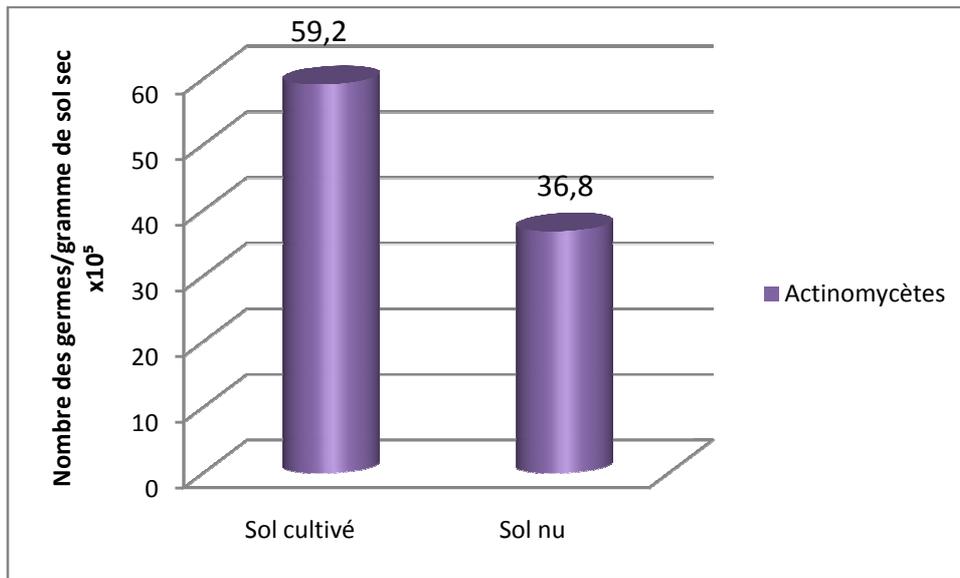
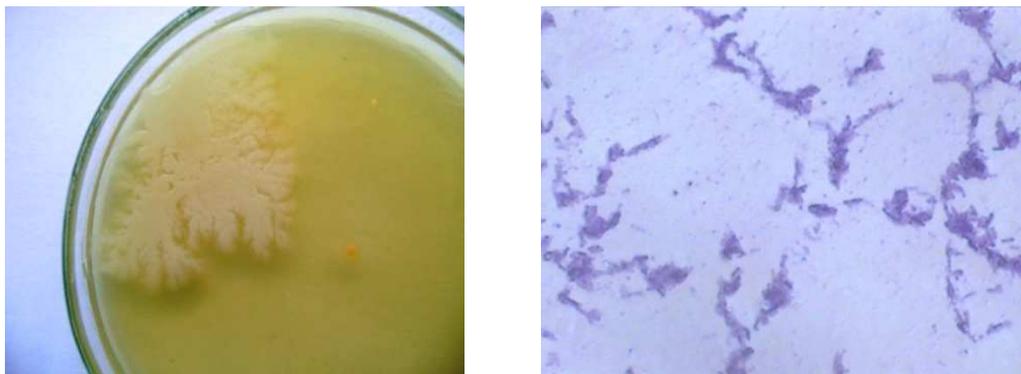


Figure N°07: Densité des actinomycètes dans les deux sols



Photos N°03: Aspects macroscopique (a) et microscopique (b) (G x 40)
d'une culture d'actinomycètes

En ce qui concerne les valeurs relatives à la densité des actinomycètes dans les deux sols, nous avons enregistré les valeurs suivantes : $59,2 \times 10^5$ et $36,8 \times 10^5$ dans le sol cultivé et le sol nu respectivement.

La densité des Actinomycètes est en général 3 à 15 fois plus faible que celle des bactéries (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

Cette faiblesse en nombre de germes des actinomycètes par rapport aux bactéries est due à leur faible pouvoir de multiplication (**BAZZINE, 2002**), ainsi leur faible pouvoir compétitif par rapport aux autres microorganismes.

Cette densité montre une tendance nette à s'élever dans les sols alcalins, et les sols non cultivés. La sobriété des actinomycètes explique leur grande extension : ils sont présents sous tous les climats, sur tous les types de sol (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970**).

Ceci est confirmé par notre résultat où nous avons enregistré en sol nu une densité, quand même considérable d'actinomycètes.

Cette relative prolifération de ces microorganismes est à relier à leurs résistances aux conditions arides et à leurs aptitudes à dégrader des substances organiques difficilement décomposables (**AMIR et al, 1985**).

En effet, selon **SABAOU et al (1998)**, les sols des oasis du Sahara Algérien, bien que soumis à un climat aride, sont relativement riches en actinomycètes.

Cette élévation de nombre d'actinomycètes dans le sol cultivé est expliquée par le taux d'humidité et de MO relativement élevés par rapport au sol nu

On reconnaît les colonies d'actinomycètes aux caractères suivants : bords souvent irréguliers ; surface pulvérulente et aspect souvent radié.

c)-Microflore fongique

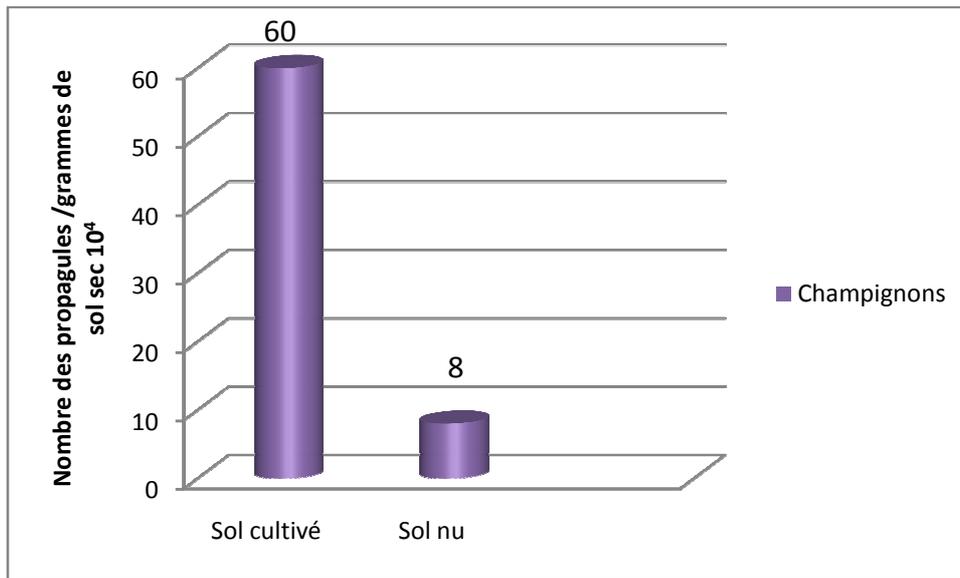
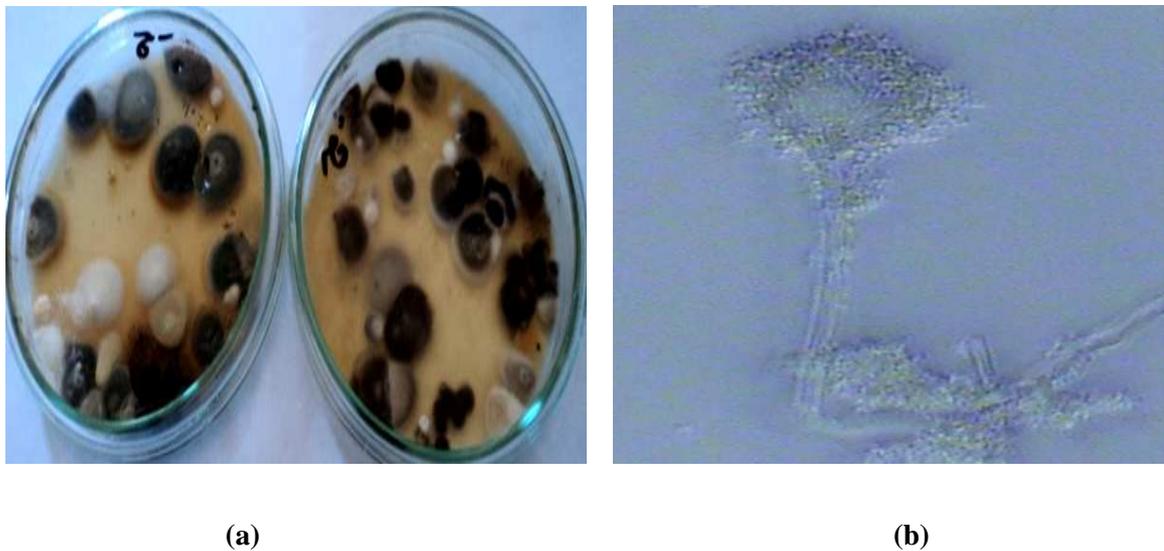


Figure N°08 : Densité de la microflore fongique des deux sols



Photos N°04: Aspects macroscopique (a) et microscopique (b) (G x 100) d'une culture fongique

Nous avons enregistré les valeurs suivantes : 60×10^4 et 8×10^4 germes/gramme de sol sec en sol cultivé et en sol nu respectivement.

Selon **DAVET(1996)**, la densité de la microflore fongique, varie de 8×10^3 à 10^6 unités par g de sol.

On constate que le nombre des champignons est moins important que celui des bactéries ou des actinomycètes dans le sol. Ceci est dû à la particularité que possèdent les champignons vis-à-vis le pH. En effet les champignons préfèrent les milieux acides ou ils ne rencontrent pas la concurrence des bactéries (**MOREL, 1982**). Le pH de nos sols est alcalin ce qui explique la faible densité des champignons par rapport aux autres microorganismes.

On constate également que la densité des champignons dans le sol cultivé est supérieure à celle dans le sol nu.

En effet, la répartition et le nombre des champignons dans le sol sont affectés par nombreux facteurs du milieu, tels que :

La teneur du sol en matière organique au dépend de laquelle vivent ces microorganismes hétérotrophes, donc la pauvreté de nos sol en matière organique explique la faible densité des champignons surtout au niveau du sol nu.

L'humidité peut également diminuer le nombre des champignons dans le sol en réduisant leur activité. Le sol nu à une humidité de 10.3% ce qui à régit le nombre des champignons par rapport au sol cultivé qui présente une humidité de 10,30%.

Quant à la sensibilité à la salinité, les champignons sont les microorganismes les plus sensibles. Le taux de salinité diminue le nombre de champignons dans le sol nu qui présente une CE de l'ordre de 22.27 dS/cm.

La densité de la microflore fongique que nous avons enregistrée quand même dans le sol nu montre une forte adaptation des champignons du sol aux conditions de sécheresse extrêmes attribuée à leur faculté de produire des spores (**SASSON, 1967**).

d)-Microflore algale

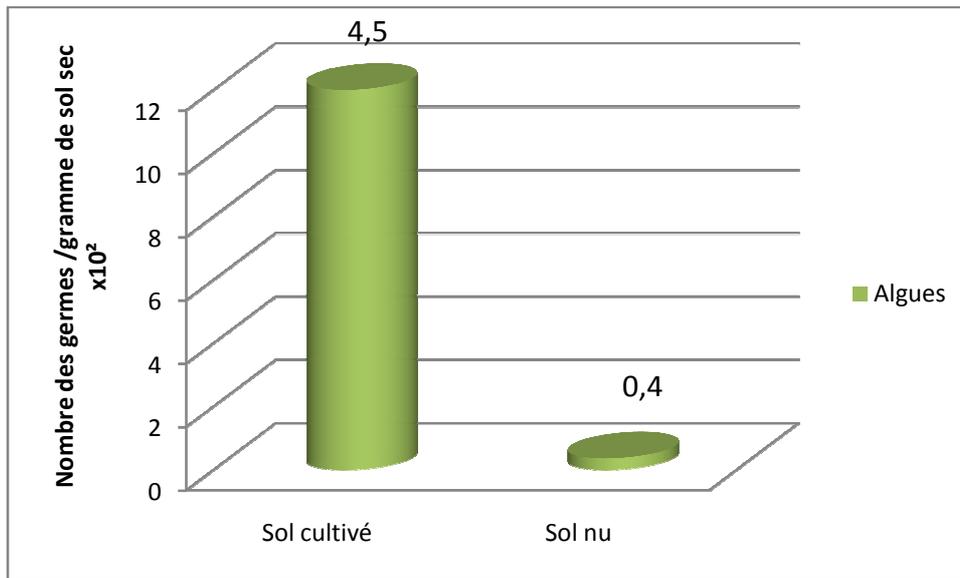
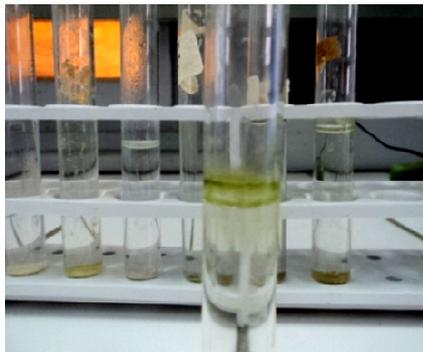
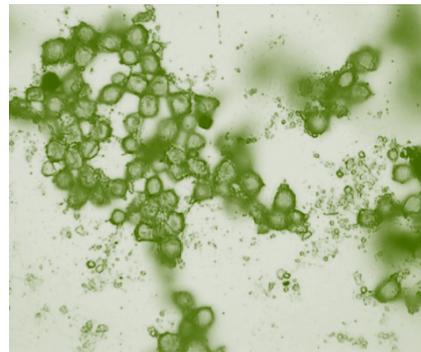


Figure N°09: Densité de la microflore algale des deux sols



(a)



(b)

Figure N°05 : aspects macroscopique (a) et microscopique (b) (Gx100) des algues

Les résultats obtenus montrent que les algues sont faiblement présentés par rapport aux bactéries, actinomycètes et aux champignons. Ainsi nous avons noté $4,5 \times 10^2$ et $0,4 \times 10^2$ germes/gramme de sol sec en sol cultivé et en sol nu respectivement.

Selon DAVET (1996), la densité des algues dans les sols varie entre 10^2 et 10^9 individus d'algues par gramme de terre.

Un pH légèrement alcalin favorise le développement des algues (**FOGG et COLL, 1973**). Nous avons observé ainsi que le pH alcalin de nos échantillons du sol a permis une présence d'une microflore algale assez importante.

On constate que le sol cultivé renferme une densité numériquement supérieure que celle du sol nu. En effet, le couvert végétal a une influence directe sur la biomasse algale par un effet d'écran à la lumière. Le nombre des algues est important lorsque le couvert végétal est suffisamment dense qu'un sol sans végétation (**BROWN et RICHARDSON, 1968**).

En ce qui concerne l'humidité, les algues, et en particulier les chlorophycées, ont généralement des exigences élevées et l'eau est le principal facteur limitant leur répartition. Au fur et à mesure qu'augmente l'aridité, la diversité du peuplement diminue.

Quant à la sensibilité aux sels, les algues présentent une sensibilité très variable. Les algues sont également présentes dans des sebkhas et des chotts où la salinité est extrêmement élevée (**CHADER et TOUZI, 2001**).

Conclusion

Le présent travail consiste à l'étude des caractéristiques microbiologiques par un dénombrement des principaux groupes microbiens présents dans deux sols l'un cultivé l'autre nu, de l'exploitation de l'université de Ouargla

Les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques de deux sols de la couche superficielle (0-20cm) montrent que ces sols se caractérisent par une texture sablo-limoneuse, un pH légèrement alcalin, le sol nu présente une conductivité électrique supérieure (22,27dS/m) à celle du sol cultivé (3,91dS/m). Le taux de la matière organique est inférieur à 1%, il est de l'ordre de 0,73% et 0,30% en sol cultivé et en sol nu respectivement, une faible richesse en azote de l'ordre de 0,07% et 0,02% et un rapport C/N faible enregistré dans les deux sols.

Les résultats du dénombrement des différents groupes microbiens montrent une variation de la biomasse microbienne en fonction des caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés, ces résultats révèlent que les bactéries sont les plus nombreuses, suivies par les actinomycètes puis les champignons, et enfin les algues.

Nous avons enregistré les valeurs suivantes : les bactéries $119,2 \times 10^6$ et $94,76 \times 10^6$ g/g.s.s ; les actinomycètes $59,2 \times 10^5$ et $36,8 \times 10^5$ g/g.s.s les champignons 60×10^4 et 8×10^4 g/g.s.s et les algues $4,5 \times 10^2$ et $0,4 \times 10^2$ g/g.s.s. en sol cultivé et en sol nu respectivement.

Le sol cultivé est relativement riche en biomasse microbienne en rapport avec les conditions environnementales meilleures du milieu.

En effet le sol cultivé est un sol travaillé ayant reçu du fumier, la biomasse augmente par rapport au sol nu; celle-ci est due au fait que l'application du fumier entraîne un gain de carbone et d'azote minéralisable qui stimule l'activité et le développement microbiens du sol. Le labour, également, accroît la porosité du sol et aussi le développement microbien du sol.

Le potentiel d'activité biologique du sol dépend de la matière organique avec laquelle elle est en étroite relation.

Le type de sol influence l'activité biologique comme l'indiquent les valeurs nettement supérieures en sol cultivé plus riche en matière organique par rapport au sol nu.

Enfin d'une manière générale l'activité microbienne au niveau de deux types de sol cultivé et nu est faible. Des amendements organiques sont indispensables pour l'augmentation de la fertilité du sol vis-à-vis l'amélioration des performances microbiologiques.

- ALEXANDERE M., 1982.** Introduction to soil microbiology, 2^{ème} Edit. J.Wily and sons INC, 467p.
- **AUBERT G., 1978-** Méthodes d'analyses des sols. Edit : C.R.D.P., Marseille, 191p.
- ALI-HAIMMOUD, AMIR H, BOUNAGA D, CHAMI et DJELALI N. 1980.** Contribution à l'étude de l'activité microbiologique de quelques sols de la sebkha de Boughzou1 (Hauts plateaux Algérois), Physio. Vég.18.P19-33.
- AMIR H, BENNACEUR M, LAOUFI Z, AMIR A, et BOUGANA N. 1985.** Contribution à l'étude de l'activité microbiologique de quelques sols de la sebkha de Boughoul (Hauts plateaux algérois), physiol. Vég. Gauthier-Villars, Montreil, Vol 18, N°1 :19-33.
- AVRIL J.L.et al, 1992.** Bactériologie clinique. 2^{ème} Edit. Paris : ellipses. Pp. 511.
- BAISE D., 2000-** Guide des analyses en pédologie. INRA, Edit : Paris, 257 p.
- BAZZINE M. 2002.** Etude de la biomasse microbienne dans les sols halomorphes d'une Sebkhha situe au niveau de l'exploitation du l'université de Ouargla (Ex-ITAS). Mém. Ing. Ecol. Université de Ouargla. P67.
- BERGERON O., 2007.** Dynamique des échanges de dioxyde de carbone. Collec. Mémoires et thèses électroniques univ Laval.
- BERTHELIN J., 1999.** Microbiologie. DEA National de Science du Sol. INA, Paris, 237p.
- BESSEDIK F., SAKA H., MOUSSAOUI B., YAKHOU S., 2000-** Fusariose du palmier dattier: dénombrement et évaluation des microorganismes des sols de différentes palmeraies du TOUAT indemnes de Bayoud. Recherche Agronomique, N° 6, pp : 69-75.
- **BONNEAU M., SOUCHIER., 1979-** constituants et propriétés du sol. Edit ; Masson et Cie ; Paris, 459p.
- BOULLARD B., MOREAU J., 1962-** Sol, microflore et végétation. Edit ; Masson ; Paris, 289p.
- BROWN T.E., RICHARDSON F.L., 1968.** The effet of growth environnement on the physiology of algae: Light intensity. J. Phycol; 4: 38-54.

- **CHADER S., TOUZI A., 2001**- Biomasse Algale : Source Energétique et Alimentaire. Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse, pp : 47-50.
- **CHAUSSOD R., 1996**- La qualité biologique du sol : évaluation et implication. Etude et gestion du sol, N°3, Vol 4, pp : 264-275.
- CHELOUFI H., 1991**- Etude du devenir de fertilisants azotés minéraux dans quatre types de sols cultivés lorrains : conséquences agronomiques et écologiques. Thèse Doct. I.N.P de Lorraine, 150p.
- CHEVIGNARD, 1985**. Etude de la formation actuelle d'horizon humifère en milieu tropical : cas des sols, du culture « remodelés » de la Martinique. Thèse Doc. Univ Nancy, 147p.
- CLARK F. E., 1969**. Associations écologiques entre microorganismes du sol. Biologie des sols (comptes rendus de recherches), UNESCO, Paris : 125-153.
- C.P.C.S., 1967**- Classification française des sols, Commission de pédologie et de cartographie des sols.
- **DAVET P., 1996**- La vie microbienne dans le sol et la production végétale, INRA, Edit, Paris, 383 p.
- DELLAL A., 1994**- Réactivité physicochimique, fonctionnement physiologique et microbiologique en conditions salines. Thèse Doct. ENASA de Rennes, 219p.
- DELLAL A., HALITIM, A., 1992**- Activités microbiologiques en conditions salines : cas de quelques sols salés de la région de Relizane (Algérie). Cahiers Agricultures, 1, pp : 335-340.
- DJELLALI N, BILLES G, BOUNAGA N, et LOSSAINT P. 1985**. Etude de l'activité biologique des sols de la steppe à alfa d'Algérie. Minéralisation du carbone et de l'azote. Acuta Oecologica, Oecol. Plant. Gauthier- Villars, Montreuil, Vol 6, N° : 289-307.
- DOMMERGUES Y., 1965**- Etude de quelques facteurs influant sur le comportement de la microflore du sol au cours de la dessiccation. Bio.sol.ORSTOM. collection de référence, juin 1965, N° 92.
- DOMMERGUES Y et MANGENOT F., 1970**- Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie Editeurs, Paris, 796 p.
- DOMMERGUES Y., 1973**. Nouveaux documents pour une étude intégrée en écologie du sol. Centre national de la Recherches Scientifique, Paris : 13-27.
- DOMMERGUES Y., 1977**. La biologie des sols, Ed. Que sais-Je ?, Presse Universitaire France.
- DOMMERGUES Y., 1999**. Principes d'écologie microbienne du sol. INA, Paris, 178p.

- DUCHAUFOR PH., 2001.** Introduction à ma science du sol. 6^{ème} Edit de l'abrégé de pédologie. Dunod. Ed. Massson. Paris. P314.
- FAURIE C et al, 1998.** Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Tec. Doc. Paris. P339.
- CLUZEAU D., GARNIER-ZARLY E., LAVELLE P., BLANCHART E., PERES G., ABLAIN F., CUENDET G., FAYOLLE L., 2005** - Faune du sol et Lombriciens dans les sols tempérés agricoles. Dunod (Ed.) 816p.
- FOGG G.E., STEWART W.D.P., FAY P. et WALSBEY A.E., 1973.** The Blue-green Algae. Academic Press, London and New York.
- GOBAT J., ARANGO M., MATHEY W., 2003-** Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols, 568 p.
- HALILAT M T., 1993-** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété aldura) en zones sahariennes (région d'Ouargla). Mémoire de Magistère, Université de Batna. 130p.
- ITA. 1975.** Laboratoire du sol : Méthodes d'analyses physiques et chimiques du sol. Institut Technologique Agricole. Mostaganem. P78.
- KARABI M, 2010.** Fonctionnement microbiologique et biochimique des sols sahariens : étude comparative entre un sol salé (palmeraie de l'université de Ouargla) et un sol alluvionnaire (palmeraie traditionnelle de Guerrara).
- KILLIAN C., FEHER D., 1939.** Recherches sur la microbiologie des sols désertiques. Paul le Chevalier Editeurs, Paris, 110p.
- KOULL, N. 2007.** Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région de Ouargla. Mém. Ing. Agro.6p.
- MACALADY A., 1996.** Microphytic soil crusts and desert ecosystems. Journal of Arid Environnement Kluwe Academic Publishers, California: 62-85.
- MEFTAH H., 1988-** Influence d'un apport de litière de volailles et de fumier ovin en sol saharien nu et irrigué de la région d'Ouargla : dynamique du carbone et humification. Mémoire Ing, ITAS, Ouargla, p58.
- MOREL. 1989.** Les sols cultivés. Tech et Doc. Lavoisier. Paris. P272.
- MOREL. 1996.** Les sols cultivés. 2^{ème} édition INRA. Paris.
- MULDER E, G. LIE T, A et WOLDDENDROP J, W. 1969.** Biologie et fertilité du sol. Biologie des sols (comptes rendus de recherches). UNESCO. Paris. P165-214.
- O.N.M, 2011.** Les données météorologiques de Ouargla. Office National de Météorologie.

- OUSTANI M., 2006.** Contribution à l'étude de l'influence des amendements organique (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions sahariennes (cas d'Ouargla). Mémoire de magistère, Université d'Ouargla, 187 p.
- POCHON J., 1954.** Manuel technique d'analyse microbiologique du sol. Edition Masson et C^{ie}, Paris, 132p.
- POCHON J. et TCHAN Y.T. 1948-** Précis de Microbiologie du sol. Ed. Masson et Cie. Paris. 222p.
- PRESCOTT., L. M, HARLEY. J. P et KLEIN., D. A. 2003.** Microbiologie 2^{ème} édition française, traduction de la 5^{ème} édition américaine. Université de liège, 1137p.
- RIVKIND L., 1984-** Etude des terres du Sahara. Ann. Ins. Pasteur, Alger, (7), pp : 81-83.
- ROBERT M, 1996.** Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris, 241p
- ROGET P et GARCIA J.L. 2001.** Introduction à la microbiologie du sol. Marseille : Université de Provence. Pp : 193.
- SABAOU N., BOUDJELLA H., BENNADJI H., MOSTEFAOUI A., ZITOUNI A., LAMARI L. et BENNADJI H., 1998.** Les sols des oasis du Sahara algérien, source d'actinomycètes rares producteurs d'antibiotiques. Sécheresse. Editions John Libbey. Eurotext, Montrouge, Vol 9, N^o2 : 147-153.
- SASSON A., 1967.** Recherches écophysiologique sur la flore bactérienne de sol des régions du Maroc. Série Botanique et Biologie Végétale. Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien et de la Faculté des Sciences, Rabat, N^o 30 : 27-55.
- SOLTNER D., 1979.** Les bases de la production végétale. Le sol. Collecte. Sciences et techniques Agricoles. TI. Angers. P340.
- SOLTNER D, 1992.** Les bases de la production végétale ; 19^{ème} Edition ; Collection Sciences et techniques agricoles.
- SOLTNER D., 2003-** Les bases de la production végétale, le sol et son amélioration. Tome I, Edit collection science technique agricole, 472 p.
- SOLTNER D., 2005.** Les bases de la production végétale, le sol et son amélioration. Tome I, 24^{ème} édition ; Collection Sciences et Techniques Agricoles.
- STUB C., 2008.** Modélisation et optimisation de la production de thiolutine chez *Saccharothrix algériensis*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse. Pp 202.
- VERPLANCKE G. 1932.** Elément de microbiologie général et agricole. Gembloux. P318.

-**VILLAIN., M, 1987.** La production végétale, les composantes de la production. Voll. Edition tech et doc. Lavoisier, 402p.

- **ZOMBRE PN., 2006-** Variation de l'activité biologique dans les zipella (sols nus) en zone subsahélienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (techniques des poquets). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 10 (2), pp : 139 – 148

-**ZEGHIB M., 2010.** Contribution à l'étude de la biomasse microbienne des sols gypseux dans la rive gauche de l'Oued Righ (cas de la région de M'rara). Mém. Ing. Eco.70p.

-<http://www.dijon.inra.fr/plateforme.genesol>

Annexe 1

Milieux de culture**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
-Extrait de terre.....	100ml

Dissoudre les constituants dans 900ml d'eau distillée, puis dans l'autoclave à 121°C pendant 15min.

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

-Glucose.....	10g
-Asparagine.....	0,5g
-Phosphatebipotassique (PO_4HK_2).....	0,5g
-Gélose.....	5g
-Eau distillée.....	1000ml

Ajusté le pH=7

D-Milieu de culture des algues d'après POCHON(1954)

-Nitrate de calcium.....	0,1g
-Phosphate bipotassique.....	0,4g
-Sulfate de Manganèse.....	0,4g
-Perchlorure de fer.....	traces
-Extrait de terre.....	200ml
-Eau distillée.....	800ml

E-Milieu de culture des champignons (OGA)

- OGA.....30g
- Eau distillée..... 1000ml

La préparation de ces milieux est comme suite :

-Dissoudre sous un bec bunsen les constituants de milieu dans une petite quantité d'eau distillée puis compléter le volume jusqu'à un litre.

-Ajuster le pH du milieu.

-Répartir le mélange dans des flacons, fermer et autoclaver à 112°C pendant 20mn.

-Conserver les milieux au réfrigérateur jusqu'au moment de l'utilisation.

-Préparation de l'extrait de terre

Choisir un terre assez riche (type terre de jardin) de pH neutre ou légèrement alcalin et, autant que possible, employer toujours la même terre.

-Mélanger à poids égal terre et eau du robinet (si elle n'est pas exagérément chlorée), ou mieux, eau de source ou de puits. Laisser macérer 24h à la température du laboratoire.

Porter à l'autoclave 1h à 130°C. Laisser décanter et filtrer à chaud sur papier. Vérifier le pH qui doit être voisin de la neutralité. Répartir en récipients bouchés au coton, stériliser 20minutes à 112°C.

Table de MAC GRADY

3 tubes par dilution					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Annexes 02

1-Dénombrement de la microflore microbienne totale, selon (MARCHAL et BOURDON, 1982)

Afin de dénombrer la microflore existant dans les différents échantillons nous avons procédé à une culture sur des milieux spécifiques. Pour se faire, une série de dilution intervient.

• Préparation de la solution mère

A partir d'un échantillon de sol destiné à l'analyse microbiologique, 1 g de sol est pesé puis introduit dans un tube à essai contenant 9 ml de l'eau physiologique préalablement autoclavée. Le tube est ensuite agité énergiquement pendant 2 minutes. Le contenu du tube représente la solution mère.

• Préparation des dilutions

Dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérilisée, est ajouté 1 ml de la solution mère. Le mélange bien agité représente la dilution à 10^{-1} . 1 ml de cette dilution mélangé à 9 ml d'eau physiologique, correspondra à la dilution 10^{-2} . On continue ainsi jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-7} .

• Ensemencement par étalement sur milieu de culture

Le milieu de culture préalablement fondu est réparti dans des boîtes Pétri à une hauteur d'environ 3 à 4 mm qu'on laisse ensuite refroidir. 0.1 ml de chaque dilution est prélevé à l'aide d'une pipette Pasteur puis déposé sur le milieu. Trois gouttes de la solution est étalées sur toute la surface du milieu.

Après le temps d'incubation, les colonies développées sont dénombrées à l'aide d'un compteur de colonies.

2- Coloration de Gram

La coloration de gram est réalisé systématiquement sur les différentes colonies pour préciser le caractère Gram+ ou Gram-, le mode de regroupement, et la forme des bactéries. Elle se déroule en plusieurs étapes successives:

- 1) fixé le frottis
- 2) recouvrir le frottis de la solution de cristal violet, laisser agir 1 min
- 3) rejeter le colorant, laver à l'eau

- 4) recouvrir la préparation de Lugol et laisser agir pendant 1 min
- 5) rejeter Lugol puis laver à l'eau
- 6) décolorer avec l'alcool à 95°
- 7) rincer à l'eau courante et recouvrir la lame de la solution de Fushine diluée laissé agir quelque secondes
- 8) rejeter la Fushine, laver abondement
- 9) déposer la lamelle et en fin observer immédiatement au microscope optique

Annexe 3

-Echelle d'interprétation des résultats**Tableau 1: Granulométrie**

Terre fine					
Taille	$> 2\mu m$	2 à $20\mu m$	20 à $50\mu m$	50 à $200\mu m$	0,2 à 2mm
Classes	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier

Tableau 2 : Matière organique (I.T.A. 1975)

Matière organique %	Nom de classe
≤ 1	Sol très pauvre
$1 < M.O \leq 2$	Sol pauvre
$2 < M.O \leq 4$	Sol moyennement riche
$M.O > 4$	Sol riche

Tableau 3 : Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (AUBERT, 1978)

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

Tableau 4 : Azote total (HENIN, 1969)

N total %	Sol
≤ 0.5	Sol très pauvre
$0.5 < N_{total} \leq 1.0$	Sol pauvre
$1.0 < N_{total} \leq 1.5$	Sol moyen
> 1.5	Sol bien pourvue

Tableau 5 : Le rapport C/N (HENIN, 1969)

C/N	Minéralisation de la MO
< 8	Minéralisation trop rapide, perte d'éléments fertilisants.
Voisin de 10	Bonne minéralisation
> 15	Minéralisation lente, accumulation de Matière Organique

Tableau 6: Le pH, potentiel hydrogène, représente l'acidité du sol. Il est mesuré dans un rapport sol/solution de 2,5

pH	$< 3,5$	3,5-4,2	4,2-5	5-6,5	6,5-7,5	7,5-8,7	$> 8,7$
Classa	Hyper acide	Très acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Basique	Très basique

(LE CLECH, 2000)

Tableau 07 : Calcaire total (BAISE, 1988)

CaCO₃(%)	Horizon
≤ 1	Non calcaire
$1 < CaCO_3 \leq 5$	Peu calcaire
$5 < CaCO \leq 25$	Modérément calcaire
$25 < CaCO \leq 50$	Fortement calcaire
$50 < CaCO \leq 80$	Très calcaire
> 80	Excessivement calcaire

Contribution à l'étude des caractéristiques microbiologiques des sols dans la région de Ouargla (Cas de l'exploitation de l'Université de Ouargla)

Résumé

Dans le but d'étudier les caractéristiques microbiologiques du sol dans la région de Ouargla (cas de l'exploitation de l'ITAS), nous avons quantifié les principaux groupes microbiens dans deux types de sol cultivé et nu.

Les analyses physico-chimiques des sols de la couche superficielle (0-20cm), montrent que la texture de ces sols est sablo-limoneuse, la teneur en calcaire est faible, leur teneurs est très faible en matière organique et en azote total avec un pH légèrement alcalin. La salinité est le caractère le plus important et le plus variable de ces deux types de sol.

Le dénombrement des différents groupes microbiens montre une variation de la biomasse microbienne en fonction des caractéristiques physico-chimiques des sols.

Ces résultats révèlent la dominance de la microflore bactérienne, suivie par les actinomycètes puis la microflore fongique et enfin les algues.

Le sol cultivé présente une supériorité vis-à-vis la richesse en microorganismes par rapport au sol nu.

Malgré les conditions défavorables liées à la nature du sol et au climat, l'activité microbienne bien qu'elle soit faible elle persiste.

Mots clés : caractéristique microbiologique, exploitation de l'université de Ouargla, groupe microbien, sol cultivé, sol nu

Contribution to the study of how microbiological soil in the region of Ouargla (Case of the operation of the University of Ouargla)

Abstract

With an aim of studying the microbiological of the ground in the area of Ouargla (case of the exploitation of the ITAS), we quantified the microbial independent groups in two types of cultivated and naked ground.

The physicochemical analyzes of the grounds of the surface layer (0-20cm), show that the texture of these grounds is sablo-muddy, the content limestone is weak, their contents is very weak out of organic matter and total nitrogen with a slightly alkaline pH. Salinity is the most important character and most variable of these two types of ground.

These results reveal the predominance of the bacterial microflora, followed by the actinomycètes then the fungic microflora and finally the algae.

The cultivated ground presents a light superiority opposite the wealth of micro-organisms compared to the naked ground.

In spite of the adverse conditions related on the nature of the ground and the climate, the microbial activity although it is weak it persists.

Key words: microbiological operation, exploitation of the university of Ouargla, groups microbial, cultivated ground, naked ground

ITAS)

!

() %' # \$ "ITAS)

.)) + * *)

* & 0- 4 * 12 3 " 1 */ (0/ "% 20.0 +- ,

. * 3 9) : ,) %/ 54) & 786 + 5 * 21

5 +- ; < 3 9) : 0/ () %' # \$

.A / (- % (1? " (@ *) ? ; =&

.) + : (& : - 0) +

. , + < EF 12 E/ * %@ 9) ? "D C ' 1 B : 0 * %@ 9)

1 C ' ") + C ' " () " 1 " : "