

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



Mémoire

Master ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection de la Ressource Sol-Eau et Environnement

Présenté par : BENHAMIDA Fatima Zohra et ELKHALILI Ferdous

Thème

Variabilité spatiale de l'activité microbienne du sol sous culture de palmier dattier(phoenix dactyliferal) à ouarga

Soutenu publiquement

Le : 22/ 05 /2016

Devant le Jury :

M ^{me} BABA HANI Souad	M.C.A.	Président	(U. K.M.Ouargla)
M.KARABI Mokhtar	M.A.A.	Promoteur	(U. K.M.Ouargla)
M ^{lle} HASSAINE Amina	M.A.A.	Examinatrice	(U. K.M.Ouargla)

Année Universitaire : 2015/2016

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail.

*Nous remercions chaleureusement notre encadreur **M. KARABI Mokhtar**, Pour son aide, ses encouragements et ses conseils judicieux durant toute la période de notre travail.*

*Nous tenons à remercier **M^{me} BABAHANI Souad**, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider ce jury. Nous tenons également à remercier **M^{lle} HESSAINE Amina**, pour avoir accepté la lourde charge d'évaluer ce mémoire et d'en être l'examinatrice.*

Nous remercions tous les enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire.

Nos sincères remerciements vont également à toute l'équipe du service du laboratoire de pédologie et de microbiologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et le laboratoire de biogéochimie des milieux désertiques pour leurs précieuses aides et collaborations.

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

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos amis.



Dédicace

Merci mon Dieu de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire :

" Elhamdoulillah".

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère **NADJET**.*

*A mon père **MOHAMED LAID**, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.*

Que Dieu les garde et les protège.

*A mes frères: **Ahmed, Nouhet, Abdassamie***

*A mes sœurs: **Manaret Amina***

*A toute la famille : **Benhamida***

*A mon binôme et amie de travail : **Elkhalili Ferdous** .*

*A mes chères amies, **Rifa, Narimene, Khayra, Layla, Nachwa et selma***

*A la personne qui m'a beaucoup aidé: **Guendafa Farah***

A tous les collègues de près et de loin.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail.

BEN HAMIDA Fatima Zohra



Dédicace

*Merci mon Dieu de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire : « **Elhamdoulillah** ».*

À mes parents qui m'ont donné la naissance et la croyance religieuse

*À ma mère **ZWINA** qui ne cesse de m'orienter.*

*À mon père **REZAK** qui m'a élevé, éduqué et m'a donné les actes les plus nobles de la vie pour grandir dans un environnement sain.*

*À mes sœurs **RABAB, SONDOUS, REHAB, MOUNA, CHAHRAZED***

*À mes frères **MED SADEK, ADEL, ALI** et **MORTADA** .*

*À mon cher **BASSIL ALKHALILLI**.*

*À tous les membres de la grande famille **ALKHALILLI**.*

*À mon binôme et amie **BEN HAMIDA FATIMA ZOHRA** .*

*À tous mes enseignants particulièrement **M. KARABI Mokhtar**.*

*À mes chères amies, **FARAH, FATIMA, SOURAYA, MESSAOUDA**, et **NADJIBA**.*

À tous les collègues de près ou de loin.

À tous ceux qui utilisent la science pour le bonheur et la prospérité de l'humanité.

Je dédie cet humble travail

ELKHALILI Ferdous



Liste des tableaux

N°Tableau	Titre	page
Tableau 01	Les grands groupes des microorganismes du sol	5
Tableau 02	Résultats des analyses physico-chimiques des sols.	27
Tableau 03	Résultats du dénombrement des microorganismes telluriques.	30
Tableau 04	Valeurs du C _{microbien} et du N _{microbien} des sols étudiés.	35
Tableau 05	Activité enzymatique (β -glucosidase) des sols échantillonnés exprimée en μg de glucose /g de sol sec.	36

Liste des abréviations

CE	Conductivité Electrique
PDA	Potato Dextrose Agar
MO	Matière Organique
UFC.g.s.s⁻¹	Unité Formant Colonie par gramme de sol sec
FAO	Food and Agriculture Organization
USDA	United State Department of Agronomy (soil taxonomy)
ITA	Institut technologique d'Agronomie
P₀	Point d'échantillonnage 0
P₁	Point d'échantillonnage 1
P₂	Point d'échantillonnage 2
P₃	Point d'échantillonnage 3
S	soufre
N	azote
P	phosphore
C	carbone

Liste des photos

Photo N°	Titre	Page
Photo 01	Bactérie	6
Photo 02	Champignons	6
Photo 03	Photo satellitaire de l'exploitation de l'université	17

Liste des figures

Figure N°	Titre de figure	page
Fig N°01	Morphologie du palmier dattier (MUNIER, 1973)	14
Fig N°02	Schéma d'échantillonnage du sol	18
Fig N°03	Préparation des suspensions dilutions du sol.	26
Fig N°04	Représentation de la biomasse bactérienne dans les différents points du sol étudié exprimée en UFC/g.s.s	31
Fig N°05	Représentation de la biomasse fongique dans les différents points du sol étudié exprimée en UFC/g.s.s	33
Fig N°06	Représentation des valeurs du C_{microbien} et du N_{microbien} des différents points du sol étudié.	35
Fig N°07	Représentation de l'activité enzymatique de la β -glucosidase dans les différents points du sol étudié.	37

Table des matières

Titre	Page
Introduction	1
Première partie. Synthèse bibliographique	
Chapitre I. Les microorganismes du sol	
I.1 Diversité des micro-organismes du sol	4
I. 2. Bactéries tellurique	4
I.3. Champignons tellurique	4
I.4. Rôle des microorganismes telluriques dans les sols arides	5
I.5. Indicateurs de l'activité biologique d'un sol	6
I.5.1. Biomasse microbienne	6
I.5.2. Les enzymes du sol	7
I.6. Facteurs de variation de l'activité des micro-organismes du sol	7
I.6.1. Facteurs physiques	7
A. La structure	7
B. La texture	8
1.6.2. Facteurs biologiques	8
A. Végétation	8
B. Rhizosphère	9
I.6.3. Facteurs énergétiques	9
I.6.4. Facteurs climatiques	9
A. Humidité du sol	9
B. Température	10
C. Influence des saisons	11
I.6.5. Facteurs chimiques	11
A. Réaction du sol	11
B. Pouvoir d'oxydoréduction	11
C. Salinité du sol	11
I.7. Interactions biologiques dans le sol	11
I.8. Interactions entre populations microbiennes	12
Chapitre II. Généralités sur le palmier dattier	
II.1. Taxonomie	13

II.2.Morphologie	13
II.3. Exigences du palmier dattier	14
II.3.1 Exigences climatiques	14
II.3.2. Exigences édaphiques	14

Deuxième partie. partie expérimentale

CHAPITRE I. MATERIELS ET METHODES

I-1Présentation de la région d’Ouargla	16
I-1-1-Station d’étude	16
I-2- Technique d’échantillonnage	17
I-2-1- Période d’échantillonnage	17
I-2-2- Prélèvements des échantillons	17
I-3- Conservation et transport des échantillons	18
I-4-Détermination du taux d’humidité	19
I-5-Les analyses physico-chimiques	19
I-5-1-L’humidité	19
I-5-2- La densité apparente	20
I-5-3-Granulométrie	20
I-5-4- Le pH	20
I-5-5- Le calcaire total	21
I-5-6- La conductivité électrique(CE)	21
I-5-7-Dosage du carbone organique	21
I-5-8- Dosage de l’azote total	22
I-6- Les analyses microbiologiques	22
I-6-1- La microflore tellurique	22
I-6-2- Techniques d’étude et de dénombrement de la microflore telluriques	23
I-6-2-1-La microflore bactérienne	24
I-6-2-2-La microflore fongique	24
I-7-Biomasse microbienne par Fumigation-extraction	25
I-10- Évaluation de l’activité enzymatique du sol	25

CHAPITRE II. Résultats & discussions

II-1. Résultats des analyses physico-chimiques des sols	27
II-2. Résultats des analyses microbiologiques	30

II-3.C_{microbien} et du N_{microbien}	34
II-4.Activité enzymatique	36
CONCLUSION	38
Références bibliographiques	40
Annexe	51

Introduction

Introduction

Le palmier dattier est la composante principale de l'écosystème oasien. Il permet une pérennité de la vie dans les régions désertiques. L'oasis par son microclimat est un milieu favorable à l'agriculture saharienne, à la flore et à la faune (**DADDI BOUHOUN, 2010**).

Les sols renferment de très nombreux êtres vivants (microflore, micro-, méso- et macrofaune) dont l'activité est en lien plus ou moins directe avec leur " fonctionnement " en général et certaines de leurs propriétés agronomiques en particulier. Il est donc tout à fait légitime, surtout en agriculture biologique, de chercher à utiliser des mesures biologiques pour mieux connaître les sols et les gérer au mieux dans une perspective agronomique (**ITAB, 2002**).

Les microorganismes du sol jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques, en conditionnant l'efficacité et les mécanismes de l'utilisation de la matière organique du sol (**BOWLES *et al.*, 2014 ; HUANG *et al.*, 2014**).

Si l'activité biologique permet de suivre l'état de fertilité d'un sol, elle est en retour fonction des caractéristiques physico-chimiques de celui-ci et de tous les facteurs pouvant les modifier. Le potentiel d'activité biologique du sol dépend de la matière organique avec laquelle elle est en étroite corrélation (**ZOMBRE, 2006**).

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).

Les indicateurs de la qualité des sols choisis pour suivre l'impact des perturbations sur l'écosystème édaphique et par là même sur l'ensemble de l'écosystème oasien, puisque ces deux écosystèmes sont en étroite relation, doivent fournir des résultats les plus clairs possibles, afin de pouvoir être interprétés avec le moins d'ambiguïté possible. Ceci est souvent rendu difficile par la très grande variabilité que l'on rencontre en milieu oasien.

En effet, les écosystèmes oasiens sont des écosystèmes complexes et très hétérogènes dont les fonctions varient dans le temps et dans l'espace.

Il est généralement admis que le sol est un environnement spatialement hétérogène. Les informations sur l'étendue de cette hétérogénéité à petite échelle et de ses conséquences sur l'abondance microbienne et la décomposition sont rares (**BALDRIAN *et al.*, 2010**).

La caractérisation des relations spatiales des microorganismes du sol et de leurs fonctions dans les écosystèmes terrestres est une condition préalable à notre compréhension de la fonction des écosystèmes (**ETTEMA et WARDLE, 2002**).

Selon **PEIGNE *et al.*(2009)**, une forte hétérogénéité spatiale des propriétés du sol, en particulier microbiologiques, peut masquer les effets des différents traitements de gestion des sols.

Par conséquent, la biogéographie écologique suggère que les différences dans l'abondance et la fonction microbienne sont entraînées principalement par des interactions entre les organismes ainsi qu'avec leurs environnements physiques et biotiques immédiats. En règle générale, l'abondance et la fonction microbienne peuvent être déterminées par des facteurs locaux (au sein de l'habitat), ainsi que régionales qui opèrent à des échelles plus grandes que l'habitat. Des études récentes ont porté sur la distribution des micro-organismes du sol aux niveaux continental (**FIERER et JACKSON, 2006**), régional (**DEQUIEDT *et al.*, 2011**), terrain (**RITZ *et al.*, 2004; BERNER *et al.*, 2011; REGAN *et al.*, 2014**), et les micro-échelles (**RUAMPS *et al.*, 2011**).

Pour la plupart des déterminations biologiques, la variabilité spatiale observée est de même ordre de grandeur que celle liée aux caractéristiques physico-chimiques classiques. Les deux types de déterminations sont d'ailleurs en parfaite cohérence et la même stratégie d'échantillonnage peut être appliquée (**BAISE, 2000**).

la compréhension de la variabilité spatiale des propriétés du sol est importante dans la détermination des contraintes du sol pour la nutrition des plantes et de la gestion appropriée des ressources du sol (**COUTO *et al.*, 1997**).

Cette variabilité peut être affectée par deux facteurs : internes de formation du sol, tels que les matériaux parentales, et les facteurs externe de gestion des sols, comme la fertilisation (**LIU *et al.*, 2009**).

La variabilité spatiale se manifeste à plusieurs échelles. Généralement on distingue plusieurs niveaux de variabilité spatiale allant de l'échelle du microsite à l'échelle de

variabilité régionale : variété des types de sols à échelle Kilométrique, mais aussi variations intra-parcellaire décamétriques, voire métriques.

Plusieurs études ont porté sur la mesure des activités enzymatiques et de la biomasse microbienne dans les sols (**CALDWELL, 2005**). Cependant, ceux-ci ont largement négligé la variabilité spatiale à petite échelle (par exemple <10 m) de la distribution verticale des principaux groupes microbiens, la biomasse microbienne et l'activité enzymatique engendrée par ces microorganismes.

Dans notre étude nous nous sommes intéressés à la variabilité spatiale à l'échelle métrique car c'est à cette échelle que l'étude de l'impact des perturbations est généralement étudiée.

L'objectif général de cette étude est d'étudier les patrons de variabilité spatiale à petite échelle de deux indicateurs de la qualité des sols à savoir la biomasse microbienne et l'activité enzymatique sous culture de palmier dattier et d'identifier quels sont les facteurs édaphiques qui les conditionnent. Une meilleure connaissance des limites d'utilisation de ces indicateurs devrait permettre de mieux appréhender l'impact réel des pratiques culturales sur l'agrosystème oasien et de pouvoir ainsi se diriger, peu à peu, vers un aménagement oasien durable. L'expérience a été menée au niveau de l'exploitation de l'université de Ouargla (ex-ITAS)

Ce mémoire s'articule en trois parties :

La première partie présente une synthèse bibliographique

La deuxième partie est consacrée aux matériel et méthodes adoptés.

La troisième partie de ce mémoire est consacrée aux résultats et discussions

Première partie
Synthèse
bibliographique

Chapitre I.
Les microorganismes
du sol

Chapitre I. Les microorganismes du sol**I.1. Diversité des micro-organismes du sol**

Trop souvent considéré comme un environnement minéral, le sol est aussi un lieu de vie. Il héberge une très forte diversité d'espèces (23 %), des vers de terre aux amibes qui participe à son fonctionnement et à la fourniture de services écosystémiques nécessaires à notre survie (production végétale, épuration des polluants etc.). Parmi ces espèces, les microorganismes sont, sans conteste, les plus nombreux et les plus divers. Composés de bactéries et de champignons, ils assurent des fonctions essentielles comme la biodégradation de la matière organique, la production de nutriments pour les plantes, la fixation d'azote, la dégradation des polluants, etc.

Les microorganismes du sol sont le fondement de la biosphère de la Terre et jouent un rôle intégral et unique dans le cycle du carbone, d'azote, de soufre et de phosphore, ainsi que de divers métaux (**LUCAS *et al.*, 2007**), et dans la décomposition de la litière (**SCHIMEL et BENNETT, 2004; BALSER et FIRESTONE, 2005; CARNEY et MATSON, 2005**).

I. 2.Bactéries

Forment tant au plan quantitatif qu'au plan fonctionnel, le groupe majeur des microorganismes du sol (**MOREL, 1989**).

Les bactéries sont classées en bactéries autotrophe, utilisation de carbone sous forme minéral, et bactéries hétérotrophes utilisation de carbone sous forme organique (**CLEMENT et LOZET, 2011**).

I.3. Champignons

Les champignons du sol ou mycètes sont des levures, des champignons supérieurs et surtout des moisissures des genres *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Mucor*, *Trichoderma* (**SOLTNER, 2005**), mais à la différence des bactéries, ils sont toujours hétérotrophes et aérobies.

De toute dimension, les champignons résistent mieux que les bactéries à la sécheresse et à l'acidité.

Tableau 01. 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
Champignons	Moisissures à plasmodium
	Champignons à flagelle
	Zygomycètes
	Champignons supérieurs
	Champignons imparfaits

I.4. 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 et CHENU, 1992**). 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 les champignons sont efficaces dans la stabilisation des agrégats de sol, car ils ont la capacité de lier les particules du sol via plusieurs mécanismes (rétention mécanique, adhésion par les glues fongiques, ...) (**MOLOPE et GRIEVE ,1987**). L'action des bactéries et des actinomycètes dans le processus d'agrégation et la stabilisation des agrégats est nettement moins importante que celle des champignons (**MOLOPE ,1986, 1987;BERTHELIN,1999**).Les bactéries interviennent plutôt dans la stabilisation des particules de la taille des argiles et des limons (**FLEETCHER et al, 1980 ; TISDALL, 1994**).

-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**).

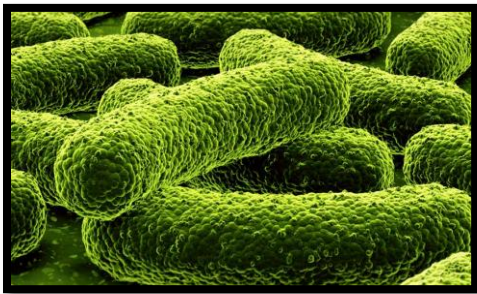


Photo 01. Bactérie

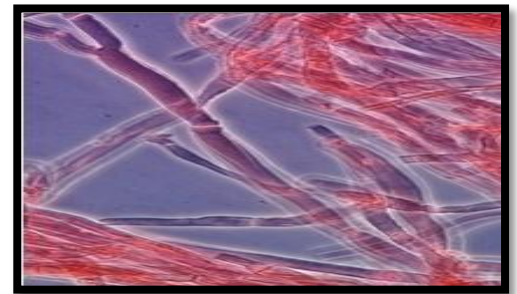


Photo 02. Champignons

I.5. Indicateurs de l'activité biologique du sol

I.5.1. Biomasse microbienne

Le concept de la biomasse microbienne fait référence à la fraction vivante de la matière organique considérant l'ensemble des micro-organismes comme un tout (**BAIZE, 2000**). Elle se compose principalement de bactéries, archées et les champignons (**JENKINSON et LADD, 1981; WARDLE, 1992**). Le carbone microbien ($C_{\text{microbien}}$) et l'azote microbien ($N_{\text{microbien}}$) sont les composants élémentaires primaires de la biomasse microbienne. Ils sont étroitement liés les uns aux autres, et suivent souvent une relation stoechiométrique (**CLEVELAND et LIPTZIN, 2007 ; REDFIELD, 1958; STERNER et ELSER, 2002; YANG et al., 2014**). Bien que le $C_{\text{microbien}}$ et le $N_{\text{microbien}}$ ne représentent que des petites quantités de matière organique du sol, ils jouent un rôle clé dans la décomposition de la litière dans les sols (**FALKOWSKI et al., 2008; FIERER et al., 2011; XU et al., 2014**).

La biomasse microbienne du sol est un indicateur écologique important en raison de ses liens étroits avec de nombreux paramètres biotiques et abiotiques (**CHU et GROGAN,**

2010), et sa réponse rapide aux changements environnementaux (LI *et al.*, 2004; MARINARI *et al.*, 2006).

Bien que la biomasse microbienne représente seulement 1-5% du C organique du sol et 1-6% de l'azote total (WARDLE, 1992), elle représente la fraction responsable de la décomposition de matières organiques et de la transformation des nutriments du sol (TURCO *et al.*, 1994). La biomasse microbienne est considérée comme un indicateur sensible aux changements édaphiques car elle a un taux de renouvellement beaucoup plus rapide que celui de la matière organique totale du sol (JENKINSON et LADD, 1981).

I.5.2. Les enzymes du sol

Un ensemble d'enzymes microbiennes ont été décrites pour leur rôle dans la décomposition des MO.

De puis quelques années, des travaux ont visé à développer des indicateurs microbiens rendant compte de la contribution des communautés microbiennes aux cycles biogéochimiques des éléments. Ces enzymes jouent un rôle important dans la décomposition des matières organiques et le recyclage des nutriments.

Certaines comme la β -glucosidase facilite la rupture des matières organiques complexes tandis que d'autres sont impliquées dans la décomposition / minéralisation des formes organiques de N, P et S dans les sols. Ces enzymes, d'origine microbienne, en lien avec les grands cycles biogéochimiques, N, P, C et S peuvent constituer des indicateurs potentiels de la fertilité des sols. Les enzymes les plus étudiées sont ainsi la β -glucosidase (cycle du C), les protéases et l'uréase (cycle de N), les phosphatases (cycle de P), l'arylsulfatase (cycle du S). Les enzymes du sol sont fortement influencées par les conditions physico-chimiques (RAVARD, 2014).

I.6. Facteurs de variation de l'activité des micro-organismes du sol

I.6.1. Facteurs physiques

A. La structure

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).

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**).

B. La texture

La texture du sol a un rôle réglementaire dans les processus biologiques du sol et donc affecte la structure de la communauté microbienne du sol (**SESSITSCH *et al.*, 2001**). La texture du sol est une propriété essentielle qui affecte la facilité d'utilisation de la matière organique par les microorganismes. Elle détermine de façon significative l'humidité du sol et la disponibilité des nutriments (**VEEN et KUIKMAN, 1990**).

1.6.2. Facteurs 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**).

A. Végétation

Le sol sous végétation est beaucoup plus riche en microorganismes qu'un sol nu (**ALI HAIMOUD *et al.*, 1980**).

B. Rhizosphère

Divers chercheurs ne tardèrent pas à signaler que les populations microbiennes ont une densité dix fois plus grande et même d'avantage dans la rhizosphère que dans sol dépourvu de racines. Dans les rhizosphères les microorganismes sont stimulés par les rapports de carbone et d'énergie d'origine végétale et par les composés secrétés par les racines (**CLARK, 1969**).

I.6.3. Facteurs énergétiques

Le nombre et l'activité des microorganismes dépendent essentiellement de l'énergie qui peut être libérée à la suite de la décomposition de la matière organique (**BOULLARD et MOREAU, 1962**).

Les microbes du sol sont dans leur immense majorité des organismes saprophytes : ils se développent au dépend de matières organiques mortes. L'humus du sol étant une matière organique très stable la ressource organique principale pour les microbes est en fait formée par les débris végétaux et les exsudats racinaires. Les résidus de récolte lorsqu'ils retournent au sol représentent donc un apport nutritif essentiel pour les microorganismes comme c'est d'ailleurs aussi le cas pour les autres êtres vivants (vers de terre, insectes etc.) Les microorganismes se développant au contact des résidus de récolte la localisation de ces derniers influence directement la localisation des activités microbiennes (**CHAUSSOD et NICOLARDO, 1986**).

Le facteur le plus limitant de la masse microbienne dans le sol est l'insuffisance des substrats énergétiques pour la microflore que ce soit le carbone pour les hétérotrophes ou des substances minérales réduites pour les chimiolithotrophes (**SASSON, 1967**).

I.6.4. Facteurs climatiques**A. Humidité du sol**

Les sols secs ne présentent qu'une activité microbienne faible mais lorsque l'humidité augmente l'activité des microorganismes augmente progressivement jusqu'à un maximum puis décroît (**MOREL, 1989**).

L'humidité est nécessaire à la vie des microorganismes et aussi à leurs déplacements ; la vie sans air est possible puisqu'il existe des êtres anaérobies mais la vie sans eau ne l'est pas sauf pour la migration. Le développement optimum varie avec l'espèce du microbe considéré et avec la nature des sols (**GAUSHER et ERIKSON, 1986**).

D'après **BOULLARD et MOREAU, 1962** l'excès d'eau entraîne une aération déficiente et détermine une sélection des germes. Un manque chronique d'eau entraîne également une sélection mais la microflore inhibée est évidemment différente de la précédente.

B. Température

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

Pour chaque espèce existe un seuil au-dessous de lequel l'activité est nulle. Un optimum correspondant à une activité maximale et une limite supérieure au-delà de laquelle la cellule vivante est détruite (température létale) (**MOREL, 1989**).

On sait lorsque la température augmente, l'activité des germes passe par un maximum, puis décroît (**BOULLARD, 1962**).

L'action de la température se reflète sur l'activité respiratoire du sol ; le dégagement du CO₂ présente généralement deux maxima : l'un entre 25 et 50°C le second compris entre 45 et 65°C (microorganismes thermophiles) (**MOREL, 1989**).

C. Influence des saisons

L'humidité et la température sont deux facteurs essentiels dont la combinaison oriente l'intensité saisonnière de l'activité microbienne (**MOREL, 1989**). Ainsi il devient évident que la succession des saisons exerce un effet très important sur la microflore des sols. Les variations saisonnières de la microflore sont probablement dues en grande partie à des changements en qualité et quantité dans les apports nutritifs que constituent feuilles et branches mortes (**BOULLARD et MOREAU, 1962**).

La densité des microorganismes dans les zones arides montre que le maximum est enregistré en automne. Les conditions climatiques influencent grandement la composition et les proportions des différents groupes microbiens. Le groupe microbiens le plus touché par l'effet des variations saisonnières est celui des champignons, suivi par les algues et enfin les bactéries et les actinomycètes. Ces dernières s'adaptent bien aux variations climatiques (**KARABI *et al.*, 2015**).

I.6.5. Facteur chimiques**A. Réaction du sol**

Chaque espèce microbienne est active entre des limites qui lui sont propres avec une valeur optimale (**MOREL, 1989**).

Le développement des bactéries est meilleur entre pH 6 et pH 8 les actinomycètes qui ont un rôle antagoniste vis-à-vis des champignons sont particulièrement sensibles à l'acidité ils préfèrent des pH 6 à 7.5 (**SOLTNER, 2003**). Les champignons supportent généralement les pH acides ; ils se développent dans des limites de pH assez large (2 à 9) (**ALEXANDER, 1982**).

B. Pouvoir d'oxydoréduction

La nature et l'intensité de l'activité microbienne du sol relèvent largement de la valeur de son pouvoir oxydoréducteur à une conséquence directe sur les processus de dégradation des substances organique : De bonnes conditions d'aérobiose induisent une oxydation aisée des substances organiques (**MOREL, 1989**).

C. Salinité du sol

Le taux de salinité à une grande influence sur l'évolution de la microflore du sol l'augmentation de la quantité fait diminuer le nombre de microorganismes (**MAAMERI, 2007**). De tous les processus biologiques la nitrification est la plus touchée ainsi que le dégagement du CO₂ (**DELLAL et al., 1992**).

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

I.7. Interactions biologiques dans le sol

Le sol est un milieu biologique vivant où se développe une activité très intense. Plantes, animaux et microorganismes mêlent constamment leurs activités. C'est donc un assemblage d'organismes extrêmement divers et interagissant, qui régulent les processus de décomposition de la matière organique et du flux des nutriments à travers un réseau trophique très complexe dans le sol (**BARDGETT et GRIFFITHS, 1997**).

Il existe une diversité d'interactions dans le sol (symbiose, parasitismes, compétition, prédation). Ces relations entre les microorganismes et aussi avec les organismes eucaryotes comme les nématodes, les plantes et les animaux et avec les composants abiotiques de l'environnement constituent la base de l'écologie microbienne dans le sol (**TREVORS et VAN ELSAS, 1997**), elles constituent les moteurs des différents processus qui se déroulent dans le sol.

I.8. Interactions entre populations microbiennes

Un microorganisme isolé existe rarement dans les conditions naturelles. Ainsi quand une cellule microbienne est isolée en laboratoire, l'individu se multiplie normalement pour former un groupe ou clone, ou bien des individus identiques, on parle dans ce cas de population (**ATLAS et BARTHA, 1993**).

Typiquement, beaucoup de populations de caractères différents coexistent dans les environnements naturels. Les populations microbiennes qui vivent dans un même habitat interagissent entre eux pour former une communauté microbienne, structurée, et où chaque population contribue à son maintien. Des interactions apparaissent entre individus à l'intérieur d'une population microbienne, entre diverses populations à l'intérieur de la communauté (**ATLAS et BARTHA, 1993**).

Chapitre II.
Généralités sur
le palmier dattier

Chapitre II. Généralités sur le palmier dattier

II.1.Taxonomie

Le palmier dattier a été dénommé « *Phœnix dactylifera L.* » par LINNE en 1734 est un arbre Angiosperme monocotylédone, appartenant à l'ordre des Arecals, famille des Aréca cées et sous-famille des Coryphoïdeae (MOORE, 1973 ; DELEUZE, 1995).

II.2.Morphologie

Le système racinaire du palmier dattier est de type fasciculé (DJERBI, 1994). D'après MUNIER (1973), le système racinaire du palmier dattier se développe entre 12 et 20 m de profondeur. Il présente en fonction de la profondeur quatre zones d'enracinement (Fig.1) :

- I.** Zone respiratoire,
- II.** Zone de nutrition,
- III.** Zone d'absorption,
- IV.** Zone d'absorption profonde.

Le Tronc est un stipe généralement cylindrique au-dessus de sa région basale. L'élongation du tronc s'effectue dans sa partie coronaire par le bourgeon terminal ou phyllophore.

Les Palmes sont des feuilles composées, pennées. Les folioles sont régulièrement disposées oblique le long du rachis, isolées ou groupées, pliées longitudinalement en gouttière. Les segments inférieurs sont transformés en épines, plus ou moins nombreuses, plus ou moins longues.

Les inflorescences du dattier naissent du développement de bourgeons axillaires situés à l'aisselle des palmes dans la région coronaire du tronc.

Le fruit du dattier, la datte, est une baie contenant une seule graine appelée noyau. La datte est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin péricarpe ; le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé, il est de forme allongée, plus ou moins volumineux, avec un sillon ventral ; l'embryon est dorsal, sa consistance est dure et cornée.

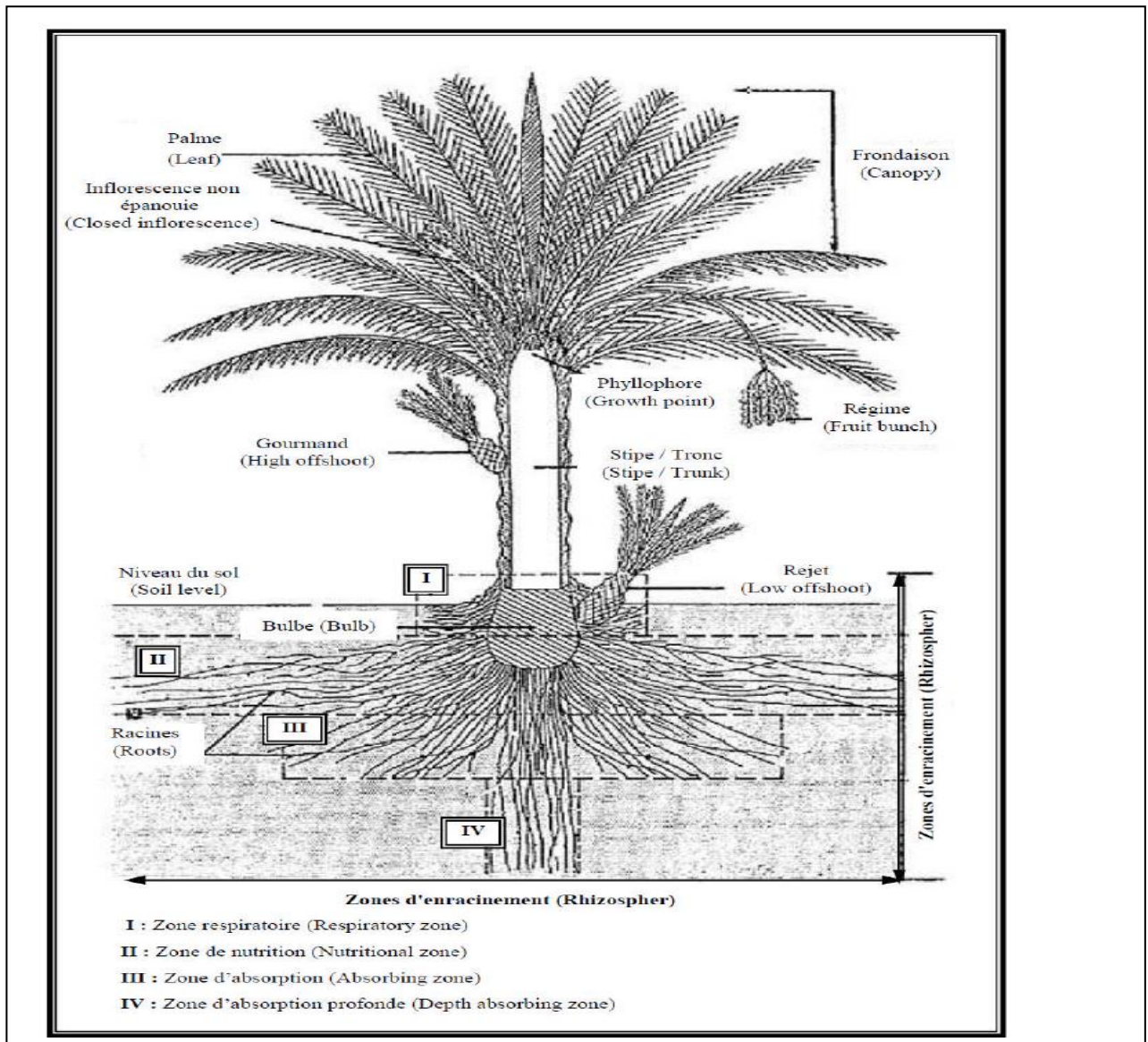


Figure01 .Morphologie du palmier dattier sur schéma de (MUNIER, 1973).

II.3. Exigences du palmier dattier

II.3.1 Exigences climatiques

Le palmier dattier est une espèce des régions arides et semi-arides, c'est une espèce thermophile (BABAHANI et EDDOUD, 2012). Ces régions sont caractérisées par des été chauds et longs, une pluviosité faible ou nulle et un degré hygrométrique faible (DJERBI, 1994).

II.3.2. Exigences édaphiques

Le palmier dattier est peu exigeant en sols, à condition qu'il soit perméable et non compact. Il peut se développer dans différents types de sols des régions arides et semi-arides chaudes. Les sols des palmeraies varient selon les régions.

Les qualités physico-chimiques recherchées pour les sols de palmeraies sont **(MONCIERO, 1954 ; MONCIERO, 1961 ; MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1994)**.

-La topographie : pour une meilleure association irrigation drainage, le sol doit avoir une pente de 2 à 6 %.

-La profondeur : le sol doit avoir une profondeur minimale de 1,5 à 2 m.

-La perméabilité : le sol doit permettre la pénétration de l'eau à une profondeur de 2 à 2,5 m.

-La texture variable : argileuse, limoneuse, sableuse, calcaire ou gypseuse avec une bonne rétention en eau. Les croûtes gypso-calcaires et caillouteuses doivent être percées avant la mise en valeur. Il faut éviter les sols argileux, compacts et non drainés.

-La salinité : le palmier dattier est résistant à la salinité et les problèmes de croissance sont signalés quand la concentration de sels dans la solution des sols dépasse 15g.l¹.

-Le pH: il doit être neutre ou faiblement alcalin.

La tolérance à la salinité varie en fonction des composantes de celle-ci, des cultivars et de la constitution physique du sol **(MUNIER, 1973)**.

-Les carbonates sont plus nocifs que les chlorures.

-Les cultivars "Ghars" et "Degla-Beïda" sont plus tolérants que la "Déglet-Nour".

-Les sols lourds, d'une manière générale, accusent plus fortement les effets de la salure.

Les renseignements sur la résistance des dattiers aux sels sont peu nombreux et contradictoires **(ABAKOUMOV et VAXMAN, 1965)**. Ils sont orientés sur la tolérance du palmier dattier à la salinité des eaux d'irrigation et à la salinité des sols.



Deuxième partie
Partie expérimentale

**CHAPITRE I.
MATERIEL ET
METHODES**

I-1. Présentation de la région d'Ouargla

La zone d'Ouargla est l'une des principales oasis dans le sud de l'Algérie. Elle est située au sud-est du pays (nord du Sahara).

Le climat est caractérisé par une saison sèche qui dure toute l'année (Climat méditerranéen hyper-aride). Il pleut rarement, une luminosité intense, les températures sont très élevées, pouvant dépasser 50°C et une forte évaporation.

La région d'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.

(ROUVILLOIS et BRIGOL, 1975).

L'étude de **HAMDI-AISSA, (2001)** réalisée avec la télédétection et la prospection sur terrain a montré que les sols dans la cuvette de Ouargla sont à prédominance salsodique, hydro-halomorphe et minéraux bruts.

Selon **HAMDI-AISSA et al., (2004)**, les sols de la région de Ouargla sont de classe Hypogypsic/GypsicSolonchak.

I-1-1-Station d'étude

L'étude a été menée dans l'exploitation agricole de l'université de Ouargla (ex : I.T.A.S), située au sud-ouest de la ville d'Ouargla, à six kilomètres environ du centre-ville. Elle se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Elle se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. Le dénivelé topographique entre le chott et l'exploitation est d'environ deux mètres. Ses coordonnées sont les suivantes (**UKMO, 2013**).

- Latitude : 31°,57' Nord.
- Longitude : 5°,20' Est.
- Les altitudes sont comprises entre 132.5 et 134.0 m

L'exploitation s'étend sur une superficie théorique totale de 32 ha, dont 16 hectares sont aménagés et répartis en quatre secteurs à savoir : A, B, C. et D. Le reste des secteurs E, F, G et H correspondant à l'extension non exploitée (Photo03). Actuellement, une partie de cette superficie a été attribuée au pôle universitaire.



Photo 03. Photo satellitaire de l'exploitation de l'université (**image Google Earth, 2015**).

Du point de vue agronomique, le jardin, dans l'ensemble, est bien entretenu. Les techniques culturales appliquées sont relativement simples. Le sol est meuble et irriguée par des techniques de submersion, l'apport régulier d'engrais organiques et d'engrais chimiques (**KARABI *et al.*, 2015**).

I-2- Technique d'échantillonnage

I-2-1- Période d'échantillonnage

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. Ainsi les prélèvements ont été effectués le mois de janvier 2015.

I-2-2- Prélèvements 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 microbiologique régnant dans le sol.

Les prélèvements ont été effectués aseptiquement sur sol ressuyé, le mois de janvier 2016.

4 point de prélèvement sont situés entre 02 palmier dattier, on respectant la distance 1.5 entre chaque 02 point, afin d'avoir un échantillon moyen représentatif pour chaque point nous avons effectués des répétitions dont 03 secteurs

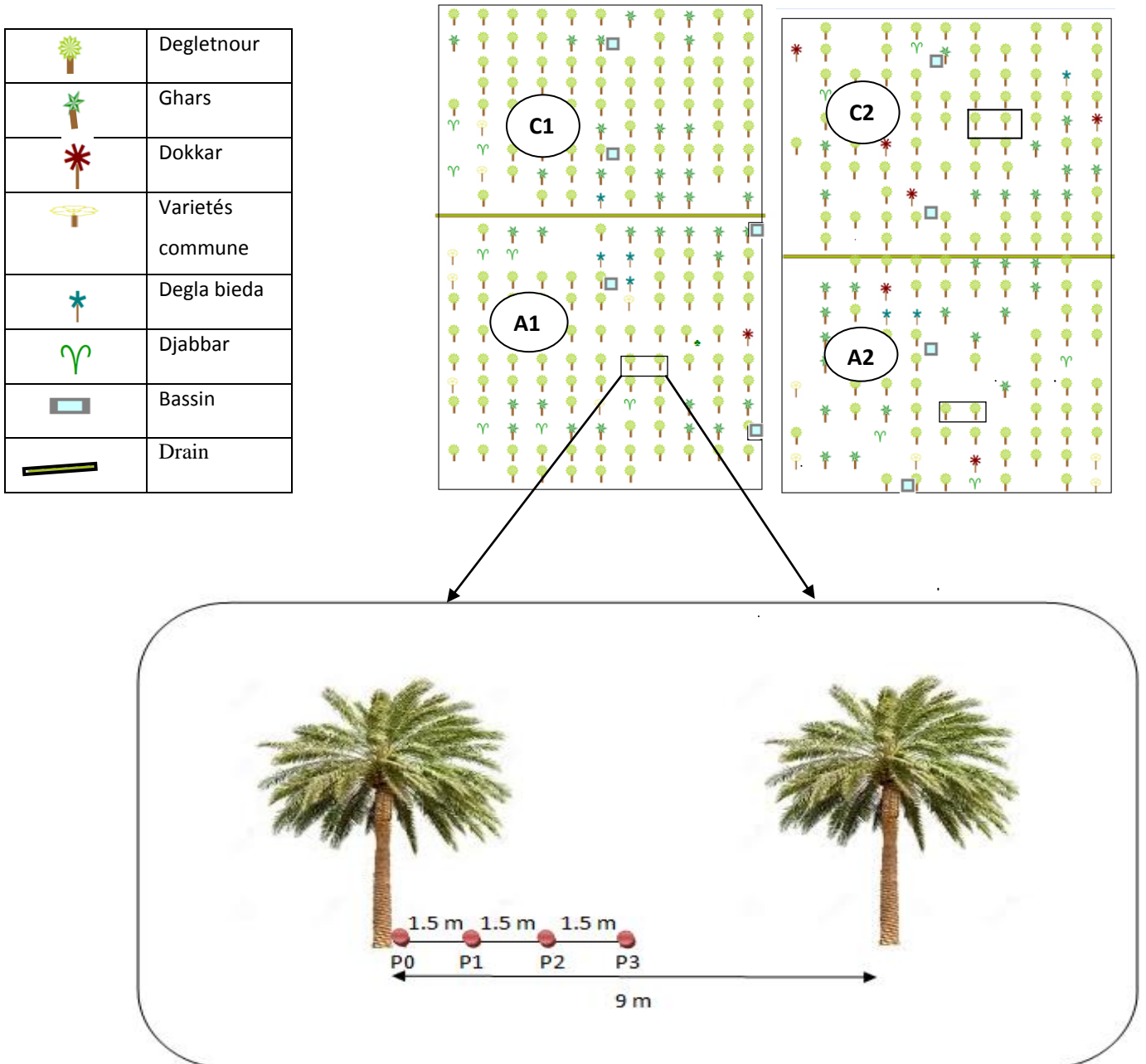


Figure N° 2. Schéma d'échantillonnage du sol

I-3- Conservation et transport des échantillons

Les échantillons sont transportés avec soin dans des délais rapides (-12 h) au laboratoire. L'idéal est de travailler sur sol frais ou 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 ; FARDOUX *et al.*, 2000).

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.

I-4-Détermination du taux d'humidité

Après tamisage nous avons déterminé le taux d'humidité des échantillons, ceci nous renseigne pour la connaissance de l'état hydrique du sol.

I-5-Les analyses physico-chimiques

Les mesures biologiques complètent les mesures classiques. Elles ne peuvent s'y substituer. Au contraire, pour interpréter correctement les résultats des déterminations biologiques, il est nécessaire de disposer des résultats de l'analyse de terre classique, sur le même prélèvement.

Dans les manuels de techniques d'analyses microbiologiques du sol, on recommande tout spécialement d'effectuer, sur le plan chimique, les mesures de pH et d'humidité ainsi que les dosages de carbone et d'azote totaux, mais il est préférable d'opérer des analyses aussi complètes que possible et doser notamment la salure, le calcaire total. Ces analyses chimiques seront complétées par des mesures granulométriques.

Afin de tenir compte des propriétés particulières des échantillons de sol, des amendements aux méthodes classiques seront adoptés dans certains cas.

Ainsi, les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées au niveau du Laboratoire de pédologie et microbiologie de la faculté de Science de la Nature et de la Vie.

I-5-1-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).

$$\% \text{ Humidité du sol} = (\text{masse humide} - \text{masse sec}) / \text{masse sec} \times 100$$

I-5-2- La densité apparente

Cette analyse a été réalisée grâce à la méthode des cylindres.

- On détermine le poids et le volume de cylindre (V en cm³).
- ce cylindre métallique est enfoncé verticalement et lentement dans le sol.
- On dégage la terre qui se trouve au tour du cylindre, on glisse à sa base une raclette pour éviter que la terre s'écroule du cylindre et afin d'avoir un résultat plus précis.
- On pèse le tout (cylindre + sol) puis on retire l'échantillon du cylindre, le poids du sol = poids de l'échantillon – le poids du cylindre.
- Une fois l'échantillon extrait du cylindre, on le sèche à l'étuve à 105°C pendant 24 heures (P en g).
- Connaissant le poids de l'échantillon à l'état sec et le volume du cylindre, on calcule la densité apparente (Da) selon la formule suivante :

$$Da \text{ (g/cm}^3\text{)} = P/V$$

I-5-3-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 (URBANSKI *et al.*, 2011).

I-5-4- Le pH

La mesure du pH a été effectuée sur un extrait 1/5 par la méthode électro métrique à l'aide d'un pH-mètre de laboratoire (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

I-5-5- Le calcaire total

Le calcaire total a été déterminé par la méthode volumétrique à l'aide du Calcimètre de Bernard (MATHIEU et PIELTAIN, 2009). L'échantillon est attaqué par l'HCl (6 N), on mesure le volume de CO₂ dégagé ; une mol de CO₂ correspondant à un mol de CaCO₃.



Le volume du CO₂ dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium existante dans l'échantillon analysé :

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

P: poids de l'échantillon (en gramme).

P': poids de CaCO₃.

V: volume de CO₂ dégagé par l'échantillon.

v : volume de CO₂ dégagé par CaCO₃

I-5-6- La 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. (NANYPETRA *et al.*, 2013).

I-5-7-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 (M'SADAK *et al.*, 2013).

$$\% \text{ Matière organique} = \% \text{ carbone organique} \times 1.72$$

Le dosage sera fait par la méthode de KJELDAHL (GIRMA *et al.*, 2013). 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**).

Les analyses sont réalisées au laboratoire de département Sciences Agronomiques.

I-6- Les analyses microbiologiques

I-6-1- La microflore tellurique

Le domaine scientifique dénommé « écologie microbienne » est très récent (environ 50 ans), dans les années 1960 les études ont été accordée aux interactions entre micro-organismes et leur habitat, et on 1980 ils ont commencé a s'intéressés a la densité, la diversité et l'activité microbienne des sols par l'isolement dans des milieux de culture spécifiques (**TORTORA et al., 2012**).

I-6-2- Techniques d'étude et de dénombrement de la microflore telluriques

L'état du sol peut être dressé par l'analyse de l'état des divers groupes des microorganismes : bactéries, actinomycètes, champignons, algues.

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 (**Figure 03**) jusqu'à l'interprétation des résultats.

La préparation se fait à partir d'une suspension de 1 g de sol dans 9 ml d'eau distillée stérile. La suspension est par la suite agitée manuellement dans le but de libérer le maximum de la charge microbienne Des dilutions en série sont ensuite réalisées à partir d'eau distillée stérile. 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).

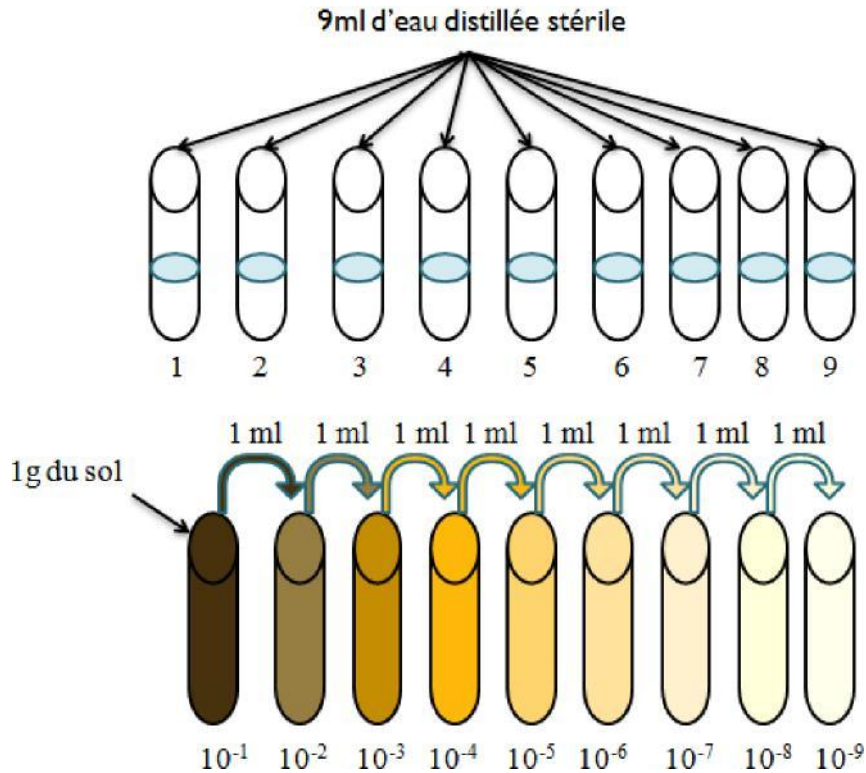


Figure03.Préparation des suspensions dilutions du sol.

I-6-2-1-La 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 suspensions dilutions du sol. La lecture des résultats par le dénombrement des colonies apparues se fait après incubation pendant 24 heures.

I-6-2-2-La microflore fongique

Ensemencement avec des suspensions dilutions (10^{-1} à 10^{-9}) de terre d'un milieu sélectif (PDA) (annexe 01) 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.

I-7-Biomasse microbienne par Fumigation-extraction

La notion de biomasse microbienne recouvre l'ensemble des micro-organismes du sol (bactéries, champignons, etc.). Cette notion a été définie expérimentalement par (**Jenkinson et Powlson, 1976**) : il s'agit d'une méthode " biocidale ", consistant à mesurer le carbone (ou l'azote) contenu dans les êtres vivants du sol. La technique la plus utilisée est la **fumigation-extraction** (**WU et al., 1990**), faisant appel aux vapeurs de chloroforme et au dosage des composés carbonés solubilisé par ce traitement. La différence du carbone organique soluble entre les échantillons fumigés et non fumigés donne la quantité de carbone " extractible " d'origine microbienne. Cette quantité est directement proportionnelle à la biomasse. La biomasse microbienne est donc une mesure globale, représentant une quantité de carbone " vivant " dans le sol. Le résultat peut être exprimé en valeur absolue (mg de C par kg de sol) mais également en pourcentage du carbone organique total du sol.

I-8- Évaluation de l'activité enzymatique du sol

Les enzymes du sol jouent un rôle important dans la catalyse de nombreuses réactions importantes nécessaires pour les processus de vie des micro-organismes dans le système sol, la stabilisation de la structure du sol, la décomposition des matériaux polymères (par exemple, la cellulose, la chitine, et les protéines), la formation de la matière organique, et dans les cycles nutritifs (**TRASAR-CEPEDA et al., 2007 ; NANNIPIERI et al., 1978**).

La β -glucosidase est l'enzyme responsable de la dégradation de la cellulose en glucose. C'est une enzyme bien étudiée, elle est importante dans le cycle du carbone (**YAN et al., 2010**).

Les β -glucosidasessont produites par une variété d'organismes (plantes, animaux, champignons et bactéries) (**ESEN, 1993 in KNIGHT et DICK, 2004**).

La β -glucosidase est une enzyme oxydo-réductase qui catalyse l'oxydation du glucose en peroxyde d'hydrogène et en acide gluconique.

Le dosage du glucose se fait par une méthode enzymatique colorimétrique. Le glucose est oxydé par l'oxygène dissous en acide gluconique. La réaction est catalysée par le glucose oxydase.

Glucose oxydase

Le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) formé est dosé par une réaction enzymatique indicatrice. L' H₂O₂ oxyde un accepteur d'oxygène (incolore sous sa forme réduite) en un dérivé oxydé (coloré). La réaction est catalysée par une peroxydase (réaction ci-dessous)

Peroxydase

Dans les conditions du protocole expérimental, l'intensité de la coloration développée est proportionnelle à la quantité de glucose mis en jeu.

La densité optique du mélange est lue après 10 minutes d'incubation à 505 nm.

La coloration finale est stable au moins 1 heure (Annexe 3)

CHAPITRE II.

Résultats

& discussion

II-1. Résultats des analyses physico-chimiques du sol

Les caractéristiques physico-chimiques de la couche superficielle (0 – 20 cm) des différents points du sol étudié (déterminées au laboratoire) sont données dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques des analyses physico-chimiques des différents points du sol étudié (0-20cm).

Paramètres		P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
Texture		SL	SL	SL	SL
Densité apparente (g/cm³)		1.03	1.14	1.27	1
Humidité du sol (%)		11.35	12.86	13.50	11.35
Calcaire total (%)		4.7	5.1	6.2	4.8
CE à 25°C (dS/m)		5.93	7.27	6.5	6.27
pH		8.39	8.16	8.24	9.10
Température du sol (°C)		17	18.2	18.8	20.5
Caractéristiques biophysico-chimiques	C.org (%)	1	0.6	0.4	0.3
	N (%)	0.8	0.4	0.07	0.07
	M.O (%)	1.72	1.03	0.68	0.51
	C/N	1.25	1.5	5.7	4.2

D'après l'analyse granulométrique, et selon les limites des classes granulométriques utilisées dans le système USDA/FAO, le sol étudié rentre dans la classe « sablo-limoneuse ».

En général, les sols qui comptent un pourcentage élevé de sable ont une bonne porosité, mais leur capacité de rétention en eau est faible (ITA, 1975).

Les valeurs de pH des différents points du sol oscillent entre 8.16 et 9.10.

L'activité du sol, tout comme la disponibilité de la majeure partie des éléments nutritifs dépend du pH (**BERTSCHINGER et al., 2003**).

Selon l'échelle d'interprétation du pH signalé par (**LE CLECH, 2000**) (annexe 4), le sol étudié a une réaction alcaline dans les 04 points.

L'activité biologique du sol, tout comme la disponibilité de la majeure partie des éléments nutritifs dépend du pH (**BERTSCHINGER et al., 2003**).

Dans les régions arides, les sols sont généralement alcalins.

Le taux d'humidité est assez élevé pour les 04 points. Ce taux varie de 11.35% et 13.5%. Ceci est dû à l'irrigation.

Les teneurs en calcaire total sont de l'ordre de 4.7%, 5.1% 6.2%, 4.8% dans les points p₀, p₁, p₂, p₃ respectivement.

En comparant les valeurs obtenues à celles signalées par (**BAISE, 1988**), (annexe n°4), nous constatons que le sol étudié est peu à modérément calcaire.

En ce qui concerne la densité apparente et selon (**BRAI, 1994**), les horizons A des sols cultivés ont normalement une Da variant entre 0,9 et 1,8 g.cm⁻³. La densité apparente des différents points du sol étudié se situe dans la gamme citée. Bien que la densité apparente, la perméabilité et la capacité de rétention en eau des sols soient en grande partie liées à la texture, les pratiques culturales (les labours mécanisés, les apports ou pertes en matière organique, etc.) influencent aussi énormément la porosité dans les horizons de surface et par voie de conséquence, ces trois propriétés (**MBONIGABA et al., 2009**).

Les résultats obtenus concernant la conductivité électrique qui varient de 5.93 à 7.25 dS/cm³ montrent que le sol étudié est très salé à extrêmement salé selon Le (**CLECH, 2000**).

Cette forte salinité est justifiée d'une part par la forte évaporation due aux températures élevées et d'autre part, par la faible précipitation qui caractérisent le climat des régions arides. En plus, les vents fréquents qui soufflent dans la région de Ouargla accentuent le dessèchement. Ceci est d'autant plus important que le couvert végétal est faible. Il s'ajoute aussi le phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique ainsi que la salure des eaux d'irrigation qui augmentent la teneur en sels dans le sol. Selon (**HALILAT, 1998**), dans les climats arides, les pluies sont rares et elles ne pénètrent pas

suffisamment dans le sol pour provoquer le lessivage des sels vers les profondeurs et aussi à l'absence total de la couverture végétale.

La conductivité électrique définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol, elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol (**GUESSOUM, 2001**).

Une variabilité marquante a été enregistrée concernant le carbone organique sachant que le taux du carbone est d'une diminution importante lorsqu'on passe du P₀ au P₃ loin du palmier dattier.

La forte variabilité qui affecte les teneurs en carbone organique est certainement due à la distribution des résidus de récolte qui diminuent plus on s'éloigne du palmier dattier.

Concernant la matière organique nous avons enregistré des valeurs de l'ordre de 1.72% 1.03% 0.68% 0.51% pour les 04 points

D'après **DUCHAUFOR(1984)**, la teneur en matière organique dans les zones arides ne dépasse pas 1%. Cette faible richesse en matière organique dans les sols des zones arides est due à la faible couverture végétale dans ces zones.

La matière organique exerce un rôle très important sur le sol, elle améliore ses propriétés physiques (stabilité structurale, capacité de rétention en eau,...) et chimiques par la libération progressive des éléments nutritifs et l'augmentation de leur pouvoir absorbant en éléments minéraux apportés par les engrais (**CALLOT et al.,1982**).

En ce qui concerne les teneurs en azote dans les différents points et en les comparant aux normes (annexe n°4), le sol étudié présente des teneurs en azote très bas.

Le rapport C/N est un indicateur de qualité biochimique souvent utilisé comme variable environnementale dans les études écologiques. Dans le contexte sol, cet indice permet de caractériser le niveau de fertilité (**SOLTNER, 2000**).

Dans les sols cultivés, le rapport C/N s'abaisse davantage et traduit soit une bonne activité biologique qui conduit à la minéralisation de la matière organique (C/N inférieur à

10), soit une activité biologique réduite ce qui conduit à une humification de la matière organique (C/N supérieur à 10)

Le rapport C/N dans les différents points du sol étudié varie de 1.25 à 5.7. ce taux est inférieur à 10% ce qui traduit la faiblesse des deux éléments les plus importants et une tendance à la minéralisation des quantités réduites d'azote.

II-2. Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des dénombrements microbiologiques laissent apparaître des variations entre les sols en nombre de germes pour les quatre points du sol étudié : P₀, P₁, P₂, P₃.

Tableau03. Résultats de dénombrement des microorganismes telluriques

Germes UFC.g.s.s ⁻¹	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
Bactéries (x10⁶)	36.96	15.96	9.2	5.6
Champignons(x10⁴)	38.08	18.24	4.6	2.24

UFC.g.s.s⁻¹ : unité formant colonie par gramme de sol sec.

Les densités microbiennes sont positivement corrélées aux propriétés physico-chimiques du sol telles que le contenu de la matière organique, l'humidité du sol, des valeurs de pH ou la texture (SEBAI *et al.*, 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 et pH trop alcalin du sol.

La biomasse et la population microbienne augmentent avec l'augmentation du C total du sol et des réserves en azote, ce qui met en évidence que la disponibilité des ressources conditionnent les communautés microbiennes (MA *et al.*, 2004; DEVRIES *et al.*, 2012).

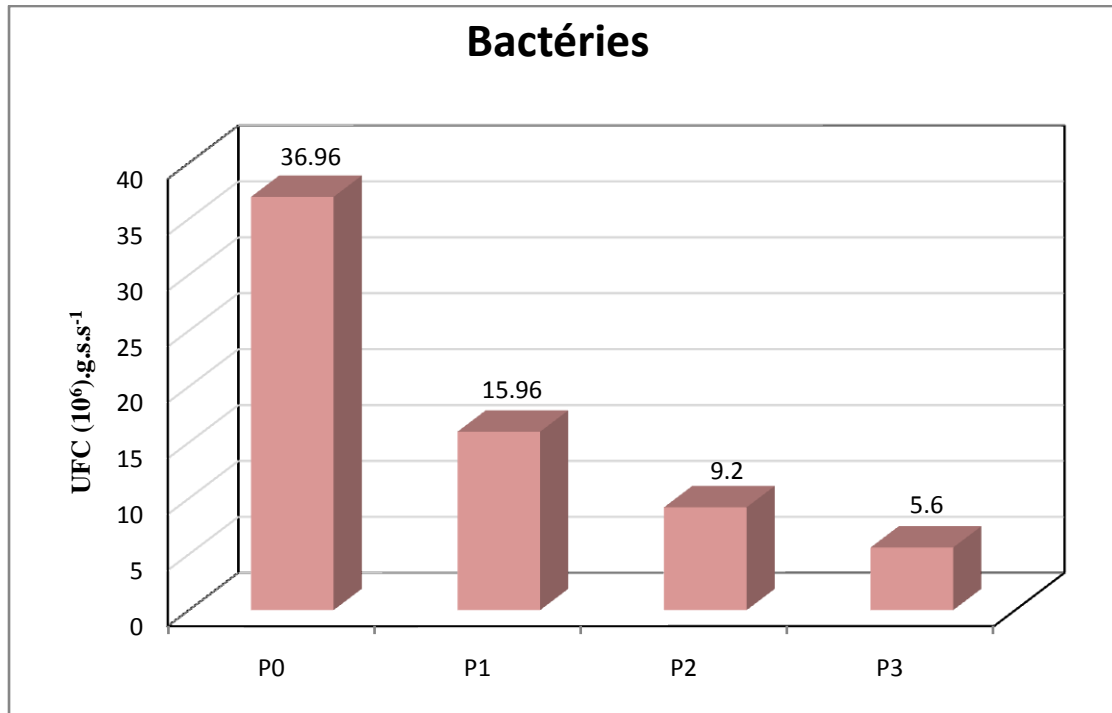


Figure04. Représentation de la biomasse bactérienne dans les différents points du sol étudié exprimée en **UFC.g.s.s-1**.

Les bactéries constituent l'essentiel de la microflore du sol et sont extrêmement nombreuses. On estime par exemple qu'1g de sol contient entre 10^6 et 10^9 de Bactéries (SOLTNER, 2003).

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 à la densité fongique. En effet, les bactéries sont plus favorisées par des milieux proches de la neutralité, alors que les champignons s'accommodent de pH bas (BOULLARD et MOREAU, 1962).

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).

Les bactéries prolifèrent dans les milieux les plus riches en N et peu acides, un milieu aéré à pH supérieur à 6 (DUCHAUFOR, 2001).

De nombreuses enquêtes ont démontré que la structure de la communauté microbienne du sol est entraîné principalement par le pH du sol et le rapports C / N (BRYANT *et al.*, 2008 ; WU *et al.*, 2009 ; FIERER *et al.*, 2011; SHEN *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2013).

Un pH accrue entraîne une augmentation de la diversité bactérienne (WU *et al.*, 2009 ; SHEN *et al.*, 2013). Les proportions fongiques de la biomasse microbienne sont tous positivement liés au rapport C-to-N (NILSSON *et al.*, 2012).

Nous avons constaté également que la densité bactérienne dans le P₀ est beaucoup plus élevée par rapport aux autres points. Ceci est dû à l'effet rhizosphérique dans ce point qui est à proximité des racines respiratoires du palmier dattier.

En effet, Les racines respiratoires sont localisées au pied du palmier dattier, comportant de nombreuses racines adventives aériennes qui se développent à partir de la région basale du stipe (MUNIER, 1973). Elles émergent jusqu'à 1,5 m au-dessus du sol (PEYRON, 2000). Les racines respiratoires souterraines ne dépassent pas de 0,20 à 0,25 m de profondeur (MUNIER, 1973) et s'étendent au maximum à 0,5 m du stipe (DJERBI, 1994 ; DADDI BOUHOUN, 2010).

S'ajoute à l'effet rhizosphérique, les résidus de récolte à proximité du palmier dattier. Les résidus de récolte lorsqu'ils retournent au sol représentent donc un apport nutritif essentiel pour les microorganismes comme c'est d'ailleurs aussi le cas pour les autres êtres vivants (vers de terre, insectes etc.) Les microorganismes se développant au contact des résidus de récolte la localisation de ces derniers influence directement la localisation des activités microbiennes (CHAUSSOD, 1992).

Toutefois, il faut signaler que les valeurs enregistrées pour la densité bactérienne sont moins importantes que celles rapportées pour les sols à texture fine. En effet, les sols à texture fine sont connus pour être plus favorable pour la croissance bactérienne en raison de leur plus grande capacité de rétention en eau et la disponibilité des nutriments, ainsi que le fait qu'ils sont mieux protégés contre les brouteurs bactériennes (CARSON *et al.*, 2010).

Cependant, les valeurs enregistrées sont importantes en les comparant aux sols nus. En effet, de point de vue nutritionnel, montre que les sols nus sont beaucoup moins riches en microorganismes que les sols sous végétation et aux sols cultivés. (ZOMBRE, 2006).

L'élévation de la densité microbienne dans les sols cultivés est due probablement aux taux d'humidité et au taux de la MO légèrement élevé, ce qui stimule la prolifération des germes microbiens. Alors que, la faible teneur en MO dans le sol nu est due à l'absence du couvert végétal et du faible taux d'humidité qui caractérise ce sol.

En effet, l'humidité règle l'activité biologique de plusieurs manières ; elle intervient directement puisque l'eau est indispensable au développement des organismes vivants ou indirectement en modifiant les échanges gazeux et 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 (MOREL, 1996).

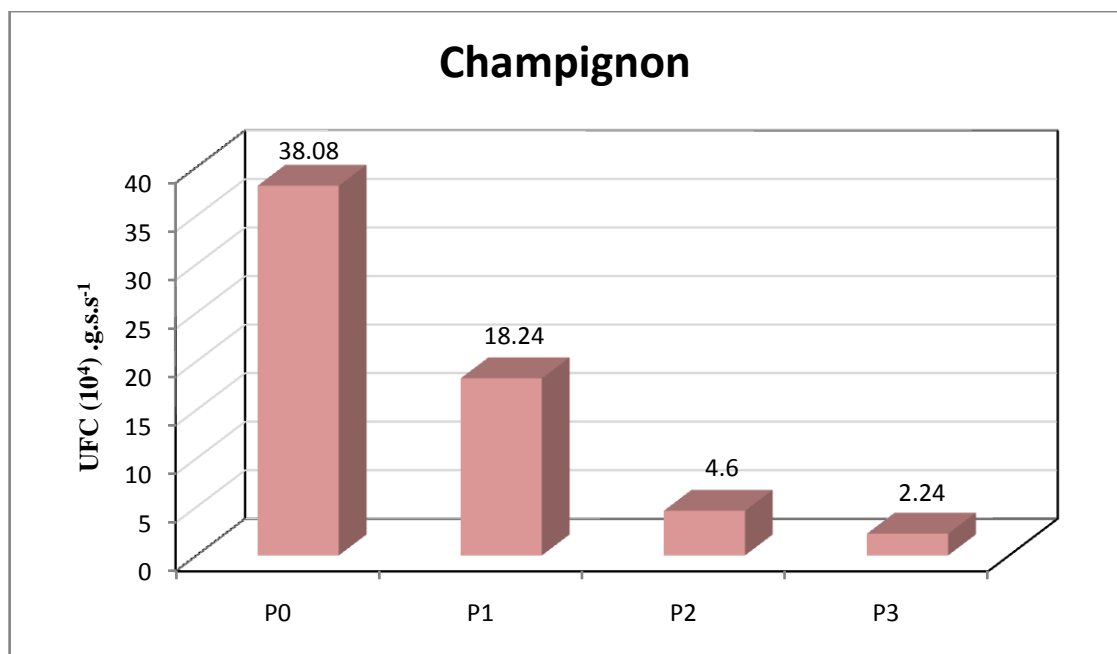


Figure05. Représentation de la biomasse fongique dans les différents points du sol étudié exprimée en UFC/g.s.s

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

Il faut signaler, que la densité des champignons dans le sol de p0 est supérieure à celle dans le sol de p3. 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.

L'étude de LIU *et al.*, (2015) a révélé que la répartition biogéographique des communautés fongiques a été tirée principalement par la teneur en carbone des sols noirs dans le nord de la Chine.

Concernant l'importance des différents groupes microbiens pris séparément au niveau des quatre points, les résultats obtenus montrent que les bactéries sont les microorganismes les plus dominants, suivies par les champignons.

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 bactéries.

II-3. Le C_{microbien} et du N_{microbien}

Les paramètres les plus utilisés pour estimer la biomasse microbienne sont les C et N microbiens (JOERGENSON, 1995 ; DAVET, 1996).

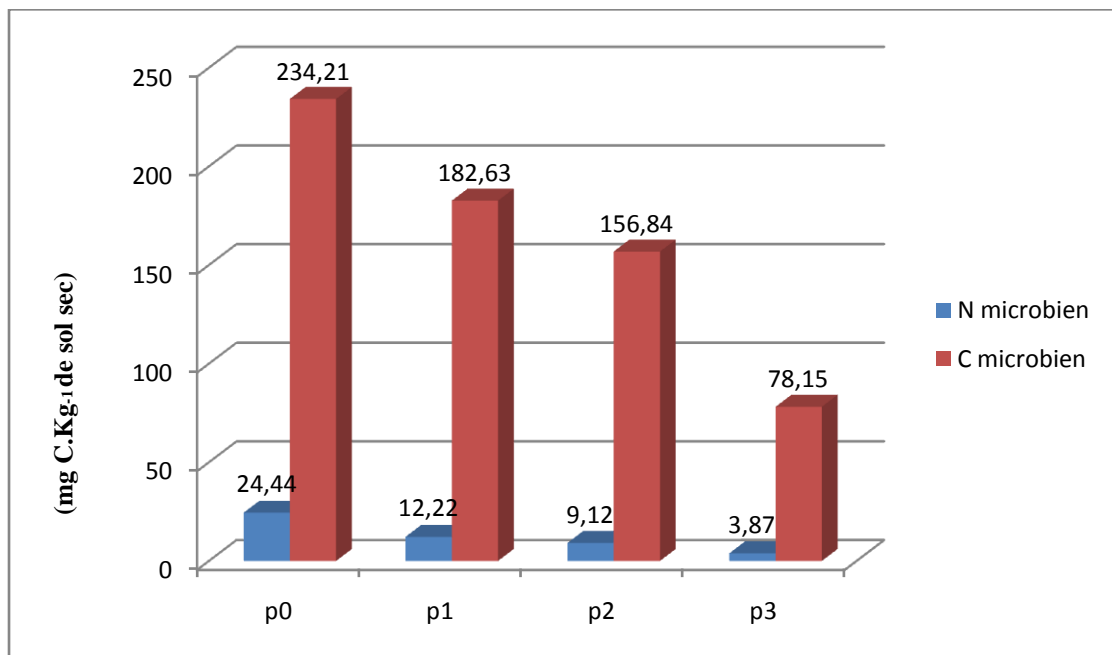
La biomasse microbienne est de plus en plus considérée comme un marqueur écologique (SMITH *et al.*, 1990 ; DAVET, 1996 ; FRANCO *et al.*, 2004) et un indicateur utile de l'amélioration ou de la dégradation des sols (ROS *et al.*, 2003 ; GIL- SOTRES *et al.*, 2005).

Les résultats obtenus pour le C microbien et le N microbien, ont montré que ces valeurs ont diversement varié d'un point à un autre (tableau 4).

La taille du compartiment « biomasse microbienne » est directement fonction du carbone disponible pour satisfaire les besoins énergétiques des microorganismes (carbone du sol, plus ou moins biodégradable, et surtout carbone des « entrées » par les végétaux : résidus de culture (Chaussod *et al.*, 1992)

Tableau 04. Valeurs du $C_{\text{microbien}}$ et du $N_{\text{microbien}}$ des sols étudiés

	$C_{\text{microbien}}$ (mg de C . Kg ⁻¹ de sol sec)	$N_{\text{microbien}}$ (mg de N . Kg ⁻¹ de sol sec)
P₀	234.21	24.44
P₁	182.63	12.22
P₂	156.84	9.12
P₃	78.15	3.87

**Figure06.** Représentation des valeurs du $C_{\text{microbien}}$ et du $N_{\text{microbien}}$ des différents points du sol étudié.

En ce qui concerne le $N_{\text{microbien}}$, il varie de 3.87, 9.12, 12.22, 24.44, (mg N.kg⁻¹ de sol sec) selon l'ordre $P_3 < P_2 < P_1 < P_0$.

Cet azote immobilisé par les micro-organismes peut cependant être reminéralisé et devenir rapidement disponible pour les plantes car, selon **Smith et al. (1990)**, la transformation de $N_{\text{microbien}}$ se fait 10 fois plus rapidement que celui immobilisé dans les résidus des plantes. Pour cela, une population microbienne plus active est nécessaire pour la synchronisation de la libération des éléments contenus dans la matière organique du sol (**Tu et al., 2006**).

PIOTROWSKA et DLUGOSZ (2012), trouvent que les changements locaux de l'humidité du sol, la concentration des éléments nutritifs du sol et la disponibilité du substrat, la biomasse racinaire, la composition et l'activité des micro-organismes du sol sont les facteurs les plus importants qui affectent le $C_{\text{microbien}}$ et le $N_{\text{microbien}}$ du sol.

Ainsi, la biomasse microbienne du sol est en corrélation positive avec la teneur totale en carbone organique et des résidus de récolte mis à la disposition des microorganismes du sol (**SHEN et al., 2015**).

Rendement microbien

La mesure de la biomasse (BM) peut servir à calculer d'autres indicateurs comme le rendement microbien, défini comme le rapport $C_{\text{microbien}} / C_{\text{organique}}$ et exprimé en %. C'est le pourcentage de biomasse microbienne par rapport à la quantité globale de carbone du sol. Plus cette valeur est forte et plus l'environnement physico-chimique et la qualité de la matière organique sont favorables à la production de biomasse microbienne. En ce sens on peut parler d'indicateur d'efficacité de la matière organique à produire de la biomasse microbienne (Chaussod et al., 1999).

La fraction vivante microscopique d'un sol a un taux de renouvellement important.

Cependant le rendement microbien ($C_{\text{microbien}} / C_{\text{organique}}$) varie de 1 à 5 % de la matière organique du sol (Smith et Paul, 1990). Les valeurs du rendement microbien obtenues dans cette étude ont varié diversement selon les différents points du sol étudié. Ces valeurs de rendement microbien sont, en général moyenne. Ainsi nous avons enregistré des valeurs qui oscillent entre 2,34 et 3,9. Des rendements microbiens beaucoup plus faibles ont été enregistrés pour des sols acides dans l'ouest du Cameroun (0.80% à 1.60%). Ces faibles rendements sont justifiés par un environnement physique défavorable à la vie microbienne (drainage insuffisant, tassement, labour excessif et en profondeur) ou un environnement chimique défavorable à la vie microbienne (pH acide, toxicité des produits agrochimiques et en particulier des herbicides) ce qui n'est pas le cas dans la présente étude.

II-4. Activité enzymatique

Les activités enzymatiques de la communauté microbienne du sol peuvent être utilisés comme indicateurs du potentiel de décomposition de matière organique du sol et de la disponibilité des éléments nutritifs (**WALDROP et al., 2012**).

Les valeurs obtenues pour l'activité de la β -glucosidase sont comprises entre 0,672 - 0,336 μg de glucose.g-1 de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique dans les quatre points dans l'ordre $p_0 > p_1 > p_2 > p_3$.

Tableau 05. Activité enzymatique (β -glucosidase) des différents points du sol étudié exprimée en μg de glucose /g de sol sec.

	P₀	P₁	P₂	P₃
Taux de la βglucosidase (μg de glucose. g.s.s⁻¹)	0.672	0.592	0.460	0.336

En effet, les enzymes du sol voient leurs activités perturbées par une altération de la quantité de matière organique des sols. En général, l'activité enzymatique des sols est directement proportionnelle au contenu en matière organique des sols (**FRANKENBERGER et DICK, 1983**) elle est plus importante en surface qu'en profondeur et elle suit le patron de distribution du carbone organique.

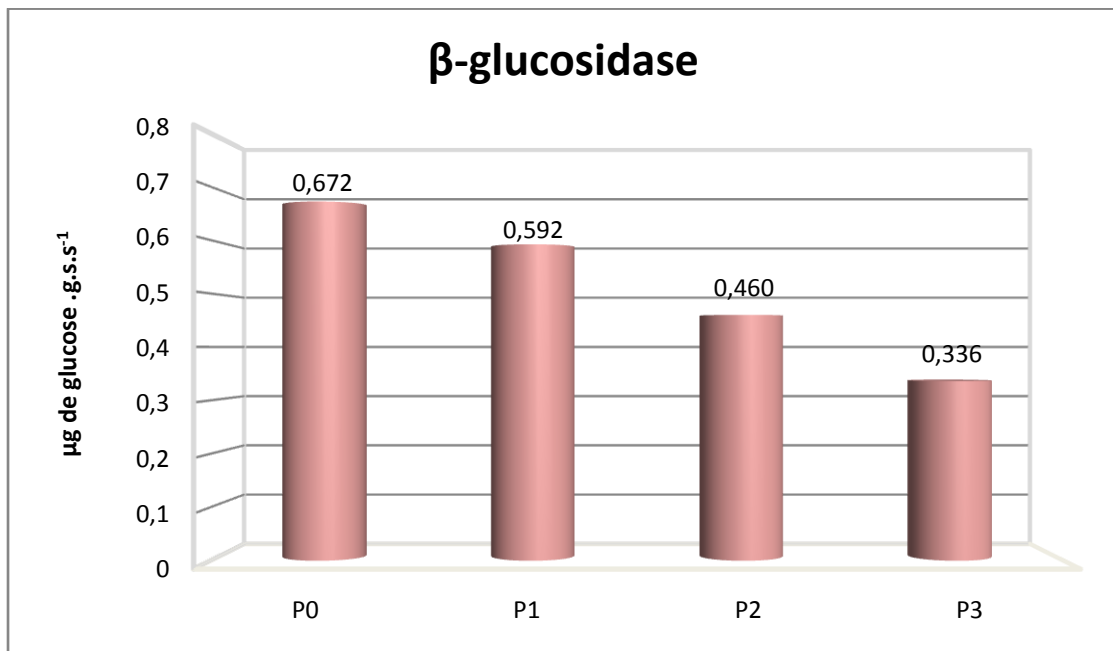


Figure07. Représentation de l'activité enzymatique de la β -glucosidase dans les différents points du sol étudié.

Selon **YAN *et al.*, (2010)**, la teneur en carbone d'un sol est significativement corrélée à l'activité enzymatique β -glucosidase, puisque l'enzyme joue un rôle dans la décomposition de la cellulose et est produite par des bactéries et des champignons.

WANG *et al.*, (2013) ont également indiqué que les activités enzymatiques du sol étaient significativement liés aux fractions du carbone organique du sol et au $C_{\text{microbien}}$. Cependant, il y a encore une certaine confusion sur les facteurs de conduite des activités enzymatiques du sol.

L'activité enzymatique mesurée est corrélée aux biomasses microbiennes carbonée et azotée ce qui semble logique puisque ces activités sont d'origine microbienne (**SINSABAUGH *et al.*, 2002**).

L'activité enzymatique reflète la biomasse microbienne seulement métaboliquement active tandis que le nombre de microorganismes reflète à la fois la population active et inactive de micro-organismes (**ROGERS et TATE, 2001**).

En effet, les oxydoréductases (*par exemple la β -glucosidase*) agissent sur le processus de base de la décomposition de la matière organique du sol, ce qui leur confère une forte relation avec la quantité et la qualité de celle-ci. Particulièrement, la β -glucosidase est une enzyme intracellulaire qui est impliquée dans le métabolisme oxydoréductase des microorganismes. Étant donné qu'elle agit uniquement dans les cellules vivantes, son activité dépend de l'état métabolique de la biomasse microbienne du sol (**MBONIGABA *et al.*, 2009**).

CONCLUSION

Conclusion

L'étude menée au niveau de l'exploitation agricole de l'université de Ouargla consiste à étudier les patrons de variabilité spatiale de deux indicateurs de la qualité des sols (la biomasse microbienne et l'activité enzymatique) sous culture de palmier dattier et d'identifier quels sont les facteurs édaphiques qui les conditionnent.

Au terme de ce travail de recherche, nous avons constaté qu'il existe une dissimilitude en ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques entre deux palmiers dattiers.

Ainsi, Les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques des 04 points du sol de la couche superficielle (0-20cm) montrent que ces points se caractérisent par une texture sablo-limoneuse, un pH alcalin, une conductivité électrique variant de 5.93 pour le P₀ à 7.25 dS/cm³ pour le P₃. Le taux de la matière organique est de l'ordre de 1.72% 1.03% 0.68% 0.51%, une faible richesse en azote de l'ordre de 0.8%, 0.4%, 0.07% et 0.07% pour les points P₀, P₁, P₂ et P₃ respectivement, et un rapport C/N faible.

Nous avons constaté, également, que des facteurs biotiques comme la quantité ou la qualité de la matière organique, mais également des facteurs abiotiques comme le taux d'humidité des sols influencent la quantité et l'activité des micro-organismes du sol.

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 champignons. Ainsi nous avons enregistré les valeurs suivantes pour la densité bactérienne 36.96×10^6 UFC gss⁻¹ à 5.6×10^6 UFC gss⁻¹, et les valeurs suivantes pour la densité fongiques 38.08×10^4 UFC gss⁻¹ à 2.24×10^4 UFC gss⁻¹ en allant du P₀ au P₃.

Cette variabilité est également justifiée par l'effet rhizosphérique et les résidus de récoltes (dattes,...) mis à la disposition des microorganismes.

En ce qui concerne le C_{microbien} et N_{microbien}, nous avons enregistré les valeurs suivantes : 234,21 mg de C .Kg⁻¹ de sol sec à 78,15 mg de C .Kg⁻¹ de sol sec pour le C_{microbien} et 24,44 mg de N.Kg⁻¹ de sol sec à 3.87mg de N .Kg⁻¹ de sol sec pour le N_{microbien}.

Pour ce qui est de l'activité enzymatique, les valeurs obtenues pour l'activité de la β -glucosidase sont comprises entre 0,672 et 0,363 μg de glucose. g^{-1} de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique.

Enfin, d'une manière générale, la biomasse et l'activité microbienne au niveau des 04 point de sol diminue proportionnellement lorsqu'on s'éloigne de la zone rhizosphérique du palmier dattier.

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

Références bibliographiques

1. **ABAKOUMOV I.A.,1965.** Influence des combinaisons d'engrais sur la croissance des jeunes palmiers. Rapport annuel sur l'activité de la mission soviétique de la station expérimentale de sidi mahdi, Touggourt, P. 24-27.
2. **ALEXANDERE M., 1982.** Introduction to soil microbiology, 2^{ème} edit. j.wily and sons INC, 467p.
3. **ALI HAIMOUD A., AMIR H., BOUNAGA D.,CHAMI M.,DJELLAH N.,1980.**
4. an altitude gradient in three different localities. Folia Microbiol. 49, 105–111.
5. **ANDREAS B., AL-BUSAIDI K., RAINERET G., RGENSEN J., 2013.** Carbon and nitrogen mineralization at different salinity levels in Omani low organic matter soils, Journal of Arid Environments 100-101 106e110.
6. **ATLAS R.M., BARTHA R., 1993.** Microbial ecology: fundamental's. and applications. third edition. édition the benjamin / cummings publising company, inc.edn. redwood city. Canada. 563 P.
7. **AUBERT G., 1978.** Méthodes d'analyses des sols. edit : c.r.d.p., marseille, 191p.
8. **BABAHANI S., EDDOUD A., 2012.** Effet de la température sur l'évolution des fruits chez quelques variétés du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Algerian journal of arid environment 2, n°1, 36-41.
9. **BAISE D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRA, Paris., 171 P.
10. **BAISE D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. INRA, Edit : Paris, 257 P.
11. **BALDRIAN P., MERHAUTOVÁ V., CAJTHAML T., PETRÁNKOVÁ M., SNAJDAR J., 2010.** Small-Scale disturbance of extracellular enzymes, fungal, and bacterial biomass in quercus pet-raea forest topsoil. Biology and fertility of soils 46, 717–726.
12. **BALSER T.C., FIRESTONE M.K., 2005.** Linking Microbial Community Composition And Soil Processes In a California Annual Grassland And Mixed-Conifer Forest. Biogeochemistry 73, 395–415.
13. **BARDGETT R.D., GRIFFITHS B.S., 1997.** Ecology and Biology of soil Protozoa, Nematodes, and Microarthropods. In: Van Elsas J. D, Trevors J. T. & Wellington E. M. H. (eds) Modern soil microbiology. Marcel Dekker, INC. New York. 129-163.

14. **BERNER D., MARHAN S., KEIL D., POLL, C., SCHÜTZENMEISTER, A., PIEPHO H.P., KANDELER E., 2011.** Land-use intensity modifies spatial distribution and function of soil microorganisms in grasslands. *Pedobiologia* 54, 341-351.
15. **BERTHELIN J., 1999.** Microbiologie. DEA national de science du sol. ina, paris, 237P.
16. **BERTSCHINGER L., CHRISTIAN G., RYSER J.P., HÄSELI A., NEUWEILER R., PFAMMATTER W., SCHMID A., WEIBEL F., 2003.** Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière, Fruits à pépins, fruits noyau, kiwis, baies d'arbustes. Edition: Eidgenössische Forschungsanstalt, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil, www.faw.ch, 48 P.
17. **BIOKAR, 2014.** Analyse Microbiologique Partie 1 : Dénombrement Total Des Bactéries, Levures Et Moisissures Basé Sur La Désintégration. ISO 8784-1.
18. **BOULLARD B., MOREAU J., 1962.** Sol, microflore et végétation. édition Masson., Paris, 289P.
19. **BOWLES T M., ACOSTA-MARTINEZ V., CALDERON F., JACKSON LE., 2014.** Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agro ecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. *soil biol. biochem.* 68, 252–262.
20. **BRAI D., 1994.** Contribution a l'étude de l'état nutritionnel par la méthode de diagnostic foliaire de trois variétés de pommier cultivées dans la région de kais., memoire ing, agro, Univ Batna., 47 P.
21. **BRYANT J.A., LAMANNA C., MORLON H., KERKHOFF A.J., ENQUIST B.J., GREEN J.L., 2008.** Microbes on mountainsides, contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 105, 11505–11511.
22. **CALDWELL B.A., 2005.** Enzyme activities as a component of soil biodiversity ,a review. *Pedobiologia* 49,63 .p644.
23. **CALLOT G., CHAMAGOU H., MAERTENS C., SALSAC L., 1982.** Mieux Comprendre les interactions entre sol-racines, incidences sur la nutrition minérale., INRA, Paris., 325 P.
24. **CARNEY K.M., MATSON P.A., 2005.** Plant Communities, Soil Microorganisms, And Soil Carbon Cycling: does altering the world belowground matter to ecosystem functioning? *Ecosystems* 8, 928–940.

25. **CARSON J.K., GONZALEZ-QUINONES V., MURPHY D.V., HINZ C., SHAW J.A., GLEESON D.B., 2010.**Low pore connectivity increases bacterial diversity in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 3936–3942.
26. **CARSON J.K., GONZALEZ-QUINONES V., MURPHY D.V., HINZ C., SHAW J.A., GLEESON D.B., 2010.** Low pore connectivity increases bacterial diversity in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 3936–3942.
27. **CEPEDA N.J., PASHLER H., VUL E., WIXTED J.T., ROHRER D., 2006.** Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132, 354–380.
28. **CHAUSSOD R., NICOLARDOT B., 1986.**relation entre les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques de quelques sols cultivés. *science du sol.*24:213-226.
29. **CHAUSSOD R., ZUVIA M., BREUIL M.C., HETIER J.M., 1992.** Biomasse microbienne et statut organique des sols tropicaux : exemple d'un sol vénézuélien des llanos sous différents systèmes de culture. *cahiers. Orstom pédologie*, 28, 1, 59-67.
30. **CHEVIRON N., TRAP J., MARRAUD C., RIAH W., CRIQUET S., LAVAL K., GATTIN I. Et MOUGIN C., 2014.** Les Activités Enzymatiques.
31. **CHU H., GROGAN P., 2010.** Soil microbial biomass, nutrient availability and nitro-gen mineralization potential among vegetation-types in a low arctic tundra landscape. *plant soil* 329, 411–420.
32. **CLARK F.E., 1969.** Association Ecologiques Entre Microorganismes Du Sol.*Biologie Des Sols (Comptes Rendus De Recherches) UNESCO,Paris :125-153.*
33. **CLEMENT M., LOZET J., 2011.** Dictionnaire Encyclopédique De Science Du Sol. Contribution à L'étude De L'activité Microbiologique De Quelque Sols De La Sebkh De Boughzoul (HautsPlateauxalgerois), *physiol.vég.Gauthier- Villar,Montriel,Vol18,*
34. **CLEVELAND C.C., LIPTZIN D., 2007.** CNP Stoichiometry In Soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass? *Biogeochemistry* 85, 235–252.
35. **COUTO E.G., STEIN A., KLAMT E., 1997.** Large area spatial variability of soil chemical prop-erties in central Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 66, 139–152.
36. **DADDI BOUHOUN M., 2010.** Contribution a l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de ouargla (sud est algérien).*thèse doc. univ annaba ,386p.*
37. **DAVET P., 1996.** Vie Microbienne Du Sol Et Production Végétale. Éditions INRA, Paris, 380 P.ISBN-10: 2738006485 - ISBN-13: 978-2738006486.
38. **DAVIS J.C., 1986.** Statistics and data analysis in Geology. Wiley and Sons, New York.

39. **DELEUZE J.,1995** . Palmiers pour le climat méditerranéen. champflour, Paris, 144 p.
40. **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 : 335340.
41. **DEQUIEDT S., SABY N.P.A., LELIEVRE M., JOLIVET C., THIOULOUSE J., TOUTAIN B., ARROUAYS D., BISPO A., LEMANCEAU P., RANJARD L., 2011**. Biogeographical patterns of soil molecular microbial biomass as influenced by soil characteristics and management. *global ecology and biogeography* 20, 641e652.
42. **DEVI N B., YADAVA P.S., 2006**. Seasonal dynamics in soil microbial biomass C, N and P in a mixed-oak forest ecosystem of Manipur, North-east India. *Applied Soil Ecology* 31, 220–227.
43. **DEVRIES F.T., MANNING P., TALLOWIN J.R., MORTIMER S.R., PILGRIM E.S., HARRISON K.A., HOBBS P.J., QUIRK H., SHIPLEY B., CORNELISSEN J.H., KATTGE J., BARDGETT R.D., 2012**. Abiotic drivers and plant traits explain landscape-scale patterns in soil microbial communities. *Ecol. Lett.* 15, 1230–1239.
44. **DJERBI M.,1994** . Précis de phœniciculture. F.A.O., Rome, 192 p.
45. **DOMMERGUES Y., 1999**. Principes d'écologie microbienne du sol. INA, Paris, 178p.
46. **DOMMERGUES Y., MANGENOT F., 1970**. Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie éditeurs, Paris, 796 p.
47. **DUCHAUFOR P., 1984**. Abrégé de pédologie. masson-edition. 220 Pages.
48. **DUCHAUFOR. PH, 2001**. Introduction à la science du sol. 6^{ème} édition de l'abrégé de pédologie. Dunod. Ed. Masson. Paris. 314p.
49. **ESEN A., AGRICULTURAL A.C.S.D.O., CHEMISTRY F., MEETING A.C.S., 1993**. β glucosidases: biochemistry and molecular biology: American Chemical Society.
50. **ETTEMA C.H., WARDLE D.A., 2002**. Spatial soil ecology. *trends in ecology and evolution* 17, 177e183.
51. **FALKOWSKI P.G., FENCHEL T., DELONG E.F., 2008**. The microbial engines that drive earth's biogeochemical cycles. *Science* 320, 1034–1039.
52. **FARDOUX J., FERNANDES P., NIANE-BADIANE A., CHOTTE J.L., 2000**. Effet du séchage d'échantillons d'un sol ferrugineux tropical sur la détermination de la biomasse microbienne comparaison de deux méthodes biocidales de référence. *étude et gestion des sols*, 7, 4, 2000:385-394.

53. **FIERER N., JACKSON R.B., 2006.**The diversity and biogeography of soil bacterial communities. proceedings of the national academy of sciences of the united states of America 103, 626- 631.
54. **FIERER N., MCCAIN C.M., MEIR P., ZIMMERMANN M., RAPP J.M., SILMAN M.R., KNIGHT R., 2011.** Microbes do not follow the elevational diversity patterns of plants and animals. Ecology 92, 797–804.
55. **FLEETCHER M.M., LATHAM M.J., LYNCH J.M., RUTTER P.R., 1980.**The characteristics of interfaces and their role in microbial attachment. In Microbial adhesion to surface ces.Ed .W. Berkeley et al, 67-78.
56. **FRANCOI., CONTIN M., BRAGATO G., DENOBILI M., 2004.** Microbiological Resilience Of Soils Contaminated With crude Oil. *Geoderma*, 121, 17-30.
57. **FRANKENBERGER W.T., ET DICK W.A.,1983.** Relationships between enzymes activities and microbial growth and activity indices in soi'. Soi! Science Society of America Journal 47, 945-951.
58. **GAUCHER D ., ERIKSON A., 1986.**Norrbottnian type (3). Neuropaediatric and neurobiological aspects of clinical patterns and treat net ,actapaediatr. Scand. Supple, 326,1.
59. **GIL-SOTRES F., TRASAR-CEPEDA C., LEIROS M.C. &SEOANE S.,2005.** Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *soil biol. biochem.*, 37,877-887.
60. **GIRMAK ., MARTIN L.K ., FREEMAN W.K., MOSALI J ., TEAL K.R., RAUN R.W., MOGES M.S., AMALL B.D.,2013.** Determination of optimum rate and growth for foliar applied phosphorus in corn. *commsoilsci. Plant Anal.* 38, 1137-1154.
61. **GOBAT J., ARANGO M., MATHEY W., 2003.**Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols, 568 p.
62. **GUESSOUM A., 2001.**L'effet de l'irrigation sur la salinité du sol dans la région de Saada - Biskra., memoire ing, Agro,Univ Batna., 50 P. Institut Technologique Agricole, Mostaganem, 78 p.
63. **HALILAT M T., 1998.** 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.
64. **HAMDI AISSA B, 2001.,** La fonction actuelle et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Thèse, Doc, Agro, Paris Grignon, 307p.

65. **HAMDI AISSA B., VALLES V., AVENTURIER A., RIBOLZI O., 2004.** Soils and Brine Geochemistry and Mineralogy of Hyper arid Desert Playa, Ouargla Basin, Algerian Sahara. - *Arid Land Research and Management*. 18: 103-126.
66. **HUANG X.M., LIU SR., WANG H., HUZ D., LI Z G., YOU Y.M., 2014.** Changes of soil microbial biomass carbon and community composition through mixing nitrogen-fixing species with eucalyptus urophylla in subtropical china. *Soil Biol. Biochem.* 73, 42–48.
67. **ITA., 1975.** Laboratoire du sol : méthodes d'analyses physiques et chimiques du sol. Institut Technologique Agricole. Mostaganem. 78p.
68. **ITAB., 2002.** Activités biologique et fertilité du sol, 27p.
69. **JENKINSON D.S., LADD J.N., 1981.** Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Pawl, E.A., Ladd, J.N. (Eds.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, New York, pp. 415–471.
70. **JENKINSON D.S., POWLSON D.S., 1976.** The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V) A method for measuring biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8 : 209-213
71. **JOERGENSON R.G., 1995.** The fumigation-extraction method for microbial biomass nitrogen in: alef k. & nannipieri p., eds. *methods in applied soil microbiology and biochemistry*. london: academic press limited, 388-390.
72. **KARABI M., HAMDI AISSA B., ZENKHRI S, KEMASSI A., BOURAS N., 2015.** Seasonal variations affect microbiocenose arid soils in the ouargla basin (Algerian Sahara). *Ciência et écnicavitivinicola*, Vol. 30 ,n. 8, p :176-187.
73. **KNIGHT T R., DICK R.P., 2004.** Differentiating microbial and stabilized β -glucosidase activity relative to soil quality. *Soil Biol. Biochem.*, 36:2089-2096.
74. **LIU X., ZHANG W., ZHANG M., FICKLIN D.L., WANG F., 2009.** Spatio-temporal variation of soil nutrients influenced by an altered land tenure system in China. *Geoderma* 152, 23–43.
75. **LIY Q., XU M., SUN O.J., CUI W.C., 2004.** Effects of root and litter exclusion on soil CO₂ efflux and microbial biomass in wet tropical forests. *Soil Biol. Biochem.* 36 (12), 2111–2114.
76. **LUCAS R.W., CASPER B.B ., JACKSON J.K., BALSER T.C., 2007.** Soil microbial communities and extracellular enzyme activity in the new jersey pinelands. *soil Biol. Biochem.* 39, 2508–2519.
77. **M'SADAK Y., ELOUAER M.A., ELKAMEL R., 2013 .** Evaluation du comportement chimique des composts sylvicoles, des tamisas et des mélanges pour la conception des

substrats de culture, revue « Nature Et Technologie ». C-Sciences De l'Environnement, N°08/01/2013.

78. **MA X J., CHEN T., ZHANG G.S., WANG R., 2004.** Microbial community structure along
79. **MAAMERI M., 2007.** Caractérisation microbiologique des sols sous conditions semi-arides. (KsarChellala) mém.ing.agro.université IBN KHALDOUN, Tiaret.
80. **MACALADY A., 1996.** Microphytic soil crusts and desert ecosystems. journal of arid environment kluweacademicpublishers, California , p 62-85.
81. **MARINARI S., MANCINELLI R., CARNPIGLIA E., GREGO S., 2006.** Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in central Italy. ecol. Indic. 6, 701–711.
82. **MATHIEU C., PIELTAIN., 2009.** Les principaux sols du monde. voyage au centre de l'épiderme de la planète terre. Lavoisier, Editions Tech et Doc.233 p.
83. **MBONIGABA M., JEAN J., INNOCENT N., BUCAGU C., CULOT M. 2009.** Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité ,Biotechnol. Agron. Soc. Environ. **13**(4), 545-558.
84. **MOLOPE M.B., GRIEVE I C., 1987.** Contribution by fungi and bacteria to aggregate stability of cultivated soils. J. Soil. Sci, 38: 71-77.
85. **MOLOPE M.B., 1986.** The contribution of fungi, bacteria and physical processes in the development of aggregate
86. **MONCIERO A., 1954 .** Notes sur le palmier dattier. ann. inst. agr. Alger, t. IX, fasc.8: 48p.
87. **MONCIERO A.,1961 .** Le palmier dattier en algérie et au sahara. Les Journées Du Dattier (3-4 mai 1961, Aurès). Direction Départementale Des Services Agricoles, Aurès: 11-24.
88. **MOORE H.E., 1973 .** the major groups of palms and their distribution. gents herbarium 11 : 27-141.
89. **MOREL R., 1996.** Les sols cultivés, 2ème Ed INRA. Paris.
90. **MOREL.,1989.** Les sol cultivés .Tech et doc. La voisier ,Paris,272p.
91. **MULDER E.G., LIE T.A ., WOLDDENDROP J.W., 1969.** Biologie et fertilité du sol. biologie des sols (comptes reudus de recherches). UNESCO. Paris. P165-214.
92. **MUNIER P.,1973.** Le palmier dattier. techniques agricoles et productions tropicales. G. P. Maisonneuve & Larose, Paris, 221 P. N°1 :19-33.

93. **NAN Y PETRA M., 2013.** Response Of Soil Respiration And Microbial Biomass To Changing EC In Saline Soils, *Soil Biology & Biochemistry* 65 322 e 328.
94. **NANNIPIERI P., JOHNSON R L., PAUL E.,A.,1978.** Criteria for measurement of microbial growth and activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 10, 223-229.
95. **NILSSON L.O., WALLANDER H., GUNDERSEN P., 2012.** Changes in microbial activities and biomasses over a forest floor gradient in C-to-N ratio. *Plant Soil* 355, 75–86.
96. **O'MALLEY M.A., 2007.** The nineteenth century roots of – everything is everywhere.
97. **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 sales et sales dans les régions sahariennes (Cas D'Ouargla). Mémoire De Magistère, Université D'Ouargla, 187P.
98. **PEIGNE J., VIAN J.F., CANNAVACCIUOLO M., BOTTOLIER B., CHAUSSOD R., 2009.** Soil sampling based on field spatial variability of soil microbial indicators. *European journal of soil biology* 45, 488–495.
99. **PEYRON G., 2000** - Cultiver le palmier dattier. G.R.I.D.A.O., Montpellier, 109 p.
100. **POCHON J., TCHAN Y.T., 1948.** Précis de microbiologie du sol. ed. masson et cie. Paris. 222P.
101. **RAVARD B, 2014.** evaluation du potentiel méthanogène de différentes rations et des effets des digestats (Fraction Sèche Et Fraction Liquide) Sur Des Indicateurs De Fonctionnement Biologique Du Sol En Lien Avec Le Service De Fertilité. Mémoire de master, nancy.28pages
102. **REDFIELD A.C., 1958.** The Biological Control Of Chemical Factors In The Environment. *Am. Sci.* 46, 205–221.
103. **REGAN K.M., NUNAN N., BOEDDINGHAUS R.S., BAUMGARTNER V., BERNER D., BOCH S., OELMANN Y., OVERMANN J., PRATI D., SCHLOTTER M., SCHMITT B., SORKAU E., STEFFENS M., KANDELER, E., MARHAN S., 2014.** Seasonal controls on grassland microbial biogeography: are they governed by plants, abiotic properties or both? *Soil Biology and Biochemistry* 71, 21-30.
104. **RITZ K., MCNICOL J.W., NUNAN N., GRAYSTON S., MILLARD P., ATKINSON D., GOLLOTTE A., HABESHAW D., BOAG B., CLEGG C D., GRIFFITHS B S., WHEATLEY R E., GLOVER L A., MCCAIG A E., PROSSER J.I., 2004.** spatial structure in soil chemical and microbiological properties in an upland grassland. *Journal of microbiology ecology* 49, 191- 205.

105. **ROBERT M., CHENU C., 1992.** Interactions between soil minerals and microorganisms. in soilbiochemistry. eddekker, Inc, 7: 307-393.
106. **ROGET P., GARCIA J.L. 2001.** Introduction à La Microbiologie Du Sol. Marseille : Université de Provence. PP 193.
107. **ROS M., HERNANDEZ M.T., GARCIA C., 2003.** Soil Microbial activity After Restoration Of A Semiarid Soil By Organic amendments. Soilbiol. Biochem., 35, 463-469.
108. **ROUVILOIS-BPIGOL M., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique.
109. **RUAMPS L.S., NUNAN N., CHENU C., 2011.** Microbial biogeography at the soil pore scale. soil biology and biochemistry 43, 280-286.
110. **SASSON A., 1967.** Recherches éco-physiologique sur la flore bactérienne de sol des régions du Maroc. Série botanique et biologie végétale. Travaux de l'institut scientifique chérifien et de faculté des sciences, rabat, N°30:27-55.
111. **SCHIMEL J.P., BENNETT J., 2004.** Nitrogen Mineralization: challenges of a changing paradigm. Ecology 85, 591–602.
112. **SEBAI T.E., LAGACHERIE B., SOULAS G., MARTIN-LAURENT F., 2007.** Spatial variability of iso-proturon mineralizing activity within an agricultural field: geostatistical analysis of simple physicochemical and microbiological soil parameters. Environmental Pollution 145, 680–690.
113. **SESSITSCH A., WEILHARTER A., GERZABEK M.H., KIRCHMANN H.,KANDELER E., 2001.** Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. Appl. Environ. Microbial. 67, 4215–4224.
114. **SHEN R.C., XU M., CHI Y.G., YU S., WAN S.Q., 2014.** Soil microbial responses to experimental warming and nitrogen addition in a temperate steppe of Northern China. Pedosphere 24 (4), 427–436.
115. **SHEN Z., ZHANG X., ZHOU Y., 2012.** Response of soil microbial biomass to short-term experimental warming in alpine meadow on the Tibetan Plateau. Appl. Soil Ecol. 61, 158–160.
116. **SINSABAUG R.L., CARREIRO M.M., REPERT D.A., 2002.** Allocation of extracellular enzymatic activity in relation to litter composition, N deposition, and mass loss. Biogeochemistry 60, 1–24.

117. **SMITH L.J, PAUL E.A., 1990.** The significance of soil biomass estimations. *in:* bollagj.m. &stotzkyG.,eds.*Soil biochemistry. Vol. 6.* New York, USA: Marcel Dekker, 357-396.
118. **SOLTNER D., 2005.** Les bases de la production végétale, t i : le sol et son amélioration., 22^e édition, éditions sciences et techniques agricoles "le clos lorelle"- 49130 Saint-Gemmes-Sur-Loire., 472 P.
119. **SOLTNER D., 2005 .** Les bases de la production végétale, ti : le sol et son amélioration., 22^e Edition, Editions Sciences et techniques agricoles "Le Clos Lorelle"- 49130 Saint-Gemmes-Sur-Loire., 472 P.
120. **STERNER R.W., ELSER J J., 2002.** Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere. Princeton Univrsity Press, Princeton.
121. **TISDALL J.M., 1994.** Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant & Soil*, 159: 115-121.
122. **TORTORA G.J., FUNKE.,CASE.,2012.** introduction a la microbiologie 2éme édition .ISBN : 9782761341394 .
123. **TREVORS J.T., VAN ELSAS J. D. 1997.** Microbial Interactions in soif. In: Van Elsas J. D, Trevors J. T. & Wellington E. M. H. (eds) *Modern soif microbiology*. Marcel Dekker, INC. New York. 215-243.
124. **TU C. ET AL, 2006.** Response Of Soil Microbial And Navailability To Transition Strategies From conventional to organic farming systems. *Agric. Ecosystems Environ.*113, 206-215.
125. **TURCO R F., KENNEDY A.C., JAWSON M.D., 1994.** Microbial Indicators Of Soil Quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdieck, D.F., Steward, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*, SSSA, Special Publication, 35. American Society of Agronomy, Inc, Madison, Wisconsin, pp. 73–90.
126. **URBANSKI J. A., WOCHNA A., HERMAN A., 2011.** Automated granulometric analysis and grain-shape estimation of beach sediments using object-based image analysis. *journal of coastal research*, SI 64 (Proceedings Of The 11thinternational Coastal Symposium), Szczecin, Poland, ISSN 07490208.
127. **VEEN J.A.V., KUIKMAN P J., 1990.** Soil structural aspects of decomposition of organic-matter by micro-organism. *Biogeochemistry* 11, 213–233.

128. **WALDROP M.P., FIRESTONE M.K., 2004.** Altered utilization patterns of young and old soil C by microorganisms caused by temperature shifts and N additions. *Biogeochemistry* 67, 235e248.
129. **WANG Q.K., XIAO F.M., ZHANG F.Y., WANG S.L., 2013.** Labile soil organic carbon and microbial activity in three subtropical plantations. *Forestry* 86, 569–574.
130. **WARDLE D.A., 1992.** A comparative assessment of factors which influence microbial bio-mass carbon and nitrogen levels in soil. *Biological Reviews* 67, 321–358.
131. **WU M., WARD N.L., CHALLACOMBE J.F., JANSSEN P.H., HENRISSAT B., COUTINHO P.M., 2009.,** Three Genomes from the Phylum Acid bacteria Provide Insight into the Lifestyles of These Microorganisms in Soils. *Appl. Environ. Microbiol.* **75**: 2046-2056.
132. **WU J., JOERGENSEN R.G., POMMERENING B., CHAUSSOD R., BROOKES P.C., 1990.** Measurement of Soil Microbial Biomass C by Fumigation Extraction An Automated Procedure. *Soil Biol. Biochem.* 22, 1167–1169.
133. **XU X F., SCHIMEL J. P., THORNTON P.E., SONG X., YUAN F.M., GOSWAMI S., 2014.** Substrate And Environmental Controls On Microbial Assimilation Of Soil Organic Carbon: a framework for Earth system models. *Ecol. Lett.* 17, 547–555.
134. **YAN D., WU Y., YANG Y., BELENKAYA T Y., TANG X., LIN X., 2010.** The cell-surface proteins Dally-like and Ihog differentially regulate Hedgehog signaling strength and range during development.
135. **YUAN Q., WU S., ZHAO D., DAI E., CHEN L., ZHANG L., 2014.** Modeling Net Primary Productivity Of The Terrestrial Ecosystem in China From 1961 to 2005. *J. Geogr. Sci.* 24, 3–17.
136. **ZHANG B., LIANG C., HE H., ZHANG X., 2013.** Variations in soil microbial communities and residues along an altitude gradient on the northern slope of Changbai Mountain, China. *PLoS One* 8, 1–9.
137. **ZOMBRE P.N., 2006.** Variation de la scivité biologique dans les zipella (sols nus) en zone subsaharienne du Burkina Faso et impact de la technique du zaï (techniques des poquets) *Biotechnol .Agron . Soc. Environ.* 2006 10 (2), PP (139 – 148).

Annexe 1

Milieux de culture

A-Milieu pour les bactéries telluriques : Gélose nutritive à l'extrait de terre (Biokar, 2014)

- Extrait de viande ----- 01g
- Extrait de levure ----- 02g
- Chlorure de sodium (Na Cl)----- 05g
- Peptone ----- 10g
- Agar-agar----- 15g
- Extrait de terre----- 100 ml

Dissoudre les constituants dans un litre d'eau distillée, puis l'autoclaver à 121°C pendant 15 minutes. Ajuster le pH à 7.

Préparation de l'extrait de terre

L'extrait de terre est à base d'un sol 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 (flacons) bouchés au coton, stériliser 20 minutes à 112°C.

B-Milieu pour les champignons : PDA (Biokar, 2014)

- Extrait de pomme de terre ----- 4 g
- Glucose ----- 20 g
- Agar –agar ----- 15 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $5,6 \pm 0,2$

4 g d'extrait de pomme de terre correspond à 200 g de d'infusion de pomme de terre.

Annexe2

Détermination du $C_{\text{microbien}}$ et du $N_{\text{microbien}}$ par la méthode fumigation - extraction

1- Fumigation

Placer 50g de sol humide de chaque échantillon avec un bécher contenant 75ml de chloroforme pure dans un dessiccateur sus vide pendant 24h à l'obscurité.

À l'issu de la fumigation, retiré le bécher contenant le chloroforme et le papier filtre de dessiccateur. Eliminer les vapeurs de chloroforme du sol par mise sous vide répétée du dessiccateur (6 fois de 02 min chacune). Les échantillons sont prêts pour l'extraction.

2- Extraction

Pour extraire le carbone, transférer quantitativement le sol dans des flacons ajouter 200ml de sulfate de potassium, agiter les flacons à l'aide d'un agitateur horizontal à 200tr/min pendant 30 min ou à l'aide d'un agitateur rotatif à 60tr/min pendant 45 min, puis filtre les extraits sur un papier filtre plié, extraire les témoins non fumigés et les filtrer de la même manière.

Si l'analyse n'est pas immédiate, conserver les extraits d'échantillons de sol fumigés et non fumigés au congélateur. Homogénéiser les extraits congelés avant utilisation, après décongélation à température ambiante.

Mesurer le taux d'azote et carbone à partir de l'extrait fumigé puis calculer la biomasse microbienne en suivant ces formules :

- Biomasse à partir du carbone = (le taux de carbone organique extrait d'un sol fumigé – le taux de carbone organique extrait d'un sol non fumigé) / K (K=0,38).
- Biomasse à partir de l'azote = (le taux d'azote organique extrait d'un sol fumigé – le taux d'azote organique extrait d'un sol non fumigé) / K (K=0,54) (ANDREAS *et al.*, 2013).

Annexe 3

Méthode d'évaluation de l'activité enzymatique de la β -glucosidase

Les différentes étapes sont (CHEVIRON *et al.*, 2014) :

- Prélèvement de sols sur 0-20 cm d'un échantillon représentatif de la parcelle (3-5 points par parcelle) ;
- Homogénéisation, tamisage et pesée des sols ;
- Préparation d'une solution de sol, et répartition en microplaques ;
- Ajout d'un substrat spécifique et incubation ;
- Arrêt de la réaction et lecture au spectrophotomètre ;
- Sortie et analyse des résultats.

Annexe 4

➤ Echelle d'interprétation des résultats

Tableau 01. 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 02. La salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (LE CLECH, 2000)

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 n° 3 : Normes d'interprétation pour l'azote (CALVET ET VELLEMIN, 1986)

Azote (%)	Trèspauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche
KJELDAHL	< 0.05	0.05- 0.1	0.1- 0.15	0.15- 0.25	> 0.25

Tableau 04. Le rapport C/N (HENIN, 1969)

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

Tableau 05. Le pH, potentiel hydrogène, représente l'acidité du sol. Il est mesuré dans un rapport sol/solution de 2/5 (LE CLECH, 2000)

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

Tableau 06. Calcaire total (BAISE, 1988)

CaCO ₃ (%)	Horizon
CaCO ₃ ≤ 1	Non calcaire
1 < CaCO ₃ ≤ 5	Peu calcaire
5 < CaCO ₃ ≤ 25	Modérément calcaire
25 < CaCO ₃ ≤ 50	Fortement calcaire
50 < CaCO ₃	Très calcaire
≤ 80	Excessivement

Variabilité spatiale de l'activité microbienne du sol sous culture de palmier dattier

Résumé

Le présent travail porte sur l'étude des patrons de variabilité spatiale à petite échelle (<10m) de deux indicateurs de la qualité des sols à savoir la biomasse microbienne et l'activité enzymatique sous culture de palmier dattier au niveau de l'exploitation agricole de l'université de Ouargla.

Des analyses microbiologiques (densités bactériennes et fongiques, $C_{\text{microbien}}$, $N_{\text{microbien}}$, activité de β -glucosidase) ont été déterminées sur la couche superficielle du sol (0-20cm) des quatre points séparant deux pieds de palmiers dattiers. Ces analyses ont été complétées par des mesures physico-chimiques. Des dissimilitudes en ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du sol ont été constatées entre les différents points. Cette variabilité est justifiée par l'effet rhizosphérique et les résidus de récoltes (dattes, ...) mis à la disposition des microorganismes. Ainsi la biomasse et l'activité microbienne diminuent proportionnellement avec la diminution de la matière organique et plus on s'éloigne de la zone rhizosphérique du palmier dattier.

Mots clé : microorganismes, sol, biomasse microbienne, activité enzymatique, palmier dattier, variabilité spatiale

Spatial variability of soil microbial activity under cultivation of date palm

Abstract

This work focuses on the study of small-scale spatial variability patterns (<10m) of two indicators of soil quality namely microbial biomass and enzyme activity under cultivation of date palm at the Ouargla University farm.

Microbiological analyzes (bacterial and fungal densities, $C_{\text{microbial}}$, $N_{\text{microbial}}$, β -glucosidase activity) were determined on the surface soil (0-20 cm) of four points separating two feet of date palms. These analyzes were complemented by physicochemical measurements. Dissimilarities regarding the physicochemical and microbiological characteristics of the soil were found between the different points. This variability is justified by the rhizosphere effect and crop residues (dates, ...) available to microorganisms. Thus biomass and microbial activity decrease proportionally with the decrease in organic matter and further away from the rhizosphere area of date palm.

Keywords: Soil, microorganisms, microbial biomass, enzyme activity, date palm, spatial variability

التباين المكاني للنشاط الميكروبي في التربة المزروعة في النخيل

ملخص:

يركز هذا العمل حول دراسة التغيرات المكانية في مساحة صغيرة للخصائص الميكروبيولوجية والفيزيائية للطبقة السطحية (0-20 سم) من التربة المزروعة بالنخيل بالهستهة الفلاحية بجامع ورقلة، وتبين من العملية ان هذه التربة تتميز ببنية رملية طميية، وبالملوحة بحيث درجتها القلوية مرتفعة جدا، ومحتواها منخفض جدا في النيتروجينات العضوية.

تم تحديد التحاليل الميكروبيولوجية (الكثافة البكتيرية والفطرية، والجراثيم C ، الميكروبي N ، النشاط β جلوكوزيد) من أربع نقاط تفصل بين اثنين من أشجار النخيل. وقد استكملت هذه التحليلات من قبل القياسات الفيزيائية. تم العثور على الاختلاف بشأن الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للتربة بين النقاط المختلفة. ويبرر هذا التباين من تأثير مخلفات المحاصيل الزراعية ريزوسفير (التمور، ...) المتاحة للكائنات الحية الدقيقة وبالتالي الكتلة الحيوية والنشاط الميكروبي تنخفض تناسبيا مع تناقص المواد العضوية وبعيدا عن منطقة التجديري من النخيل.

الكلمات المفتاحية: الكائنات المجهرية، التربة، الكتلة الحيوية الميكروبية، نشاط انزيم، النخيل، التغيرات المكانية