

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université « Dr. Tahar Moulay » Saïda**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**



**Mémoire Elaboré en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Spécialité : Microbiologie appliquée**

**Présenté par**

**M<sup>elle</sup> : Chikhi Djemaa**

**M<sup>elle</sup> : Hadjadji Imane**

**Sur le thème intitulé**

**Effet du type des cultures sur l'activité microbienne des  
sols agricoles**

**Soutenu le 25 /06/2019**

**Devant la commission de jury, composée de :**

<b>Mr. HACHEM. K</b>	<b>Maître de conférences -A-</b>	<b>U T. M. de Saïda</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. AMMAM. A</b>	<b>Maître de conférences -B-</b>	<b>U T. M. de Saïda</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. BORSALI. A</b>	<b>Maître de conférences -A-</b>	<b>U T. M. de Saïda</b>	<b>Encadreur</b>
<b>Mr. ZOUIDI. M</b>	<b>Doctorant 3<sup>ème</sup> cycle LMD</b>	<b>U T. M. de Saïda</b>	<b>Co-Encadreur</b>

**Année académique 2018/ 2019**

# Remerciement

*Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir donné courage et santé pour achever ce travail.*

*Nous voulons tout d'abord exprimer notre profonde reconnaissance à Monsieur « Borsali Amine Habib » notre encadreur, qui a dirigé notre travail ; ses conseils et ses commentaires précieux nous ont permis de surmonter nos difficultés et de progresser dans notre mémoire de fin d'étude.*

*Nous tenons à remercier très chaleureusement «Mr Zouidi Mohamed » pour sa disponibilité ainsi que ses conseils. Il a répondu avec simplicité et précision à nos sollicitations et s'est investi fortement. Il a été un co.encadreur exemplaire !*

*Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui ont accepté d'examiner ce travail.*

*Aussi nos remerciements s'adressent à l'ensemble des enseignants du département de biologie de l'université Dr. Moulay Tahar de Saïda et surtout nos enseignants durant notre cursus universitaire.*

*Nous remercions également l'équipe du laboratoire de recherche biologie (Mme Mesaoudi Amel, Mr Hemad Ahmed,).*

*Pour terminer, nous remercions toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail ; un grand merci à tous.*

## *Dédicace....*

*A nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux.*

*Je dédie ce modeste travail à:*

*Mes très chers parents, dont ce travail constitue une légère compensation pour tous leurs nobles sacrifices afin d'assurer mon bien être et mon éducation, Que Dieu les protège et les garde en bonne santé.*

*A mes très chers Frères :Ghani, Remdhane.*

*A mes très chères sœurs : Hafhida, Soumia, Fatima;*

*Demi-sœur et la femme de mon frère :Hafhida .*

*A ma nièce : Nisrine et mon petit neveux Ayoub*

*A toute ma famille Chikhi*

*A mes Chères amies : Houda, Zineb, Khawla, Kanza,Zahira.*

*A ma chère amie et ma sœur et binôme : Amone*

*A tous les enseignants*

*Tous mes collègues de la promotion M2 Microbiologie Appliquée 2019.*

*Et à tous ceux qui me connaissent et comptent sur moi.*

*Djema*

## *Dédicaces*

*Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux.*

*Je dédie du fond de mon cœur ce modeste travail :*

*Aux personnes les plus chères du monde, ma mère et mon père qui sont la lumière de ma réussite.*

*A mes frères Madjid, Youcef, Walid, Rahim.*

*A mes sœurs Haouaria, chaïmaa, Loudjaine.*

*A ma chère et chère tante Karima*

*A mes cousines : Faiza , Nounou , Badra.*

*A toute ma famille Hadjadji.*

*A mes sœurs en Dieu : Hanane, Ikram, Mita, Hafida, Salima et Wafaa*

*A tous mes amies et ma chère amie et binôme : Djemaa*

*A tous mes enseignants.*

*A toute la promotion microbiologie appliquée 2018 et tous mes collègues sans exception.*

*A Tous ceux que je connais et qui me connaissent et tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*Imane*

## ***Table des matières***

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Remerciement	
Dédicace	
<b>Introduction générale.....</b>	<b>01</b>

### ***Chapitre I - Le sol: système complexe, hétérogène et vivant***

I. Le sol: système complexe, hétérogène et vivant : .....	03
I.1. Contexte.....	03
I.2. Définition du sol .....	03
I.3. Formation des sols .....	04
I.4. Organisation du sol .....	04
I.5. Le sol, support du vivant .....	06
I.6 Qualité des sols .....	08
I.6.1. La qualité physique .....	09
I.6.2. Qualité chimique .....	10
I.6.3. Qualité biologique .....	10
I.7. Dégradation Des Sols .....	11
I.7.1. Dégradation physique .....	11
I.7.2. Dégradation chimique .....	12
I.7.3. Dégradation biologique .....	13
I.8 Conséquences de la dégradation du sol .....	13

### ***Chapitre II - L'Agriculture et la qualité biologiques des sols***

II.1. L'agriculture .....	15
II.1.1 L'agriculture en Algérie .....	15
II.1.2 Caractéristiques édaphiques de l'Oranie .....	17
II.1.3. L'agriculture En Oranie .....	18
II.1.4. Les principales cultures exploitées .....	19
II.1.4.1. La céréalicultures .....	19
II.1.4.2. les légumineuses alimentaires .....	19
II.1.4.3. L'arboriculture fruitière .....	20
II.2. Le sol et l'agriculture .....	20
II.2.1. La fertilité d'un sol agricole.....	22
II.2.2. Les facteurs intervenant sur la qualité biologique des sols .....	22
II.2.2.1 Effet du type de sol et du climat .....	23
II.2.2.2 Importance du système de culture .....	23
II.2.2.3 Effet des pratiques culturales .....	24
II.2.2.4 Possibilités d'intervention humaine directe sur la fertilité des sols .....	25

### **Chapitre III - Matériels et méthodes**

III.1. Présentation de la zone d'étude .....	27
III.1.1 Caractérisation de la zone d'étude .....	27
III.1.1.1 Géologie du site .....	27
III.1.1.2 Hydrogéologie du site .....	27
III.2 Etude climatique .....	28
III.2.1 Les températures .....	28
III.2.2. Les précipitation .....	29
III.2.3.. Répartitions saisonnières des précipitations .....	29
III 2.4. Diagramme Ombrothermique de Bangnoul et Gausсен.....	30
III .3. Situation et choix des stations d'études.....	31
III.3.1 Méthode d'échantillonnage .....	31
III.3.2. Géo localisation des stations .....	31
III 4. Analyse des sols.....	32
III.4.1. Analyses physicochimique.....	32
III.4.1.1 Texture.....	32
III.4.1.2. Humidité de sol.....	33
III.4.1.3. Capacité de rétention.....	33
III.4.1.4. Détermination de la densité réelle .....	34
III.4.1.5. Densité apparente (masse volumique).....	34
III.4.1.6. Porosité.....	34
III.4.1.7. Perméabilité.....	35
III.4.1.8. Matière organique.....	35
III.4.1.9. pH et la conductivité électrique.....	36
III.4.1.10. Calcaire.....	36
III.4.2. Analyses biologique.....	37
III.4.2.1 Respiration basale .....	37
III.4.2.2. biomasse microbienne.....	37
III.4.2.3. le quotient métabolique.....	37
III.4.2.4. Dénombrement de la microflore.....	38
III.4.2.4.1 Préparation des suspensions dilutions.....	38
a- La microflore bactérienne.....	38
b- Les champignons.....	39
c- Les rhizobiums.....	39
III.5. Traitement statistique.....	39

**Chapitre VI - Résultats et discussion**

VI. Résultats et discussion :.....40  
VI.1 Propriétés physiques des sols :.....40  
VI.1.1 Texture :.....40  
VI.1.2 Humidité au champ :.....41  
VI.1.3 La capacité de rétention :.....42  
VI.1.4: Densité apparente et densité réelle.....43  
VI.1.5 Porosité, microporosité et perméabilité .....43  
VI.2 Propriétés chimiques des sols.....45  
VI.2.1 pH du sol :.....45  
VI.2.2 Conductivité électrique.....46  
VI.2.3 Matière organique.....47  
VI.2.4 Teneur en calcaire .....48  
VI.3 Propriétés microbiennes des sols .....50  
VI.3.1 Respiration basale ..... 50  
VI.3.2. biomasse microbienne ..... 51  
VI.3.3. Quotient métabolique .....52  
VI.3.4 Densité et diversité microbienne .....53  
VI.3.4.1 Les bactérie .....53  
VI.3.4.2 Les rhizobiums .....55  
VI.3.4.3 Les champignons .....57  
**Conclusion.....60**

**Références bibliographiques**

**Annexe**

## Liste des abréviations

**%**: Pourcentage.  
**m<sup>2</sup>**: mètre carré  
**mm**: Millimètre.  
**Cm/h** : Centimètre par heure  
**g/cm<sup>3</sup>** : Gramme par centimètre cube  
**Km**: kilomètre.  
**km<sup>2</sup>** : kilomètre carré.  
**P** : Précipitations  
**T°** : Température  
**Ha** : Hectare  
**g/L**: Gramme par litre.  
**CE** : conductivité électrique  
**CaCO<sub>3</sub>** : Carbonate de calcium  
**pH** : Potentiel hydrique  
**µm** : Micromètre  
**C°** : Degré Celsius  
**Min** : minimum  
**Max** : maximum  
**Moye** : moyenne  
**GPS**: Global Positioning System  
**MO**: Matière organique  
**H** : Heure.  
**v** : Volume  
**p** : Poids  
**ml** : Millilitre  
**OGA** : Oxytetracyclique glucose agar  
**YEM**: Yeast extract  
**Ms** : Mycélium de substrat  
**g.g<sup>-1</sup>.s.s** : Germe par gramme de sol  
**UFC** : Unité formant colonie  
**Gram<sup>-</sup>**: Gram négative.  
**Gram<sup>+</sup>**: Gram positive.  
**G** : Grossissement

## Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Organisation du système sol à différentes échelles.....	05
<b>Figure 02:</b> Le sol comme support du vivant.....	06
<b>Figure 03:</b> Classification des organismes par classes de taille.....	08
<b>Figure 04 :</b> Schéma des critères de qualité des sols.....	11
<b>Figure 05 :</b> Répartition de la superficie agricole utile en Algérie.....	16
<b>Figure 06 :</b> Répartition des pratiques agricoles en Algérie.....	17
<b>Figure 07:</b> Répartition des températures moyennes, maximales et minimale 2000 à 2018.....	28
<b>Figure 08 :</b> Moyenne mensuelle des précipitations (2000-2018) .....	29
<b>Figure 09:</b> Histogramme du régime saisonnier. (2000-2018).....	30
<b>Figure 10 :</b> Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	30
<b>Figure 11 :</b> les stations d'études (Mars 2019).....	31
<b>Figure 12 :</b> Présentation de la zone d'étude.....	32
<b>Figure 13 :</b> Histogramme d'humidité moyenne des sols.....	41
<b>Figure 14 :</b> Histogramme de la capacité de rétention moyenne.....	42
<b>Figure 15 :</b> Densité apparente, densité réelle et porosité des sols.....	43
<b>Figure 16 :</b> Histogramme de perméabilité moyenne des sols.....	44
<b>Figure 17 :</b> histogramme de pH des sols.....	45
<b>Figure 18 :</b> La conductivité électrique des sols .....	46
<b>Figure 19 :</b> Localisation de la station de la zone sur l'échelle de salure des sols .....	46
<b>Figure 20 :</b> Taux de la matière organique des sols .....	47
<b>Figure 21 :</b> Histogramme de la teneur en carbonate dans les stations.....	48
<b>Figure 22 :</b> Respiration basale des sols selon type de cultures.....	50
<b>Figure 23 :</b> Biomasse microbienne des sols selon type de cultures.....	51
<b>Figure 24:</b> Le quotient métabolique des sols selon type de cultures.....	52
<b>Figure 25:</b> Densité de la microflore bactérienne des sols selon le type de cultures .....	54
<b>Figure 26:</b> Aspect macroscopique et microscopique des bactéries.....	55
<b>Figure 27:</b> Densité des rhizobiums des sols selon type de cultures.....	55
<b>Figure 28:</b> Aspect macroscopique et microscopique des rhizobiums.....	56
<b>Figure 29:</b> Densité des champignons des sols selon le type de cultures .....	57
<b>Figure 30:</b> Aspect macroscopique et microscopique des champignons.....	59



**Liste des tableaux**

**Tableaux 01:** Caractéristiques de la station météorologique de la zone de Saida.....28  
**Tableaux 02:** Données géographiques de la station d'étude.....31

# Introduction

## **Introduction :**

Le sol représente le support de la production agricole et l'interface avec les autres compartiments de la biosphère, il remplit de nombreuses fonctions essentielles à la fourniture de services écosystémiques nécessaires au bien-être de nos sociétés. C'est aussi une ressource non renouvelable dont les propriétés physicochimiques et biologiques ont été altérées par le développement de l'agriculture intensive. La prise de conscience actuelle de cet état de fait a révélé la nécessité de définir de nouveaux modes de gestion adaptés à la préservation et à l'utilisation durable des sols. Elle a ainsi marqué l'entrée dans l'ère de l'agro-écologie qui prône un modèle de production optimisant notamment les services rendus par la biodiversité afin de réduire le recours aux intrants et à l'utilisation d'énergie (Bourgeois, 2015).

Le bassin méditerranéen est dominé par l'agriculture pluviale, la culture la plus pratiquée est celle des céréales d'hiver, blé et orge, en rotation avec une jachère qui peut durer de 16 à 18 mois. Lorsque l'humidité le permet, les céréales sont accompagnées de l'olivier, l'amandier et la vigne. En présence d'irrigation la diversification et l'intensification se pratiquent: arbres fruitiers (pommiers, poiriers, pêchers, agrumes, oliviers), légumes (fèves, lentilles, pois chiche), fourrages (vesce, luzerne), pomme de terre, cultures industrielles (tournesol, betterave, coton, colza). Les zones les plus arides sont dédiées à l'élevage extensif. Sur les rives sud de la Méditerranée, l'élevage est pratiquement présent dans tous les agroécosystèmes ; son interaction avec les cultures est forte, notamment dans les zones céréalières où il a été et continue d'être la principale sinon la seule base de l'activité économique de ces régions (Cantero-Martínez et Gabiña, 2004).

Le sol est un environnement vivant et constitue un réservoir exceptionnel de microorganismes et de gènes différents qui déterminent des activités variées dont l'activité est en lien plus ou moins direct avec leur " fonctionnement " en général et certaines de leurs propriétés agronomiques en particulier (I.T.A.B, 2002). Ces microorganismes jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques, en conditionnant l'efficacité et les mécanismes de l'utilisation de la matière organique du sol.

Les microorganismes du sol sont le fondement de la biosphère et jouent un rôle intégral et unique dans le cycle du carbone, d'azote, de soufre et de phosphore (Bowles et al., 2014 ; Huang et al., 2014).

Ces divers organismes interagissent les uns avec les autres et aussi avec les plantes et les animaux dans l'écosystème, formant un réseau complexe d'activités biologiques. Les

organismes du sol contribuent à un large éventail de services essentiels au fonctionnement durable de tous les écosystèmes. Ces services sont non seulement essentiels pour le fonctionnement des écosystèmes naturels, mais constituent une ressource importante pour la gestion durable des systèmes agricoles.

Ce travail a pour objectif d'étudier l'impact des types des cultures exploitées sur la qualité biologique des sols agricoles dans la zone semi-aride en analysant leurs propriétés physico-chimiques et l'influence des systèmes des pratiques agricoles de chaque type de cultures et leur enracinement sur la densité, l'activité et la diversité microbienne dans ces sols

Dans cette étude nous nous sommes intéressés à étudier des sols de la wilaya de Saida (Ouest Algérien) de trois cultures les plus exploitées au niveau de cette zone ; la céréaliculture, les légumineuses (Fève et pois cultivé) et l'arboriculture (verger d'amandier)

Ce travail s'articule en deux parties :

Une partie bibliographique qui comporte les sols agricoles :

- Généralité de sol ;
- L'agriculture et la qualité biologique de sol ;

Une deuxième partie

- Consacrée à la présentation de la zone d'étude avec une étude climatique et la méthodologie adoptée dans les analyses physico-chimiques et biologiques effectuées sur les sols de chaque culture ;
- Dans le dernier chapitre on exposera les principaux résultats avec une étude statistique comparative.

La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus, les interprétations, les discussions éventuelles et la conclusion générale.

# Chapitre I

## Le sol: système complexe, hétérogène et vivant

## **I. Le sol: système complexe, hétérogène et vivant**

### **I.1. Contexte**

Le sol est un milieu complexe et hétérogène au sein duquel les multiples interactions trophiques et biochimiques qui s'y déroulent jouent un rôle prédominant pour le fonctionnement des écosystèmes. C'est également un formidable réservoir de biodiversité microbienne et faunistique qui participent activement aux flux de matière et d'énergie, assurant ainsi tout ou partie d'un grand nombre de cycles géochimiques au sein de la biosphère continentale (Lévêque, 2001).

Le sol provient de l'altération des roches et des produits de la décomposition sous l'action de l'eau, de l'air et des êtres vivants. Au fur et à mesure du temps, le sol s'épaissit en acquérant de nouveaux constituants, structures et couleurs qui lui sont spécifiques et se différencie en strates superposées, formant ainsi le profil pédologique. Ses caractéristiques et propriétés sont largement influencées par les roches en présence, son âge, le relief, le climat et la végétation (Gobat et al., 2003).

Il en résulte ainsi une incroyable diversité à large échelle mais également à des niveaux macro- et microscopiques au travers de différences de texture, de structure et de composition des agrégats qui les constituent.

Le sol est le support du vivant, comprenant une diversité extraordinaire d'organismes aux caractères et formes variés. Les espèces de faunes et de microorganismes coexistantes constituent la base des réseaux trophiques supérieurs, réalisant par ailleurs un ensemble de fonctions essentielles à la réalisation de processus écosystémiques. Par conséquent, afin de comprendre l'influence de la qualité de la ressource sur le fonctionnement des communautés hétérotrophes du sol, il est important de décrire et d'analyser le sol comme compartiment clé dans le cadre des écosystèmes terrestres (Fanin, 2012).

### **I.2. Définition du sol**

Le sol est un système dont la définition a fortement évolué au cours du temps. En 1883, Dokoutchaïev (1846-1903) est un géologue russe), considéré comme le père de la science du sol, le décrivait comme étant: « Les horizons extérieurs des roches naturellement modifiés par l'influence mutuelle de l'eau, de l'air et des organismes vivant et morts; c'est un corps nature, indépendant et variant. »

Dans les années 1980, la définition du sol de Aubert & Boulaine prend toujours en compte les éléments apportés par Dokoutchaïev mais précise également l'idée d'activité et de formation de ce système: « Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent. » (Fanin, 2012).

Aujourd'hui, la définition la plus couramment utilisée remplace le système sol dans le cadre du fonctionnement des écosystèmes, mettant ainsi en avant son caractère d'entité fonctionnelle au sein des cycles de la matière: « Le sol est la couche la plus externe, marquée par les êtres vivants, de la croûte terrestre. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème, occupe une position clé dans les cycles globaux de la matière. » (Gobat et al., 2003)

### **I.3. Formation des sols**

Les différences de sols et de leurs propriétés observées de par le monde et par région, s'expliquent en grande partie par leur histoire. La première histoire est celle de la géologie, les roches sur lesquelles reposent les sols. Apparemment immuables, les sols sont en fait le résultat d'une lente évolution, ou plus exactement de l'altération des roches. Cette altération physique et chimique de la roche-mère s'est faite à l'échelle géologique et se poursuit toujours. L'ensemble des processus qui concourent à la formation des sols à partir de roches et de leur évolution au cours du temps est appelé pédogenèse. Le climat et la circulation de l'eau interviennent dans ces processus d'altération continue : éclatement des roches par le gel, pluies dissolvant les calcaires, érosion éolienne ou hydrologique transportant les éléments fins, dissolution chimique de minéraux de la roche (oxydes de fer ou autres)... Les processus de la pédogenèse sont aussi étroitement dépendants de l'action des organismes vivants et de leur combinaison avec l'environnement minéral : action des racines dans la chimie du sol, dépôt puis décomposition de matière organique, combinaison des éléments organiques avec les éléments minéraux (complexe organominéral) (Bourgogne, 2012).

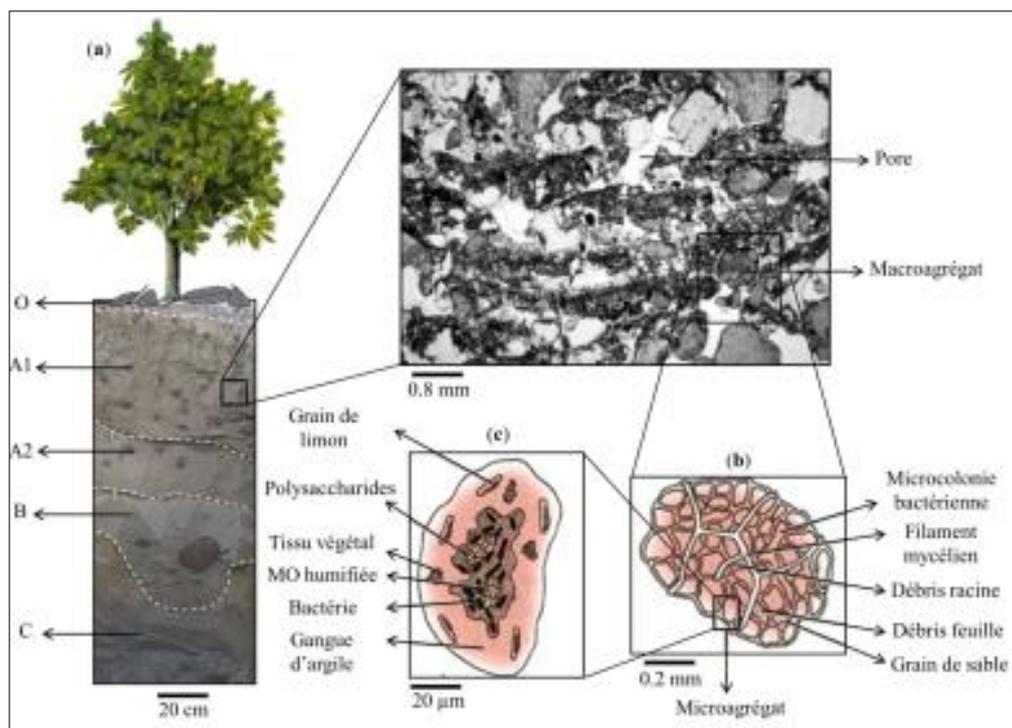
### **I.4. Organisation du sol**

La figure 01 présente l'organisation du système sol à différentes échelles: profil (a), macroscopique (b), microscopique (c). Chaque horizon se compose à la fois d'une phase solide composée de matière minérale et organique, d'une phase liquide contenant de l'eau, des ions et des composés organiques dissous et d'une phase gazeuse composée d'air (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>,

CO<sub>2</sub>) mais également de gaz issus de la respiration et de la décomposition des organismes (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>). Ces différentes phases sont inégalement réparties au sein du profil sol, la matière organique solide étant le plus souvent concentrée en surface alors que la phase liquide est plus importante en profondeur (Leclerc, 2002).

L'hétérogénéité du système sol ne se limite pas à une échelle macroscopique. En effet, chaque horizon est composé de pores et d'agrégats. La taille et la répartition des pores sont essentielles dans la conduction de l'eau et des nutriments, ainsi que dans la communication entre les différentes populations microbiennes (Young et Ritz 2005; Standing et Killham 2007).

En ce qui concerne les agrégats, la taille détermine la texture (composition granulométrique) et l'organisation de ces agrégats détermine la structure (assemblage des agrégats de différentes tailles, formes et abondance). Ces agrégats ont des compositions variables en termes de matière minérale et de matière organique. De ce fait, à une échelle microscopique, le sol est aussi un système fortement hétérogène.

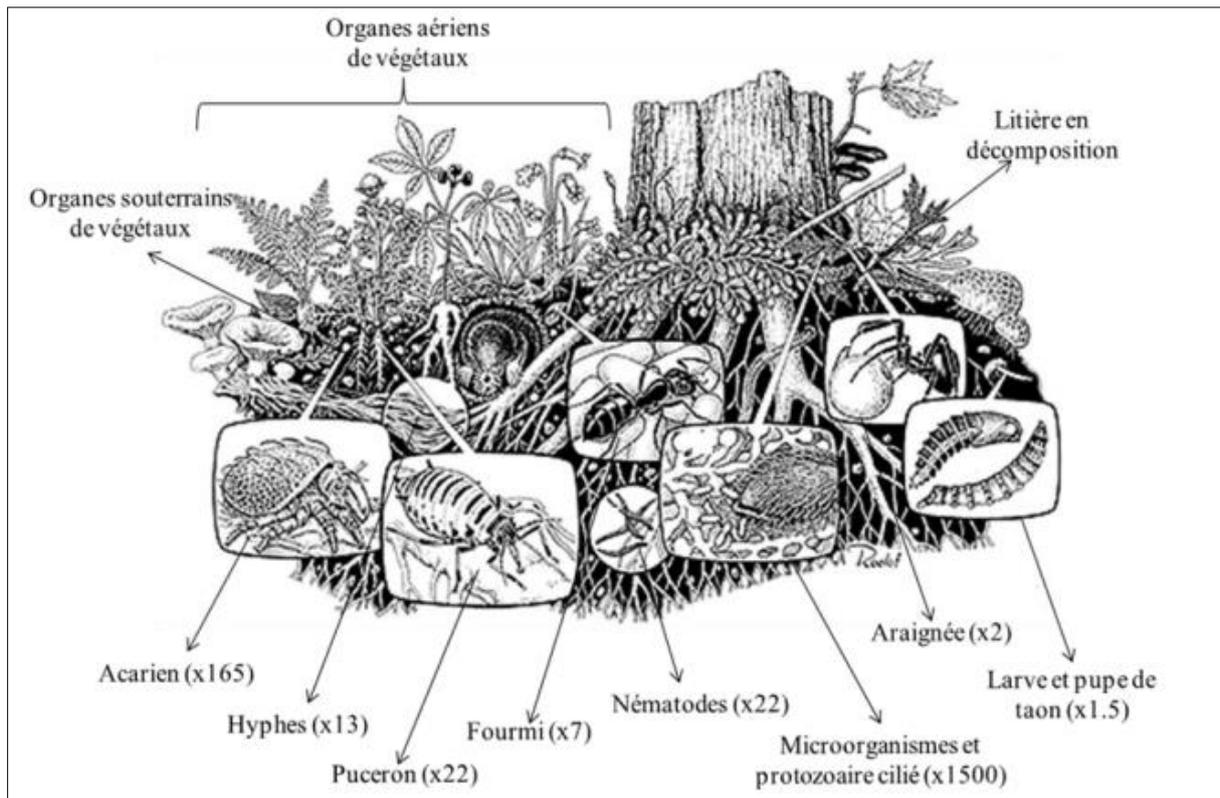


**Figure 01 :** Organisation du système sol à différentes échelles: profil, macroscopique et microscopique. (a) Profil O = horizon organique formé principalement à partir de débris végétaux, A = horizon minéral formé près de la surface dans la zone de perte des matériaux avec une transition marquée dans ce cas de A1 vers A2, B = horizon illuvial enrichi en divers

constituants, suivant les cas: argile, fer, matière organique, carbonate de calcium, etc., C = horizon d'altération de la roche mère (Leclerc, 2002)

## I. 5. Le sol, support du vivant

Le sol est un milieu vivant dans lequel l'ensemble des organismes joue un rôle fondamental (Fig. 02). Selon Gobat et al. (2003), c'est un carrefour multidirectionnel qui occupe une place centrale dans le fonctionnement des écosystèmes.



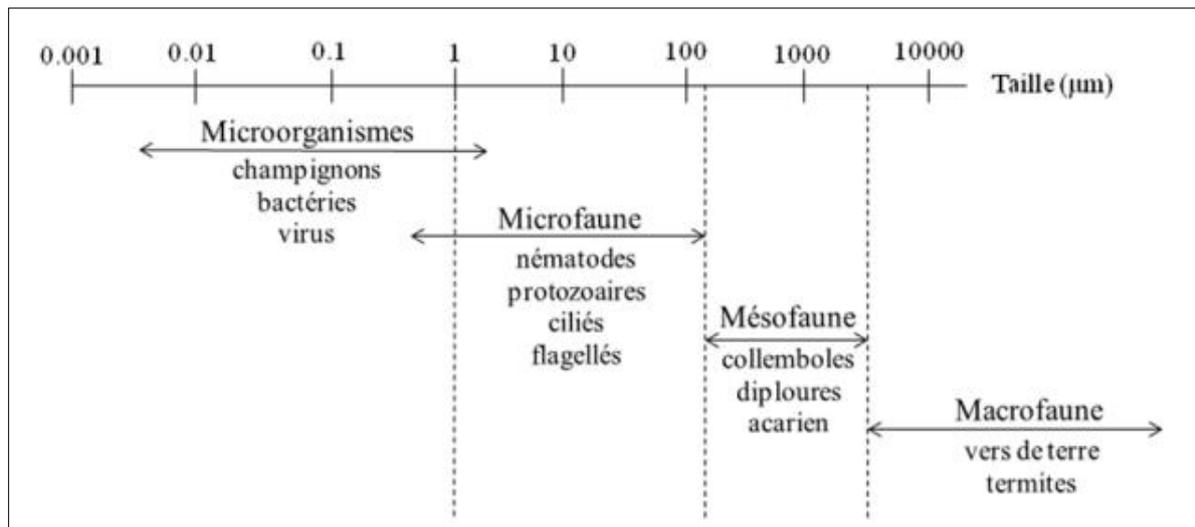
**Figure 02 :** Le sol comme support du vivant. Exemple d'organismes présents dans un écosystème forestier de feuillus (végétaux, faune, microorganismes). Le chiffre entre parenthèse représente le grossissement de chaque organisme (Gobat et al., 2003).

Les espèces animales cohabitent par centaines et constituent le squelette des chaînes de décomposeurs. On classe ces organismes généralement en 3 groupes par classe de taille (Fig. C, variable selon les auteurs): la microfaune (< 0.2 mm), la mésofaune (entre 0.2 et 4 mm) et la macrofaune (entre 4 et 80 mm). Ils sont une composante importante pour le fonctionnement du sol, dus à leur rôle fonctionnel dans l'accélération de la décomposition de la matière organique, de la fragmentation de la litière, de la digestion partielle et de leurs fèces (Byzov et al. 1996; Maraun et Scheu 1996). Par ailleurs, certains groupes spécifiques de détritivores peuvent déterminer la quantité d'éléments minéraux disponibles pour les microorganismes et

les plantes (Carcamo et al. 2001; Frouz et al. 2007) et peuvent influencer directement l'organisation et la structuration du sol en modifiant l'environnement physique. Cependant, l'efficacité de la faune serait dérisoire s'ils n'étaient pas étroitement associés aux bactéries et aux champignons.

Les microorganismes sont essentiels au bon fonctionnement des écosystèmes et assurent de nombreuses tâches comme la transformation, l'oxydation et la réduction des déchets végétaux et animaux, le contrôle des cycles des bioéléments ou encore la transformation de la roche mère. Chaque espèce est caractérisée par une ou plusieurs activité(s) enzymatique(s) et peut assurer une activité particulière (décomposition de la matière organique, fixation de l'azote atmosphérique, nitrification, dénitrification...). Cette diversité fonctionnelle au niveau du sol est d'une importance capitale dans la réalisation du recyclage des nutriments et d'un certain nombre de cycle géochimique notamment celui du carbone (C) de l'azote (N) et du phosphore (P). En moyenne dans 1 g de sol, on compte de l'ordre de 10<sup>9</sup> bactéries, 10<sup>5</sup> protozoaires et 1 km de mycélium (Young & Ritz, 2005). Cependant la répartition des microorganismes est très diverse et les patterns de distribution sont encore très peu connus. En effet, les communautés microbiennes présentent de larges variations dans leur structure à l'échelle de l'hectare en milieu forestier (Fierer et al. 2003; Lejon et al. 2005) mais également à des échelles beaucoup plus fines comme à l'échelle du mètre (Wilkinson et Anderson 2001; Rinnan et al., 2008) ou même à l'échelle de l'agrégat (Ranjard et al., 2000). De la même manière, les communautés microbiennes peuvent changer en fonction des conditions externes dans l'heure ou dans la journée, d'une saison à l'autre, et évoluent au cours du temps (Bardgett et al., 2005; Schmidt et al., 2007).

Ainsi, l'ensemble de ces organismes vivants sont susceptibles de participer activement aux flux et processus des écosystèmes forestiers tels que la dégradation de la matière organique et la respiration du sol et peuvent, par conséquent, largement influencer le cycle du C de la biosphère continentale.



**Figure 03.** Classification des organismes par classes de taille. Les microorganismes ( $<5 \mu\text{m}$ ), la microfaune ( $<0.2 \text{ mm}$ ), la mésofaune (entre 0.2 et 4 mm) et la macrofaune (entre 4 et 80 mm) (Fanin, 2012).

## I.6. Qualités des sols

La qualité d'un sol a d'abord été définie comme étant son aptitude à fournir à l'ensemble de la biomasse, et en particulier aux plantes, un milieu propice à leur développement. Aujourd'hui, le concept de qualité dépasse le strict cadre de la production agricole pour s'étendre au sol dans notre cadre de vie. Il fait alors référence à la valeur esthétique des paysages, aux contraintes liées à l'aménagement du territoire, mais aussi il prend en compte la protection de la qualité des eaux. Cette qualité dépend de multiples facteurs. Il faut distinguer ceux intrinsèques aux sols et ceux d'origine externe, avec plus spécialement ceux liés à l'environnement (climat en particulier). (Tessier et al., 1996)

Le sol sont fortement exposés aux agressions anthropiques et climatiques. Certaines de ces activités sont parfois non raisonnées et provoquent des détériorations pouvant être irréversibles. Les perturbations de ce milieu fragile peuvent alors affecter le fonctionnement des écosystèmes terrestres dans leur totalité. La constatation d'une dégradation permanente des sols a motivé une réflexion internationale sur la définition du concept de qualité des sols et sur les actions scientifiques concourant à la gestion durable de ce système écologique (Gros, 2002). Ce concept a été développé pour caractériser la valeur et le bon fonctionnement des sols. Les notions de fertilité, de productivité, de durabilité des ressources, et de qualité environnementale sont les principales bases des définitions actuelles de la qualité des sols. Le concept de qualité des sols est une notion subjective et très dynamique. Sa définition donne

lieu à de nombreuses interprétations qui répondent toujours aux préoccupations sociales et scientifiques actuelles. En ce sens, les critères de qualité des sols peuvent évoluer selon les sociétés, de même que le niveau de qualité d'un sol défini peut évoluer dans le temps, sous l'influence de pratiques humaines ou de changements environnementaux. Les notions de fertilité, de productivité, de durabilité des ressources, et de qualité environnementale sont les principales bases des définitions actuelles de la qualité des sols (Gros, 2002).

Le terme *y* est défini comme "La capacité d'un sol à fonctionner, dans les conditions naturelles ou sous culture de façon à maintenir la productivité des plantes et des animaux à préserver et à développer la qualité de l'eau et de l'air et à assurer les conditions sanitaires les plus favorables aux hommes et à leurs habitats. (Armand , 2008)

### **I.6.1. Qualité physique**

La qualité physique des sols est étroitement liée à la structure des sols, c'est-à-dire à la façon dont les constituants minéraux et organiques sont assemblés les uns par rapport aux autres. C'est en effet dans ces différents vides que l'eau et les gaz circulent ou sont stockés et que les êtres vivants peuvent se développer (Tessier et al, 1996).

On peut penser à la structure du sol en termes "d'architecture" et de "stabilité". Sa qualité dépend en grande partie de la taille, de la forme et de la disposition des pores (vides) et des particules solides (mottes de sable, de limon et d'argile). Dans le sol, la matière organique et certains ciments minéraux sont les principaux liants dans la formation de mottes ou d'agrégats par les particules de sable, de limon et d'argile (Henin, 1958 ; Tisdall et Oades, 1982). Dans un sol bien structuré, l'air, l'eau et les éléments nutritifs peuvent traverser les vides contenus dans les agrégats et entre ceux-ci. En outre, l'assemblage des particules solides et des pores résiste bien aux diverses agressions (travail cultural, moisson, impact des gouttes de pluie, etc.). C'est en effet dans les différentes catégories de vides ménagés par cet assemblage que l'eau, les solutés et les gaz circulent ou sont stockés et que les êtres vivants peuvent se développer.

Selon Bengough et al, (1997) ont montré qu'une augmentation de contrainte mécanique, que l'on peut observer lorsque l'on passe d'un sol poreux à un sol plus compact, induit une augmentation de la longueur racinaire.

### **I.6.2. Qualité chimique**

Le sol est avant tout le réservoir qui stocke et redistribue les nutriments sous forme d'ions indispensables à la vie des plantes. Un sol fonctionne comme un système chimique ouvert en recevant mais aussi en fournissant ces ions. Les sources d'apport de ces ions sont multiples (atmosphériques, hydriques, pratiques agricoles).

La qualité chimique d'un sol est donc contrôlée par des facteurs externes (la situation géographique, le climat, les connections avec des écosystèmes voisins) mais également par facteurs internes (l'activité microbienne, relation entre les organismes) qui régulent la disponibilité de la ressource chimique (Tessier et al, 1996), Le premier critère de qualité chimique d'un sol est donné par son niveau d'acidité. Il conditionne l'installation et le développement de certaines plantes ou de certaines cultures. L'acidification des sols est un phénomène naturel lié à la nature du substrat (granitique ou calcaire), à l'activité racinaire et aux pluies.

Sous un pH trop acide, la vie du sol est ralentie : les bactéries du sol se développent mal et disparaissent, la matière organique se décompose mal, le taux de matière organique augmente par défaut de minéralisation, l'assimilation des éléments nutritifs par les plantes, autres que celles spécifiquement adaptées, se fait mal. Une forte acidité favorise la toxicité de certains éléments chimiques (Bourgogne, 2012).

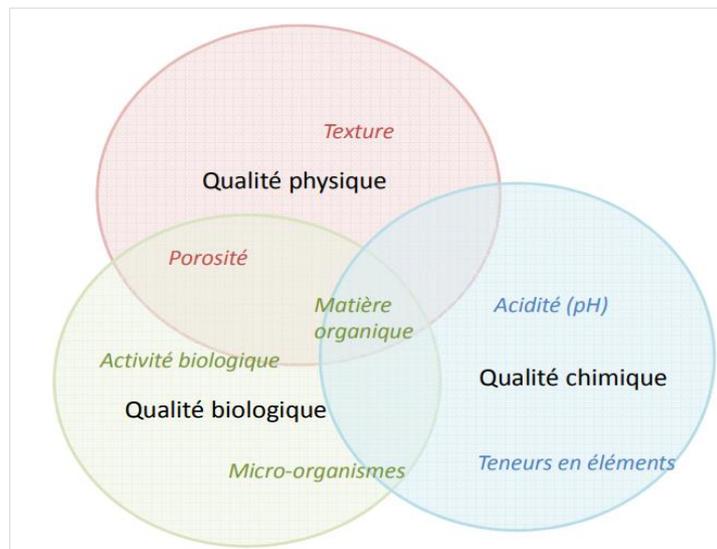
### **I.6.3. Qualité biologique**

Les organismes du sol sont responsables, directement ou indirectement, de nombreuses fonctions clés du fonctionnement du sol. Celles-ci incluent la décomposition des résidus animaux et végétaux, la transformation et le stockage des nutriments, les échanges gazeux et hydriques, la formation et la stabilisation de la structure du sol, la synthèse des composés humiques et la dégradation des molécules xénobiotiques (Dick, 1997 ; Paul, 2000).

La qualité biologique des sols fait référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants qui participe au fonctionnement du sol. La gestion des ressources biologiques des sols doit être considérée comme un élément essentiel de la subsistance de ce système écologique (Andrén et Balandreau, 1998; USDA, 1998). Elle ne pourra être parfaitement maîtrisée que dans la mesure où l'on disposera à la fois d'indices biologiques pertinents et de référentiels d'interprétations garantissant une bonne sécurité de diagnostic.

Les indicateurs biologiques peuvent être définis comme des organismes qui répondent à un stress par leur présence ou leur absence, par les modifications de certaines caractéristiques ou

activités particulières, ou par une bioaccumulation de certains contaminants (Eijsackers, 1982). Les micro-organismes bactériens sont fréquemment utilisés comme indicateurs de la qualité biologique des sols. Ce sont également ceux que nous utiliserons dans ces travaux pour évaluer le fonctionnement biologique des sols dégradés (Gros, 2002).



**Figure 04.** Schéma des critères de qualité des sols (Bourgogne, 2012).

## I.7. Dégradation Des Sols

On parle de dégradation lorsque l'action des phénomènes pédologiques conduit à une altération des propriétés des sols qui, alors, ne peuvent plus remplir leurs fonctions dans la biosphère continentale. La dégradation des sols est un problème mondial grave puisqu'il concerne environ 65 % des surfaces émergées, affectant toutes les régions du monde et compromettant souvent, à la fois, la production agricole et la qualité de l'environnement. Elle est le résultat de processus naturels comme la salinisation due à des nappes d'eau souterraines salées ou de processus d'origine anthropique, comme la pollution chimique, par exemple. On peut commodément distinguer trois types de dégradation, chimique, physique et biologique.

### I.7.1. Dégradation physique

La dégradation physique des sols conduit à des modifications de leur structure produites par plusieurs actions :

- Des actions mécaniques, principalement la compaction qui entraîne un tassement des sols.
- Des actions dues à l'eau comme les phénomènes de gonflement qui peuvent faciliter

la destruction des agrégats et la dispersion des minéraux argileux et des limons fins  
Ou des phénomènes de retrait qui sont parfois bénéfiques en étant à l'origine d'une macroporosité (fissures) mais qui sont aussi gênants quand ils sont à l'origine de la formation de bloc compacts et très denses (prise en masse)

Aux effets d'entraînement au cours du ruissellement à la surface du sol qui provoque l'érosion des sols (érosion hydrique).

- Des actions résultant des déplacements de l'air qui sont également à l'origine d'une érosion des sols (érosion éolienne).

Toutes ces causes de dégradation physique se manifestent à des degrés divers mais c'est l'érosion hydrique qui est prédominante surtout dans les situations où le ruissellement est important et se produit sur des sols dont la structure est fragilisée. Bien que globalement l'érosion éolienne peut être une cause non négligeable de dégradation des sols. En raison de son importance écologique et socio-économique, ce type de dégradation a fait l'objet de nombreuses expérimentations, de descriptions détaillées et de diverses modélisations (Kirby et Morgan, 1980 ; Marshall et al, 1996).

### **I.7.2. Dégradation chimique**

La dégradation chimique des sols a plusieurs origines, les unes naturelles, les autres, directement liées aux activités humaines. Les premières résultent de situations climatiques ou géologiques qui exposent les sols à des processus de dégradation; c'est le cas des pollutions acides dues aux dépôts atmosphériques, de la salinisation et de la formation des horizons a gleys provenant de nappes souterraines.

Il existe deux manières d'envisager les autres origines de la dégradation chimique. La plus perceptible, peut-être, correspond à la présence dans le sol de substances indésirables en raison de leurs actions néfastes sur les propriétés des sols et les organismes vivants. Il s'agit de la pollution par des substances organiques et inorganiques. Ces substances polluantes sont nombreuses, leur nature chimique et leurs origines sont très variées.

### I.7.3. Dégradation biologique

La dégradation biologique se traduit sur le plan qualitatif par une diminution de la biodiversité et sur le plan quantitatif par la diminution de la biomasse vivante dans le sol. Les données chiffrées sont cependant assez peu nombreuses, aussi est-il difficile d'en tirer des conclusions définitives. Elles se rapportent principalement à la microflore et à une partie importante de la macrofaune, les lombriciens.

- **La microflore du sol** - Elle peut être principalement modifiée par les pratiques culturales. Celles qui conduisent à la diminution de la teneur en matière organique des sols ont tendance à réduire l'activité des micro-organismes. Les applications de produits phytosanitaires ont également des effets qui semblent, toutefois, ne pas être très persistants.

- **Les lombriciens** - Ces animaux sont abondants dans les sols de prairies, notamment des régions tempérées. Ils sont représentés par une dizaine d'espèces endogées et épigées dont la biomasse est d'environ de 1000 kg ha<sup>-1</sup> (Bouché, 1977). Ils sont moins abondants dans les sols cultivés qui peuvent posséder des biomasses lombriciennes trois à dix fois plus petites que les sols sous des prairies (Chaussod, 1996).

La principale difficulté rencontrée pour décrire la dégradation biologique et en analyser les conséquences est due à l'absence d'indicateurs uniques. Il en existe plusieurs qui chacun présente des avantages et des inconvénients de sorte qu'ils ne sont pas nécessairement interchangeables. En particulier, ils doivent être sensibles pour déceler les évolutions des populations d'organismes mais suffisamment robustes pour ne pas être trop affectées par les variations saisonnières. Ces indicateurs sont basés, soit sur des mesures de populations, soit sur des mesures de fonctions microbiennes d'intérêt agronomique et environnemental (Girard et al, 2011).

### I.8. Conséquences de la dégradation du sol

La dégradation des sols a de multiples conséquences, d'autant qu'il existe une grande interdépendance entre les trois types de dégradation. Elle affecte toutes les fonctions des sols, ce qui explique, évidemment, l'intérêt de s'en préoccuper. Il est néanmoins possible d'indiquer les principales conséquences résultant directement de chaque type tout en soulignant les phénomènes impliqués dans leur genèse et leur manifestation. (Girard et al, 2011)

C'est probablement la dégradation chimique qui a le plus de conséquences. De plus, avec la dégradation physique, elle est à l'origine de la dégradation biologique.

La dégradation des sols est un phénomène mondial préjudiciable aux services écosystémiques et à la productivité des écosystèmes agricoles. Elle est une menace grave qui pèse

sur la biodiversité et sur la stabilité et la fonction des écosystèmes. Tout un éventail d'espèces végétales et animales est menacé par la disparition de leur habitat. L'appauvrissement de la biomasse dû au défrichage et à l'érosion accrue de la surface de la terre produit des gaz à effet de serre qui contribuent aux changements climatiques et au réchauffement de la planète. Du fait de l'interconnectivité entre les écosystèmes à diverses échelles, la dégradation des sols déclenche des processus destructeurs pouvant avoir des répercussions multiples sur l'ensemble de la biosphère.

On peut résumer les conséquences de la dégradation des terres sur le plan social et économique en ces termes :

- Perte de productivité des sols en culture pluviale ;
- Augmentation des coûts des cultures ;
- Réduction des potentialités pour les zones littorales ;
- Réduction de la biodiversité.

Selon l'OMS, (2017) Certains phénomènes sociaux et environnementaux contribuent à la dégradation des terres arables et des pâturages, essentiels à l'approvisionnement alimentaire et à la qualité de l'eau et de l'air. Les liens entre la dégradation des sols, la désertification et la santé sont complexes.

La dégradation des sols et, à certains endroits, l'avancée du désert entraînent la réduction de la production agroalimentaire, l'assèchement des sources d'eau et le déplacement des populations vers des régions plus habitables. Les conséquences potentielles de la désertification sur la santé sont les suivantes:

- augmentation du risque de malnutrition en raison d'une réduction de l'approvisionnement en nourriture et en eau;
- multiplication des maladies à transmission hydrique et d'origine alimentaire en raison du manque d'hygiène et d'eau propre;
- maladies respiratoires dues aux poussières provoquées par l'érosion éolienne et à d'autres polluants atmosphériques;
- propagation de maladies infectieuses en raison des migrations.

# Chapitre II

## L'Agriculture et qualité biologiques des sols

## II.1. L'agriculture

La nouvelle politique du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) est basée sur le renouveau de l'économie agricole et le renouveau rural. Elle s'oriente vers l'intensification des cultures stratégiques encadrée par un programme d'accompagnement exécuté par les instituts et centres de recherche sous tutelle. Cette politique se fixe comme objectifs, l'augmentation de la production des produits de large consommation, l'accroissement des rendements, la diminution de la dépendance extérieure, le rapprochement des principaux acteurs du développement de l'économie agricole, la diversification des économies en milieu rural, la protection et la valorisation des ressources naturelles (Fig 06) (INRA, 2006).

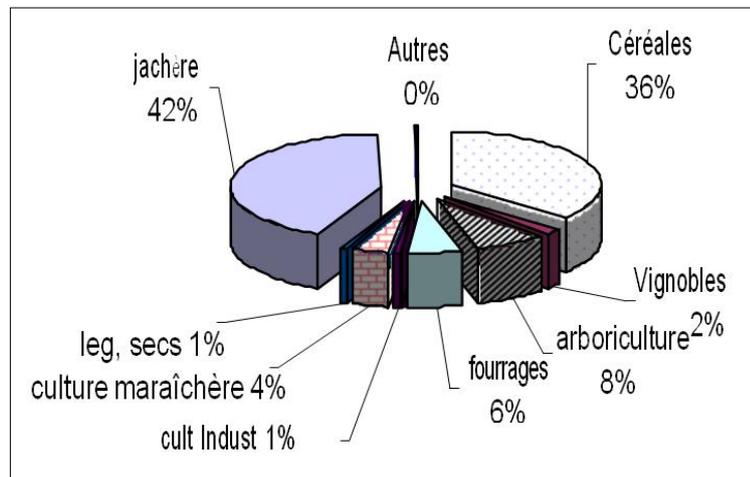
### II.1.1. L'agriculture en Algérie

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Ce secteur occupe une place très importante dans l'économie algérienne car cette dernière appartient au groupe des plus gros importateurs de blé dans le monde (Kellou, 2008).

La production des céréales en Algérie se caractérise par une grande irrégularité due aux conditions climatiques. La production nationale n'a pas suivi les besoins nationaux en céréales. Le déficit est couvert depuis des décennies, par les importations. Malgré l'effort technique apporté, la production céréalière en Algérie stagne et les rendements n'ont guère évolué mais sont relativement stables. La production varie entre 10 et 20 millions de Qx par an. La production de l'année 1985 a été exceptionnelle avec 30 millions de Qx atteints. Cette production suffisait, mais de nos jours elle ne couvre que 30% des besoins. Cette augmentation de la consommation est due à l'accroissement démographique et à l'amélioration du niveau de vie de la population et à la diversité de produits à base de céréales qui s'est relativement développée ces dernières années (pâtes, gâteaux...).

Deux contraintes majeures semblent être à l'origine de la variation des rendements. Ce sont les variations interannuelles des précipitations, ainsi que leur répartition dans le temps, c'est-à-dire le régime des précipitations. Trop souvent, les printemps accusent un déficit pluviométrique. Durant cette période, les céréales sont soumises à un stress hydrique qui altère la production. Des apports d'eau durant cette période permettent à la culture d'exprimer, au mieux, sa croissance et son développement, pour l'obtention d'une bonne production (Yahiaoui, 2015). En Algérie, le blé est cultivé en conditions pluviales dans les plaines intérieures, particulièrement dans les hauts plateaux, appartenant au niveau

bioclimatique semi-aride. Ces zones sont souvent soumises aux effets des aléas climatiques, Il y a augmentation de la température additionnée à la baisse des précipitations qui se répercutent sur le développement des céréales et par conséquent sur leur productivité (fig 01) (Bouzerzour *et al*, 2000 ; Chaise *et al*, 2005).

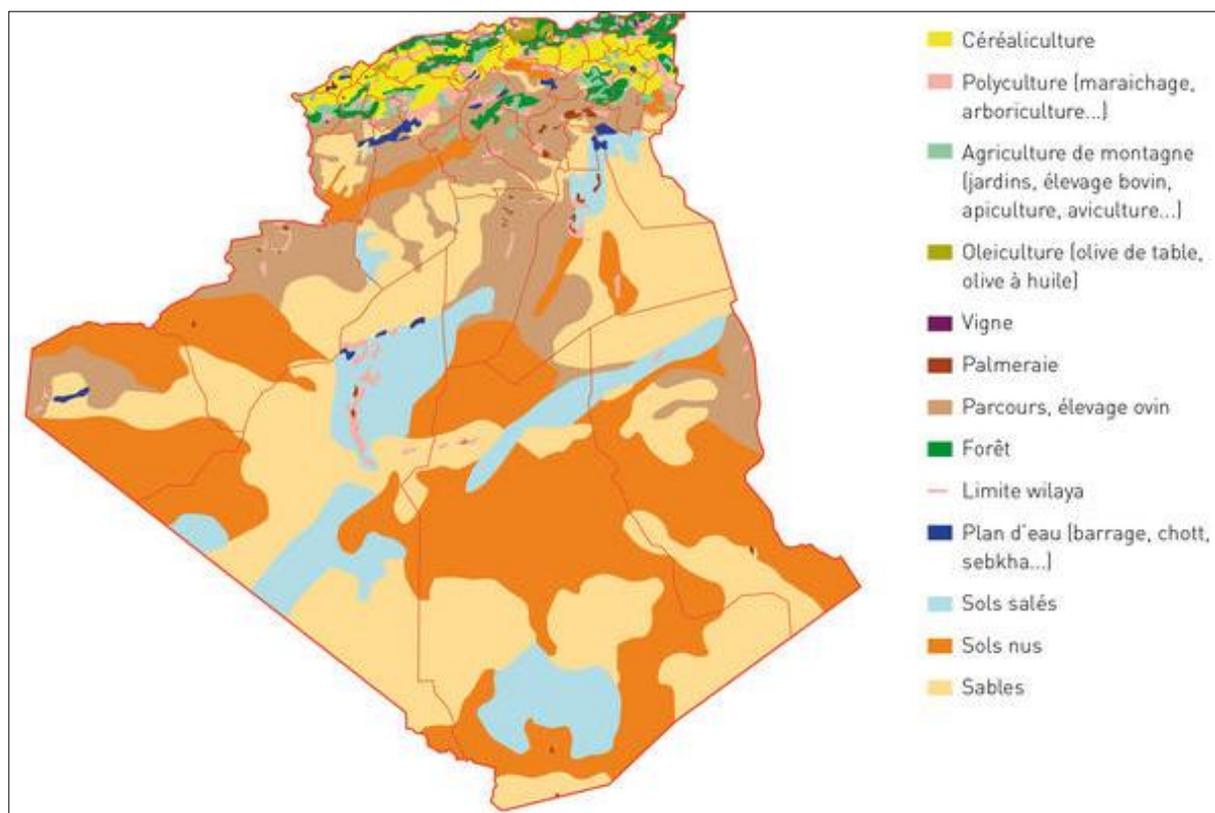


**Figure 05 :** Répartition de la superficie agricole utile en Algérie (INRA, 2012).

En Algérie, la culture des légumineuses alimentaires a un intérêt national car leurs grains constituent une source protéique de qualité et à bas prix pour une large couche de la population. L'état souhaite développer cette production afin de mieux satisfaire les besoins de la population, de réduire les importations et de limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger. En Algérie les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont la lentille (*Lens culinaris* L.) Le pois chiche (*Cicer arietinum* L), le petit pois (*Pisum sativum* L), la fève (*Vicia faba* L.) et le haricot (*Phasiolus* L.). Les légumineuses alimentaires ont reçu beaucoup d'attention de la part des services agricoles pour augmenter les superficies et améliorer les niveaux de rendements (Fig 06) (Yahiaoui, 2015).

Cependant les résultats obtenus n'ont pas été à la hauteur des efforts consentis. Il reste cependant vrai que lorsque le milieu s'y prête les résultats seront plus que satisfaisants. Dans les environnements où les résultats sont restés mitigés, la plante introduite le plus souvent sur de très larges étendues n'a pu s'adapter et les techniques de conduites n'ont pas toujours été suivies : date de semis, rhizobium, mode de récolte.

Les rendements moyens oscillent entre 1,6 et 5,9 q/ha. La production a été de  $8 \times 10^3$  quintaux pour la lentille,  $250 \times 10^3$  quintaux pour le pois chiche,  $200 \times 10^3$  quintaux pour la fève et  $6 \times 10^3$  quintaux pour le haricot (Abdelguerfi, 2003).



**Figure 06:** Répartition des pratiques agricoles en Algérie (INRA, 2012).

### II.1.2. Caractéristiques édaphiques de l'Oranie

Le caractère général des sols nord-africains est d'être peu décomposé, peu différenciés de la roche mère dont ils proviennent d'où leur variabilité. Les sols rouges sont les plus caractéristiques parmi les sols méditerranéens, leur fertilisation est en relation avec leur décarbonatation, ce qui correspond à un ensemble de processus d'altération et de migration de composé en fer dans le sol (Botter, 1992).

Dans la région oranaise, il existe des sols de couleur blanche, grise, beige et brune riche en fer mais aussi en calcaire avec un taux de 25 à 55%. Ces sols de teinte claire et pauvre en humus, sont relativement riches en sels minéraux solubles, que ne peuvent dissoudre les rares précipitations. Une grande partie de la région est également couverte par des sols salés dans les bas-fonds et dépressions. En montagne apparaissent les sols sur grès, schistes, calcaire et argile (Bahi, 2012).

Les sols des régions ouest et particulièrement des steppes se dégradent sous l'effet des actions éoliennes, de l'érosion hydrique et de la salinisation. L'observation de la surface des sols

réalisée sur une dizaine de sites par commune, a permis d'évaluer l'importance de ces phénomènes. Une couche de sables et de limons, dont l'épaisseur atteint parfois 15 cm, recouvre une grande partie des sols, ils témoignent de l'intensité de l'érosion éolienne qui affecte la steppe-ouest algérienne (Kazi-tani., 2011).

L'accroissement des pratiques culturales anthropiques représente à l'heure actuelle un facteur majeur de dégradation du sol. La dégradation des sols est définie comme étant une réduction de la qualité des sols causée par l'utilisation humaine. Cette dégradation comprend la dégradation chimique, physique, biologique comme la réduction de la fertilité, le déclin de la stabilité des agrégats, la salinité, la toxicité des produits chimiques et des polluants (Abdelguerfi A, 2003).

### **II.1.3. L'agriculture en Oranie**

Dans la région nord-ouest du pays, le potentiel en terres, constituant le support nécessaire à la production agricole végétale et animale, s'étend sur 1 600 000 ha des surfaces agricoles utiles (S.A.U). Le nord-ouest étant une des principales régions agricoles du pays, sa S.A.U représente 20% de la S.A.U nationale (Dirasset, 2005 *in* Kazi tani, 2011). Cette région se caractérise par une économie agricole, de plaines, qui font de cette région une bonne source alimentaire pour la population. En effet, la région participe dans la production nationale dans divers produits, avec 16% de la production céréalière, 22% dans le maraîchage, 25% dans les agrumes, 26% dans la pomme de terre, 65% dans les légumes secs, 90% dans la production viticole au niveau régionale (Dirasset, 2005 *in* Kazi tani, 2011).

Toutefois, les rendements actuels sont peu différents de ceux qu'indique la longue série statistique publiée par les organismes spécialisés comme l'ITGC.

Les différentes régions agricoles de l'Oranie se situent dans des ensembles physiques naturels différenciés selon l'importance de leur potentiel et la localisation dans le territoire de la région:

- Au nord de la région côtière, se localisent d'ouest en est les plaines littorales et sub littorales. Ce sont les plaines d'El Malah, d'Ain El Turc, d'Oran Est, du Habra, du Sig, d'Achacha et de Sidi Lakhdar.

- Au centre de la région se trouvent les bassins intérieurs de l'Atlas tellien formés des plaines de Lalla Maghnia, de Hennaya, de Sidi Bel Abbès, de Mascara et de Relizane.

Ces plaines intérieures constituent l'ensemble le plus important par son potentiel, son étendue et la dynamique économique qu'il engendre dans la région. En effet ces plaines forment la richesse agricole de la région, grâce à leur potentiel hydrogéologique et agro-pédologique.

Cependant, l'évolution de l'activité agricole montre que le potentiel est situé dans une région aux conditions climatiques de semi aridité.

De plus ces espaces productifs stratégiques sont soumis aux effets négatifs des différents phénomènes de pollution industriels, d'érosion et de salinité.

- Le Sud de la région est constitué des franges steppiques des départements de Sidi Bel Abbès et de Tlemcen avec les plaines de Télagh et Sebdu respectivement.

Cette zone est caractérisée par la rareté des sols et la faiblesse des précipitations ce qui limite toute possibilité de développement de l'activité agricole locale. Celle-ci se maintient dans quelques zones, situées autour de Télagh et de Sebdu.

Pour les Légumes secs actuellement, ce sont les régions de Tlemcen et d'Ain Temouchent qui les produisent essentiellement. La production des légumes secs représente 40 % de la production nationale sur 2% de la S.A.U de la région. Près de 50 % de la sole légumes secs du pays est emblavée dans la région, réparties en grande partie entre Tlemcen et Ain-Temouchent.

Ce sont des cultures viables moyennant la maîtrise des opérations culturales car elles s'adaptent aux conditions agro-pédologiques de la région et permettent l'amélioration du système de culture. Ces types de cultures font partie de la jachère cultivée et sont largement mécanisés (cover-crop, semoir). Le désherbage manuel ou mécanique impose de grands écartements entre les rangs. Le pois chiche ou la lentille sont en général placés en tête d'assolement avant le blé (Kazi tani, 2011).

#### **II.1.4. Les principales cultures exploitées**

##### **II.1.4.1. La Céréaliculture**

Une céréale est une plante cultivée principalement pour ses grains, c'est-à-dire ces fruits (caryopses), utilisés dans l'alimentation de l'homme et des animaux domestiques, souvent moulus sous forme de farine raffinée ou plus ou moins complète, mais aussi en grains entiers. Ces plantes sont aussi parfois consommées sous forme de fourrage. Le terme « céréale » désigne aussi spécifiquement les grains de ces plantes. En botanique, les céréales regroupent des plantes de la famille des *Poacées* (ou *Graminées*).

Les six céréales les plus cultivées dans le monde sont dans l'ordre décroissant le maïs, le blé, le riz, l'orge, l'avoine et le sorgho (FAO, 2008).

##### **II.1.4.2. Les légumineuses alimentaires**

Les légumineuses appartenant à la famille des Fabacées sont des plantes dicotylédones dont le fruit est une gousse, exploitée comme légume (pois, haricot) ou fourrage (Trèfle, luzerne). Avec environ 18 000 espèces, les légumineuses forment l'un des plus importants

groupes de plantes à fleurs. Elles représentent l'ordre des fabales (ex : de *faba*, la fève), qui regroupe trois familles cosmopolites, les fabacées (haricot, pois, lentille, arachide, soja, réglisse, luzerne, trèfle, lupin, glycine, palissandre...), les césalpiniacées (flamboyant, arbre de Judée, caroubier, févier...) et les mimosacées (acacia, mimosa, albizzia...).

Les légumineuses ont la particularité remarquable de vivre en association (*symbiose*) avec des bactéries qui, installées dans leurs racines, sont capables de transformer l'azote atmosphérique en substances azotées directement utilisables par les plantes. Cette association profitable, qui permet aux légumineuses de se développer sur des sols pauvres en azote minéral, est toutefois peu répandue chez les césalpiniacées. Les légumineuses vivent dans des milieux aussi variés que les prairies, montagnes. Les légumineuses peuvent-être cultivées dans toutes les régions d'Algérie, surtout pour leur tolérance à la salinité (Yahaoui, 2015).

#### **II.1.4.3. L'arboriculture fruitière**

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale de l'Algérie. Ce vaste pays, de par sa position géographique privilégiée et ses diverses conditions pédoclimatiques, a en effet le privilège de mettre en culture plusieurs espèces fruitières (Benettayeb, 1993).

Le secteur de l'arboriculture fruitière et de la viticulture occupe une place prépondérante dans le programme national de développement agricole, en particulier, si on tient en compte la nouvelle démarche d'adaptation des systèmes de production aux vocations pédo-climatique des zones, visant une meilleure efficacité technico-économique (Kerboua, 2002).

L'arboriculture fruitière est très diversifiée en Algérie, elle est constituée d'espèces rustiques et caractéristiques de la région comme l'olivier et le figuier et d'espèces plus exigeantes et délicates cultivées essentiellement dans les plaines fertiles. Ces espèces sont les plus importantes sur le plan économique et social (Chaouia et al., 2003).

## **II.2. Le sol et l'agriculture**

L'agriculture a fonctionné sur les ressources des milieux naturels pendant plusieurs milliers d'années, l'homme étant totalement intégré à l'écosystème terrestre (Doran et al, 1996). Il y à un peu plus d'une centaine d'années, elle a commencé à utiliser des ressources externes, engrais, pesticides et carburants fossiles et en est aujourd'hui lourdement dépendante. Le contexte socio-économique a beaucoup changé dans la deuxième moitié du 20<sup>ème</sup> siècle en raison, notamment, de l'augmentation de la population de la terre, des prélèvements des ressources naturelles de plus en plus importants, de la dégradation progressive de l'environnement et des instabilités sociales. Cela fait que l'on attend de

L'agriculture, non seulement qu'elle fournisse des produits les moins couteux possible, en quantité suffisante et de bonne qualité, mais aussi qu'elle soit conduite en préservant les propriétés des sols, en limitant, voire en supprimant totalement les possibles effets néfastes sur l'environnement et, enfin, en préservant les paysages. Cette attente ne peut cependant pas être séparée de la question relative à la couverture des besoins alimentaires de l'humanité qui est d'autant plus préoccupante que la population mondiale va encore s'accroître notablement dans les prochaines années. A ce sujet, divers spécialistes ont formulé des diagnostics variés, les uns concluant que les ressources de la terre pourront couvrir les besoins (Klatzman, 1991).

Les besoins supplémentaires dus à la croissance de la population de la terre ne peuvent pas être couverts uniquement par la mise en culture de nouvelles terres. D'abord par ce que ces nouvelles terres sont en quantités limitées, ensuite par ce qu'elles sont souvent d'une fertilité réduite. L'accroissement des rendements, important depuis la fin de la deuxième guerre mondiale et lié aux acquis de la génétique et à la fertilisation, a tendance à diminuer depuis les années 1970. Plusieurs causes semblent responsables de cette évolution. Ainsi, la moindre qualité des terres mises en culture, souvent à la place d'excellente terres prises pour des usages non agricoles, contribue-t-elle à cette diminution. Dans les régions tropicales et subtropicales, la régression de la jachère a entraîné une diminution de la fertilité des sols. Les pertes de sol par érosion sont aussi préoccupantes dans de nombreuses régions. Les pertes de terres irriguées dues à l'envoyage, à la salinisation et aux conflits d'usages de l'eau sont elles aussi importantes. Des données rassemblées par l'Organisation des Nations Unies indiquent qu'un dixième des surfaces mondiales irriguées sont envoyées soit environ 21 millions d'hectares. Leur productivité a diminué de 20 % et presque autant de terres ont été rendues moins productives par salinisation (Brown, 1981).

L'utilisation des sols est plus ou moins facile dans les différentes régions du monde et les difficultés qu'elle rencontre compromettent souvent la production agricole quand elle ne l'interdit pas totalement. Ces difficultés ont plusieurs origines : des contraintes naturelles, pédologiques et physiographiques et des contraintes liées à la dégradation des sols résultant de mauvaises utilisations. Ces dernières relevant aussi des problématiques environnementales (Calvet, 2003).

### **II.2.1. La fertilité d'un sol agricole**

Selon Morel (1989a), « la fertilité d'un sol répond de la facilité avec laquelle la racine peut, en quantités suffisantes, bénéficier dans ce sol des différents facteurs de la croissance végétale : chaleur, eau, ensemble des éléments chimiques nécessaires à la plante,

substances organiques de croissance ». Cette définition implique d'une part l'existence ou la production dans le sol d'éléments nutritifs, d'autre part le transfert à la plante de ces éléments (Morel, 1989b).

La production d'éléments nutritifs et de facteurs de croissance par les actions microbiennes recouvre les processus de minéralisation et de transformation de la matière organique. Elle a des implications principalement au niveau de la fourniture d'azote minéral, mais également de soufre et de phosphore assimilable par les plantes, respectivement sous forme d'ions sulfate et orthophosphate. On rattache également la fixation d'azote à ce volet « production ». La fixation symbiotique de l'azote peut atteindre plusieurs dizaines de kg N/ha, mais est inféodée à un type de culture particulier (légumineuses) ; la fertilité est dans ce cas principalement liée à l'abondance et à l'efficacité des souches de *Rhizobium* présents dans le sol (Amarger, 1980). Quant à la fixation libre, elle reste extrêmement modeste (quelques kg N/ha), sauf exceptions liées à un système de culture particulier (rizières).

L'implication des micro-organismes dans le transfert des éléments vers la plante concerne essentiellement les champignons mycorhiziens. Ces derniers forment des associations appelées selon le cas ectomycorhizes ou endomycorhizes avec la plupart des plantes ligneuses ou herbacées (Plenchette, 1991). Ces champignons interviennent dans le transfert des éléments peu mobiles tels que le phosphore ou les oligo-éléments ; leur rôle est particulièrement important dans les sols pauvres ou affectés par la sécheresse (Nouaïm et Chaussod, 1996).

### **II.2.2. Les facteurs intervenant sur la qualité biologique des sols**

Cette question touche en fait à de nombreux domaines de l'agronomie, de la science du sol et de l'écologie microbienne. Il est impossible de détailler ici un sujet aussi vaste ; nous nous bornerons à en évoquer quelques aspects, à l'aide d'exemples se rapportant principalement aux indicateurs évoqués ci-dessus, et en particulier à la biomasse microbienne pour laquelle les données sont les plus nombreuses et les plus claires.

Schématiquement, on peut admettre que les grandes composantes de la qualité biologique des sols sont à la fois sous la dépendance de facteurs pédoclimatiques et de facteurs agronomiques. Il existe bien entendu des interactions entre ces facteurs ; par exemple, l'homme peut intervenir indirectement, en modifiant les caractéristiques physico-chimiques du sol (drainage, chaulage), ou plus directement à travers des pratiques

culturelles. Enfin, des actions spécifiques visant à manipuler certaines composantes de la qualité biologique des sols peuvent être envisagées (Chaussod, 1996).

### **II.2.2.1. Effet du type de sol et du climat**

Les activités biologiques et plus encore les populations microbiennes sont très dépendantes des caractéristiques physico-chimiques des sols. Les principaux paramètres sont la texture, la structure, le pH et la teneur en matière organique. La fraction fine (quantité et nature minéralogique des argiles) joue un rôle direct de protection des micro-organismes (Robert et Chenu, 1992) et indirect via le complexe argilo-humique (Chassin, 1993). De fait, on observe que la teneur en argile des sols influence à la fois la taille de la biomasse microbienne et son taux de renouvellement (Chaussod et al., 1986).

Le climat intervient essentiellement à travers la température moyenne annuelle. L'activité microbienne augmente de façon exponentielle avec la température ; Il en résulte une augmentation du taux de renouvellement de la biomasse, au détriment de la taille de ce compartiment. Pour des entrées de carbone (donc d'énergie) comparables, on observe donc une relation inverse entre biomasse microbienne et température, entraînant une diminution du rapport C biomasse/C total (Insam et al., 1989).

### **II.2.2.2. Importance du système de culture**

La biomasse microbienne et les paramètres associés sont de bons indicateurs du statut organique des sols. En effet, pour un type de sol et un climat donnés, la taille de la biomasse microbienne est fonction des entrées de carbone. Ces entrées étant plus importantes sous prairie que pour des cultures annuelles, les valeurs observées pour la biomasse sont naturellement plus élevées. Ainsi, Loiseau et al. (1994) ont observé qu'après 20 ans de gestion différenciée d'un même type de sol, la biomasse microbienne était en moyenne deux fois plus élevée dans les parcelles en prairie permanente ou temporaire que dans les parcelles portant des cultures annuelles.

Le rapport C biomasse/C total est encore plus intéressant que l'expression de la biomasse en valeur absolue pour comparer les systèmes de culture. Sur un large échantillonnage de parcelles agricoles, Anderson et Domsch (1989) ont enregistré pour ce rapport des valeurs moyennes de 2,32% pour les monocultures, 2,37% pour les rotations céréalières exclusives et 3,02% pour les rotations faisant intervenir des cultures variées. L'intérêt du rapport C biomasse/C total comme indicateur précoce et sensible mérite d'être souligné : le compartiment biomasse microbienne ayant un taux de renouvellement mille fois plus rapide

que le carbone total, les effets de différentes rotations (à travers les entrées de carbone) s'exercent beaucoup plus vite au niveau de la biomasse microbienne qu'au niveau du carbone total du sol, d'où une modification nette de ce rapport. De telles observations ont été rapportées par Sparling (1992) pour des sols laissés en prairie ou portant des cultures annuelles. Bien entendu, le travail du sol joue également un rôle, en stimulant les processus de minéralisation (aération, déprotection de la matière organique). Réciproquement, la réduction du travail du sol s'accompagne généralement d'un enrichissement de la couche superficielle (Friedel et al., 1996).

### **II.2.2.3. Effet des pratiques culturales**

Le terme très général de pratiques culturales regroupe ici aussi bien la gestion organique que le travail du sol, la fertilisation, les traitements phytosanitaires, etc. La matière organique constitue une source d'énergie pour les microbes et la chaîne trophique. Par conséquent, des apports directs (restitution des résidus de récolte, apports exogènes) ou une augmentation indirecte sous l'effet de la fertilisation (accroissement de la production végétale) auront des répercussions sur la biomasse microbienne et ses activités dans le sol. Rapportant les résultats d'un essai de 27 ans de traitements différenciés, Schnürer et al. (1985) constatent en effet que la taille de la biomasse varie du simple au double selon les traitements. En particulier, par rapport aux parcelles non fertilisées, l'apport de 80 kg d'azote par hectare augmente de 30% le niveau de la biomasse microbienne. La restitution ou non des résidus de récolte a également un effet très net. Les aspects cinétiques en ont été précisés par Powlson et al. (1987) dans deux sols légers: après 18 années de traitements différenciés, les parcelles dans lesquelles les pailles avaient été restituées montraient des niveaux de biomasse microbienne supérieurs de 37 et 45% aux valeurs observées dans les parcelles avec pailles exportées. Dès les premières années, les différences entre traitements étaient significatives, alors qu'après 18 années la teneur en carbone total des deux sols n'avait augmenté que de 5% en moyenne. Parallèlement à l'augmentation de la biomasse, ces auteurs ont observé un accroissement de l'azote potentiellement minéralisable de 40 et 50% pour les traitements avec restitution de paille.

La gestion de la matière organique agit sur la « fertilité » du sol, notamment au niveau de la fourniture d'azote. Cette observation est à l'origine du concept d'agriculture organique, par opposition à l'agriculture conventionnelle faisant préférentiellement usage d'engrais minéraux. Les travaux de Wander et al. (1995), comparant deux modes de gestion organique à un itinéraire technique conventionnel, ont montré des différences quantitatives

en termes de biomasse microbienne et d'activité respiratoire ; toute fois, ils n'ont pu mettre en évidence de différences qualitatives entre populations microbiennes, d'après l'analyse des profils d'acides gras phospholipidiques (PLFA).

#### II.2.2.4. Possibilités d'intervention humaine directe sur la fertilité des sols

Les possibilités d'action via la gestion de la matière organique restent limitées au stockage et à la fourniture d'éléments nutritifs. De plus, l'apport de matière organique peut favoriser l'apparition de certaines maladies ou de ravageurs. Une autre possibilité d'action humaine consiste à intervenir directement au niveau des populations d'organismes vivants dans le sol (Chaussod, 1996).

L'inoculation microbienne représente un mode d'action encore peu fréquent mais déjà économiquement important et qui devrait se développer à l'avenir. Dans le cas de la culture de légumineuses, il peut être utile d'inoculer les sols avec des souches sélectionnées de *Rhizobium*, lorsque les populations naturelles sont absentes ou trop faibles, afin d'assurer une efficacité optimale de la symbiose (Amarger, 1991). C'est obligatoirement le cas pour la culture de plantes exotiques comme le soja, dont le partenaire microbien, *Bradyrhizobium japonicum*, n'existe pas naturellement dans nos sols (Catroux et al., 1996). Une fois introduit dans le sol, cette bactérie peut y rester de longues années, même en l'absence de plante hôte, à condition que les caractéristiques physico-chimiques du sol lui conviennent (Revellin et al., 1996).

Des bactéries du genre *Azospirillum*, non symbiotiques mais capables de fixer l'azote dans la rhizosphère de plantes comme le maïs, seraient potentiellement utilisables. Okon et al. (1994) rapportent des effets positifs de l'inoculation dans 60 à 70% des essais, avec une augmentation de 5 à 30% des rendements. Mais ces bactéries agissent probablement davantage à travers des effets hormonaux sur les racines de la plante que directement sur la fixation d'azote.

Une utilisation optimale de la symbiose mycorhizienne peut faire appel à l'inoculation avec des souches adaptées. Des champignons ectomycorhiziens sont déjà couramment utilisés en sylviculture (Garbaye, 1991) ; quant aux champignons endomycorhiziens, ils sont encore peu utilisés en raison de difficultés techniques et de coût de production, mais l'inoculation de plants à haute valeur ajoutée se pratique déjà dans plusieurs pays (Jarstfer et Sylvania, 1992).

Dans ce domaine, il est important en premier lieu de bien connaître la biologie et l'écologie de l'organisme indésirable. Cette étape est le préalable indispensable au choix des moyens

de lutte les mieux adaptés (Camporota, 1989). En second lieu, on retiendra que les méthodes de lutte les plus efficaces s'appuient fréquemment sur la mise en œuvre conjointe de plusieurs facteurs, à commencer par des rotations et des pratiques culturales adaptées (Perrin, 1996).

# Chapitre III

## Matériels et méthodes

### III. Matériels et Méthodes

#### III.1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie de la commune de Youb qui est une daïra de la wilaya de Saida elle fut créer en 1925. Elle s'appelait Bertholot (Marcelin, chimiste et homme politique français 1827-1907) pendant l'époque coloniale. Après l'indépendance, elle a prit le nom de Ain Beida, puis Daoud et enfin le nom du Chahid Youb. La daïra de Youb se trouve au Nord-Ouest du chef lieu de la wilaya « SAIDA », soit à 40 km, avec une superficie totale de 660 km<sup>2</sup>, avec une population de 24091 habitants à la fin de l'année 2012 (la direction de la programmation et de suivie de budget de la wilaya de Saida) Elle est limitée :

- Au Nord par la commune de Hounet et Sidi Boubker.
- Au Sud par la commune d'Ain El-Hadjar.
- A l'Est par la commune de Saida.
- A l'Ouest par la commune d'Oued Sefioune-Sidi Bel Abbas.

##### III.1.1. Caractérisation de la zone d'étude

###### III.1.1.1. Géologie du site

Le périmètre d'étude est caractérisé sur le plan litho-pédologique par la formation des Grés de Berthelot-Daoud sous forme de versants ou collines d'amplitude plus modeste de pente moins forte que sur les argiles de SAIDA. Le ravinement est rare, l'érosion en nappe par contre est plus fréquente. Les sols sont essentiellement des sols bruns, calcaires plus léger surtout en surface. L'épaisseur est variable limitée par la présence d'une croûte calcaire sous-jacente généralement dure. Ce sont des sols calci-magnésiens avec des textures variables et souvent sableuses (SATEC, 1976).

###### III.1.1.2. Hydrogéologie du site

La zone d'étude est traversée par deux oueds ; il s'agit de Oued Sefioune qui passe par l'Ouest de celle-ci et dont le débit est de 70 l/s et de Oued Berbour qui contourne la région Est du périmètre de l'étude et dont le débit de 90 l/s (BNEDER, 1979). Une autre source est utilisée par les riverains de la zone pour l'alimentation en eau en l'occurrence Ain M'Khalif et ain El Baida. D'une manière générale le périmètre d'étude est mal alimenté en eau que se soit pour l'AEP ou l'irrigation des terres agricoles.

Dans les communes de Youb et Doui Thabet (les deux appartenant à la Daïra de Youb), 250 puits ont été répertoriée (DSA, 2009), 168 uniquement sont fonctionnel. Ces puits servent à irriguer des superficies agricoles, ces derniers sont évalués à 256 ha selon la DSA.

Dans ces communes (Youb et D. Thabet) et selon la DSA des superficies agricoles sont irriguées par des prises d'eau à partir d'Oueds. Au total 50 prises sont effectuées ; dans 20 prises sont sur Oued Sefioune et 30 prises sont faites sur Oued Berbour. Les superficies irriguées sont évaluées à 70 ha et dont les principales spéculations sont des cultures Maraichères (DSA, 2009).

### III.2. Etude climatique

Pour les besoins de notre étude, nous nous sommes référés aux données météorologiques de la station météorologique de Rebahia (commune : Ouled Khaled, wilaya de Saida) qui est à 3 km de la zone d'étude.

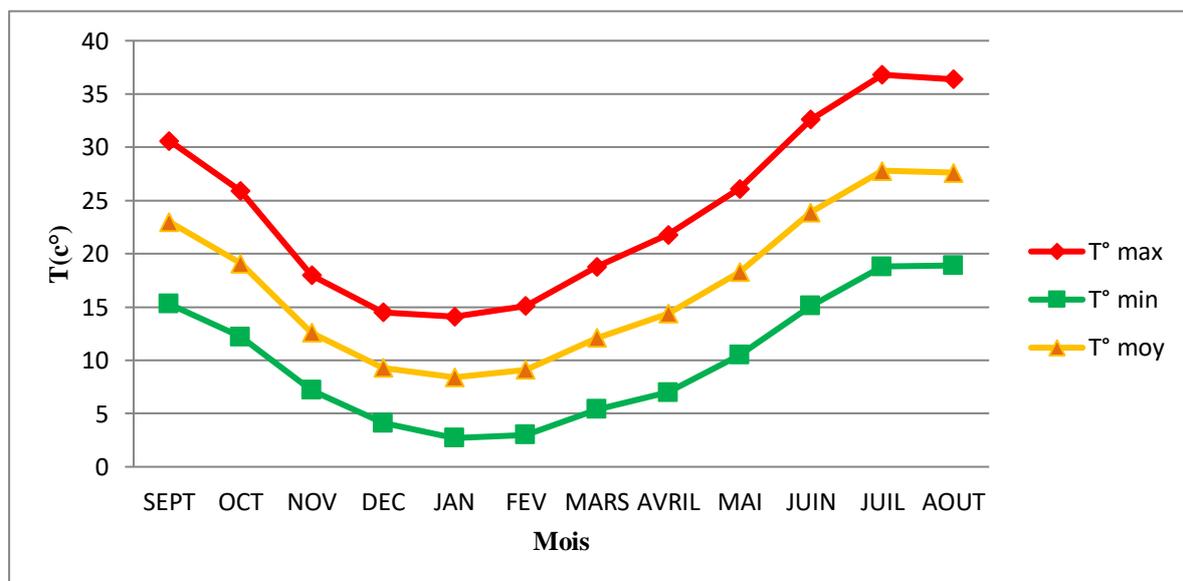
**Tableau 01** : Caractéristiques de la station météorologique de la zone de Saida.

Station	Latitude	longitude	Altitude
Rebahia	34°52' N	00°10' E	750 m

#### III.2.1. Les températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation. Elle représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espaces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Les données climatiques de la température moyenne, maximale et minimale (°C) recueillis de la Station météorologique de Rebahia, sont représentées dans la figure 07.

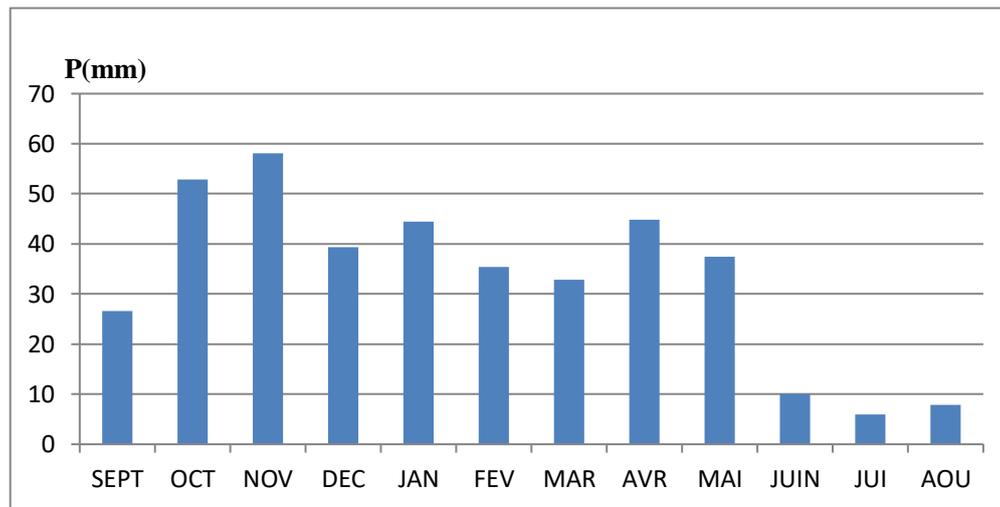


**Figure 07:** Répartition des températures moyennes, maximales et minimale 2000 à 2018 (Station Rebahia, Saida).

### III.2.2. Les précipitations

Les précipitations représentent la source principale d'eau nécessaire pour une production de la biomasse, caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon le jour, les mois et aussi selon les années (Guyot, 1997).

L'unité de mesure utilisée est le millimètre de hauteur de pluie, qui correspond à un volume d'eau de 1 litre par mètre carré. Les précipitations mensuelles et annuelles sont présentées dans la figure 08.

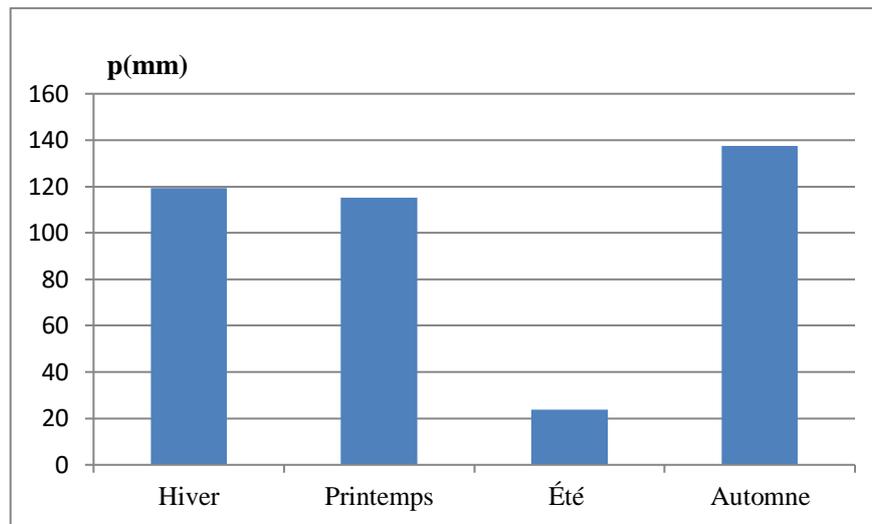


**Figure 08 :** Moyenne mensuelle des précipitations (2000-2018) (Station Rebahia, Saida).

D'après la figure 08 on constate que les mois les plus pluvieux sont les mois d'octobre et novembre avec une moyenne de (53-58mm), tandis les mois de juin, juillet, août sont les plus secs avec des valeurs de (6 à 10 mm).

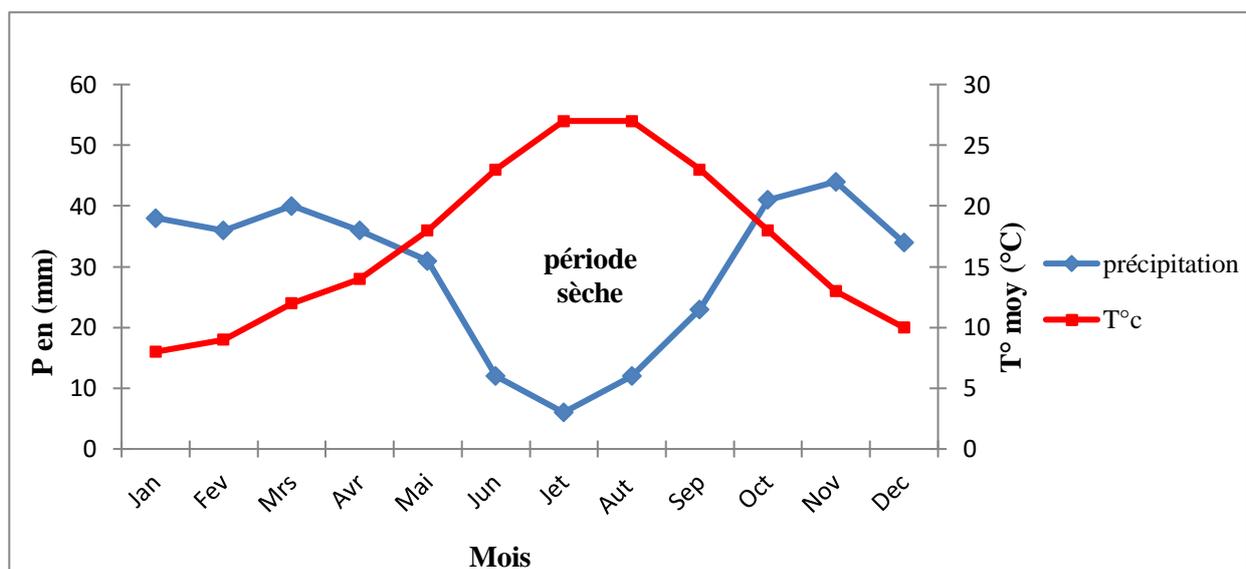
### III.2.3. Répartitions saisonnières des précipitations

L'année pluviométrique peut être divisée en quatre saisons : automne (A) (septembre-octobre-novembre), hiver (H) (décembre-janvier février), printemps (mars- avril- mai), été (E) (juin-juillet- août). A partir de la figure 09, la région d'étude est caractérisée par un régime saisonnier de type : AHPE



**Figure 09** : Histogramme du régime saisonnier. (2000-2018) (Station Rebahia, Saïda).

#### III.2.4. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.



**Figure 10** : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

À partir du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (Fig 10) On remarque que la saison sèche s'étale entre le mois de Mai jusqu'à début de mois d'Octobre en comptabilisant 6 mois sur les 12 mois de l'année concernée. L'amplitude de la période sèche est importante, ceci se traduit par un écart important entre les températures et les précipitations enregistrées.

### III.3. Situation et choix des stations d'études

La zone d'étude est un terrain agricole privé répartie sur une superficie de dix hectare situé à 45 km à l'Ouest de Saida en amont du la commune de Youb. Le terrain agricole contient un vergée d'amandier d'un hectare et l'autre partie généralement est cultivée par les céréalicultures (blé et avoine) et les légumineuses alimentaires (Fève et Pois cultivé) (Fig 11).



**Figure 11** : Les stations d'études (Mars 2019)

#### III.3.1. Méthode d'échantillonnage

Trois stations d'échantillonnages on était sélectionnées dans la même zone avec différents type de culture (Céréaliculture, Légumineuse, Verger d'amandier)

Sur chaque station d'une superficie de 400 m<sup>2</sup>, cinq échantillons de sol ont été prélevés aléatoirement au cours de Mars 2019, à une profondeur comprise entre 0 et 20 cm correspondant à l'horizon de surface organo-minéral (Zouidi et al., 2018)

Les échantillons composites seront tamisés à 2 mm afin d'effectuer certaines analyses physico-chimiques, et une partie à été conservés 15 jours à 4 °C dans l'attente des analyses microbiologiques.

#### III.3.2. Géo localisation des stations

Les stations ont étaient localisées sur le terrain par le GPS 72 Garmin, au cours de Mars 2018.

**Tableau 02** : Données géographique des stations d'études.

Station	Altitude (m)	Longitude X	Latitude Y
Céréalicultures	670	34°57'46.86"N	0°12'6.71"O
Légumineuses	671	34°57'41.35"N	0°12'20.09"O
Verger d'amandier	679	34°57'35.95"N	0°12'7.01"O

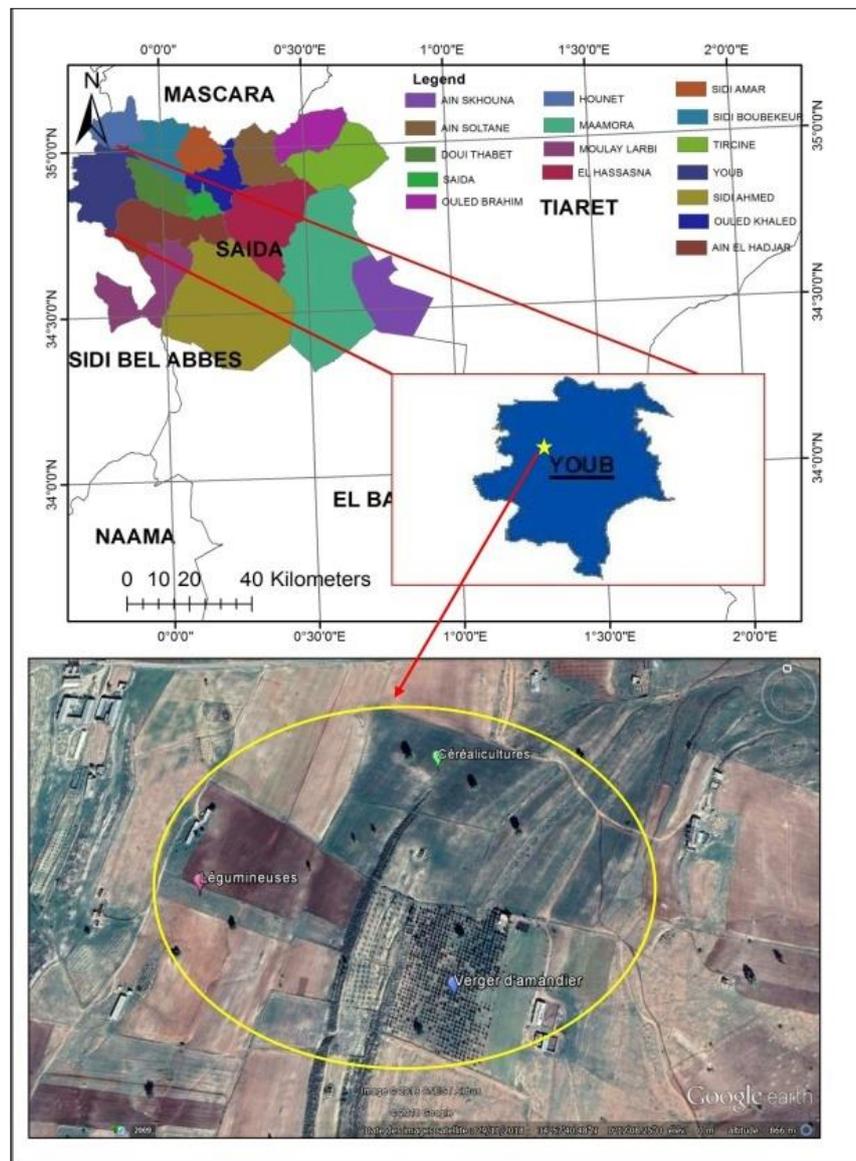


Figure 12 : Présentation de la zone d'étude (Zouidi et al., 2019)

### III.4. Analyses des sols

#### III.4.1. Analyses physico-chimiques

##### III.4.1.1. Texture

La connaissance de la texture permet d'indiquer les tendances du sol quant à ses qualités physiques, C'est ainsi que la texture à une influence primordiale sur le régime hydrique des sols. On estime cette texture à l'aide d'un essai rapide (test de boudin) à effectuer sur le terrain pour déterminer la texture du sol. Prenez une poignée de sol humide et pressez-la pour en faire une boule. Lancez la boule en l'air à 50 cm environ et rattrapez-la. Si la boule se

désagrège, le sol est pauvre et contient trop de sable. Si la boule reste formé, le sol est probablement bon et contient suffisamment d'argile (FAO, 1994)

#### III.4.1.2. Humidité du sol

On détermine l'humidité du sol selon la méthode de (Mathieu ,1998) qui consiste à un séchage à l'étuve à 105°C selon la méthode suivante

- Peser avec précision dans un bécher, préalablement taré, 100 g de terre fine ;
- Mettre le Bécher à l'étuve à une température de 105 °C pendant 24 heures
- Retirer le Bécher de l'étuve et le laisser refroidir ;

Le pourcentage d'humidité sera déduit des pesées suivantes :

- P1 : Bécher vide ;
- P2 : Bécher + terre fraîche ;
- P3 : Bécher + terre séchées à 105 °C.

La teneur en eau de la terre séchée à 105°C est calculée en pourcentage suivant la formule :

$$H (\%) = (P2 - P3 / P3 - P1) * 100$$

#### III.4.1.3. Capacité de rétention

La capacité de rétention de l'eau varie dans les sols beaucoup en fonction de leur porosité. Cette humidité des soles se mesure généralement en pourcentage de l'eau contenue dans le sol par rapport au volume total de terre (Ramade, 2003).

Elle correspond à la quantité d'eau contenue dans un sol après écoulement des eaux de gravité (Borsali, 2013).

#### Méthode :

- Peser un cylindre PVC (5 cm de diamètre, 4 cm de hauteur) vide dont le fond contient des pores (p1).
- Trente grammes de sol frais ont été pesés dans le cylindre.
- Verser de l'eau distillée jusqu'à saturation du sol.
- Le cylindre et son contenu ont été placés à 4°C (12h) pour permettre le drainage de l'eau gravitaire, puis ils ont été pesés (p2).
- Transvaser tout le contenu dans un bécher et placer le dans une étuve à 105°C durant 24 heures.et pèse (p3).

La capacité de rétention du sol séché à 105 °C est calculée en pourcentage suivant la formule.

$$\text{Capacité de rétention} = (P_2 - P_1) - (P_3 - P_1) / (P_3 - P_1) * 100$$

P<sub>1</sub> : cylindre vide ; P<sub>2</sub> : cylindre + terre + eau distillée ; P<sub>3</sub> : bécher + terre séchée à 105 °C.

#### III.4.1.4. Détermination de la densité réelle

La densité réelle sera obtenue de la manière suivante :

- Utiliser un liquide organique tel que le benzène, déterminée la densité « d » du liquide utilisé à la température du laboratoire.
- Remplir de benzène, le pycnomètre. Jusqu' au trait de jauge et peser p1.
- Peser avec précision 10 g (p) de terre fine séchée à l'étuve à 105°C.
- Verser délicatement dans le pycnomètre qui doit être parfaitement propre.
- Remplir an 75 ml environ le pycnomètre avec du benzène.
- Porter le pycnomètre dans un dessiccateur, lorsque le dégagement d'air devient nul, sortir le pycnomètre du dessiccateur.
- Remplir le benzène le pycnomètre jusqu'au trait de jauge, Dès que le niveau du benzène ne varie plus et reste à la hauteur de jauge, porter le pycnomètre sur une balance de précision, le poids obtenu p2.

$$V = \frac{(p1 + p) - p2}{d}$$

v : correspond au poids du volume de benzène, égale à celui de la prise d'essai de terre

On déduit le volume V occupé par le poids « p »de terre.

d : densité de benzène

#### III.4.1.5. Densité apparente (masse volumique)

Il existe plusieurs méthodes de mesure de la densité sèche in situ ou en laboratoire, on a choisi la méthode de cylindre:

**Principe:** Cette technique consiste à prélever un échantillon du sol de volume connu dont on déterminera la masse humide puis la masse sèche et donc la densité (Yoro et Godo, 1990).

##### Mode opératoire :

- Aplanir la surface du sol en dégageant les débris végétaux.
- Placés les cylindres et le poussoir.
- Enfoncer le cylindre avec précaution jusqu'à ce que la surface de la couche mesurée dépasse la section supérieure du cylindre.
- Retire le poussoir.
- Extraire le cylindre avec un couteau à lame résistante, en passant sous le cylindre à distance suffisante pour éviter tout arrachement de la terre de la partie inférieure du cylindre.

- Raser progressivement les deux côtés du cylindre, d'abord avec le couteau puis avec une règle métallique taillée en biseau pour la finition.
- Refermer hermétiquement le cylindre.
- En arrivant au laboratoire, peser à l'état humide, sécher à l'étuve à 105°C pendant 48 heures, puis peser à l'état sec.

### Calculs

Masse volumique du sol (ou Densité apparente :  $D_a$ ) = poids sec sol / volume cylindre (en  $g/cm^3$ ).

#### III.4.1.6. Porosité

La porosité totale est exprimée en % Elle se calcule à partir de la densité réelle et de la densité apparente du sol : **Porosité =  $(1 - d_a / d_r) \times 100$ .**

#### III. 4.1.7. Perméabilité

La perméabilité d'un sol est la hauteur d'eau évaluée par centimètre qui s'infiltre par unité de temps, dans le sol (Mathieu, 1998).

##### Méthode :

- Mettre un le sol de relevé dans une éprouvette jusqu'au niveau de 100 ml.
- Compléter par de l'eau distillée jusqu'à 200 ml.
- mesurer la hauteur h (eau) de chaque éprouvette, après l'avoir laissé reposer 12 heures.

La perméabilité (K) est déterminée par la formule suivante :

$$K \text{ (cm/h)} = 0,857 * h \text{ (eau)}$$

#### III.4.1.8. Matière organique

Le terme «matières organiques du sol» regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elles représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols selon la méthode suivante :

- Peser 10 g de sol, de chaque station qui a été déjà séché à 105 °C (p2).
- Peser la capsule vide (p1).
- Mettre le (sol +capsule) (p3) dans le four à moufle à 550°C pendant 16 heures.
- Peser une autre fois le (sol +capsule) après le séchage (p4).

La teneur de la matière organique de la terre calcinée à 550 °C est calculée en pourcentage suivant la formule :

$$\text{MO (\%)} = (\text{P3} - \text{P4} / \text{P3} - \text{P1}) * 100$$

#### **III.4.1.9. pH et conductivité électrique**

Le pH des sols est une autre propriété chimique essentielle qui détermine le comportement des éléments chimiques, également celui des êtres vivants (Robert, 2007).

La mesure du pH d'une suspension de sol dans l'eau rend compte de la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  à l'état dissocié dans le liquide surnageant (Bachir et Lakehale, 2007).

La salinité globale d'un échantillon peut donc être exprimée sous la forme de la conductivité électrique, ou bien sous la forme de la somme des ions de son extrait aqueux (Bachir et Lakehal, 2007).

Le pH des sols a été mesuré dans une suspension de sol : eau distillée (1 : 2,5). La mesure a été effectuée après 2h de stabilisation à température ambiante à l'aide d'un pH mètre et d'un conductimètre.

#### **III.4.1.10. Calcaire**

Les teneurs en carbonates de calcium ont été déterminées par le calcimètre de Bernard (Aubert, 1978). Dans une fiole pour calcimètre de Bernard on a introduit dans le doigt 5ml de HCL au 1/2 avec une pipette droite, puis on a pesé 10 g de terre finement broyée qu'on a introduit dans la fiole, ensuite on a humidifié la terre avec de l'eau déminéralisé sans excès.

Après fermeture de la fiole en la raccordant au calcimètre, on c'est assurer que le niveau du liquide arrive à la hauteur du repère zéro.

v = volume de  $\text{CO}_2$  produit par p=0,2g de  $\text{CaCO}_3$  pur et sec.

V= volume de  $\text{CO}_2$  produit par P g de  $\text{CaCO}_3$  contenu dans un poids P de sol.

P = poids de la prise d'essai de terre en gramme.

## III.4.2. Analyses biologiques

### III.4.2.1. Respiration basale

La respiration basale ( $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g de sol sec}$ ) a été mesurée selon le protocole décrit par Anderson et Domsch (1978), pour évaluer l'état physiologique des communautés microbiennes des sols. Dix grammes (équivalent sec) de sol frais conservé à 4 °C ont été pesés dans un flacon en verre (117 ml). Les flacons ont été fermés avec un bouchon hermétique immédiatement après le remplacement (4 minutes) de leur atmosphère interne par une atmosphère de concentration en  $\text{CO}_2$  stable, puis incubés 4 heures à 25 °C. Après incubation, une aliquote d'atmosphère du flacon (1 ml) a été injectée à l'aide d'une seringue dans un chromatographe en phase gazeuse (Chrompack CHROM 3 – CP 9001).

Le chromatographe était équipé d'un détecteur TCD et d'une colonne remplie (Porapak) dans la quelle circule de l'hélium à un flux de 60 mL.h<sup>-1</sup>. Les valeurs obtenues ont été ajustées à 22°C en accord avec la loi des gaz parfaits à  $Q_{10} = 2$ . Les concentrations ambiantes en  $\text{CO}_2$  ont été soustraites aux concentrations en  $\text{CO}_2$  mesurées après incubation pour obtenir la quantité de  $\text{CO}_2$  produite par les microorganismes hétérotrophes contenus dans l'échantillon.

### III.4.2.2. Biomasse microbienne

La biomasse microbienne a été estimée par la méthode de respiration induite par ajout de glucose (Anderson et Domsch 1978). Un mélange de talc et de glucose (1 000  $\mu\text{g C g}^{-1}$  sol) a été ajouté aux dix grammes (équivalent sec) de sol. Une incubation de 100 minutes a été réalisée pour atteindre un taux maximal de respiration induite. Les flacons ont été fermés avec un bouchon hermétique immédiatement après le remplacement (4 minutes) de leur atmosphère interne par une atmosphère de concentration stable en  $\text{CO}_2$ , puis incubés 90 minutes à 22 °C. La concentration en  $\text{CO}_2$  des flacons a été analysée par chromatographie en phase gazeuse et corrigée de la même manière que décrite précédemment pour la respiration basale. Les taux de respiration induite ont été convertis en valeur de biomasse microbienne en utilisant l'équation donnée par Beare et al. (1990).

### III.4.2.3. Le quotient métabolique

Le quotient métabolique ( $q\text{CO}_2$ ), ratio entre la respiration basale (RB) et la biomasse microbienne (Anderson et Domsch 1985-1993, Anderson 2003  $\text{mgC-CO}_2/\text{gmicrobien/h}$ ), est un indicateur éco-physiologique microbien qui indique l'efficacité avec laquelle les microorganismes utilisent le carbone disponible dans le sol pour leur biosynthèse. Le  $q\text{CO}_2$  est élevé quand les communautés microbiennes redirigent une partie des sources de carbone

vers leur maintenance énergétique. C'est le cas par exemple dans des situations de stress thermique et hydrique (Bérard et al. 2011), ou dans le cas de stress chimiques (Brookes, 1995, Tlili et al. 2011).

#### **III.4.2.4. Dénombrement de la microflore**

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

Parmi les méthodes de dénombrement indirectes, les méthodes les plus utilisées sont la méthode standard de culture sur boîte de pétri et la technique de dénombrement (Cannavo et al, 2002 in Dassonville et Renault, 2005). La mesure des densités microbiennes par la technique des suspensions-dilutions de sol est un bon indicateur général. Cette mesure est facile à réaliser, économique, et elle donne des résultats fiables et reproductibles (Janvier, 2007). Elle comprend plusieurs étapes allant de la préparation des suspension- dilutions jusqu'à l'interprétation des résultats.

##### **III.4.2.4.1. Préparation des suspensions dilutions**

Les préparations des suspensions dilutions consistent à disposer sur un portoir une série de 9 tubes stérilisés, numérotés de 1 à 9, et contenant chacun (9ml) d'eau distillée. Peser 1g du sol préalablement tamisé et homogénéisé, le verser dans le tube 1, agiter vigoureusement, c'est la suspension dilution  $10^{-1}$ , le transférer dans le tube 2 contenant déjà de l'eau distillée (9ml), il s'agit de la suspension dilution  $10^{-2}$  agiter vigoureusement et recommencer l'opération pour le restant des tubes en transférant 1ml de solution d'un tube à l'autre, afin de préparer les suspensions dilutions  $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9}$  les suspensions dilutions doivent être utilisées aussitôt après leur préparation.

##### **a. La microflore bactérienne**

Pour obtenir des bactéries du sol, il suffit de mettre quelques grammes de terre en suspension dans de l'eau. Après agitation puis décantation, nous étalons quelques gouttes du surnageant à la surface d'un milieu de culture gélosé approprié. La quantité de bactéries étant considérable, c'est toujours des dilutions de la suspension initiale que l'on met en culture. On obtient alors des colonies séparées les unes des autres, chacune provenant en principe d'une seule bactérie (Davet, 1996).

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.

La lecture des résultats par le dénombrement des colonies apparues se fait après incubation pendant 24 heures à 28°C par utilisation de compteur des colonies.

#### **b. Les champignons**

La méthode des suspensions dilutions, mise au point pour l'isolement des bactéries, est également utilisable pour les champignons. On s'efforce généralement d'éviter le développement concurrentiel des bactéries en acidifiant le milieu ou en y ajoutant de l'acide citrique à pH 4 (Davet, 1996).

Les champignons sont cultivés sur un milieu de culture (PDA) et ensemencés avec des suspensions dilutions du sol à raison de 3 gouttes de chaque dilution ( $10^{-1}$  à  $10^{-6}$ ) soit 0,2 ml sont déposées sur chaque boîte et aussi étalées avec soin sur toute la surface. La lecture des résultats se fait à partir du septième jour d'incubation (28°C).

#### **c. Les rhizobiums**

Ensemencement avec des suspensions dilutions du sol d'un milieu YEM (Yeast, Extract, Mannitol) favorisant particulièrement la culture des rhizobiums en inhibant la partie des autres micro-organismes, numération des colonies développées. L'ensemencement avec des suspensions dilutions de terre préparées selon la technique habituelle; on inoculera 3 boîtes de dilutions entre  $10^{-2}$  et  $10^{-6}$ . Incubation pendant 72 heures à 28°C en position retournée.

Le Milieu YEM (Vincent., 1970) : est le milieu utilisé pour cette première étape de la partie expérimentale, dont la composition est exprimée en gramme par litre d'eau distillée (Annexe 01). Le milieu de culture doit contenir les sources d'énergie nécessaire à la croissance des bactéries. L'autoclavage de milieu se fait à 120°C pendant 20 minutes.

### **III.5. Traitement statistique**

L'étude statistique des résultats, a été effectuée en utilisant le logiciel Minitab 17 pour comparer les résultats du sol en fonction de variabilité analytique des propriétés physico-chimique et biologique entre les sols de la zone d'étude on utilisant l'analyse de variance (ANOVA 1 facteur), puis on test l'homogénéité des groupe on utilisant le test Tukey.

On a résumé tous les résultats d'analyse physico-chimique du sol en fonction de la variabilité de ces composants dans des graphes pour bien définir les zones ou l'on a prélevé les échantillons du sol.

# Chapitre VI

## Résultats et discussion

## **VI. Résultats et discussion**

Le sol est la partie superficielle de la croûte terrestre. A l'échelle de la planète, cela ne représente qu'une fine couche ; mais l'agriculteur ou le forestier en saisissent bien l'importance. Il est alors important de connaître les caractéristiques, c'est dans le sol que germent les graines ; dans le sol, aussi, que se recycle la matière organique. Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol (porosité, pH, disponibilité des minéraux et de la matière organique...) conditionnent donc le fonctionnement de tout l'écosystème. Mais, à l'inverse, les facteurs climatiques, le type de végétation, la présence ou l'absence de faune, la nature de la roche mère, influent également sur la formation et l'évolution des sols.

### **VI.1. Propriétés physiques des sols**

#### **VI.1.1 Texture**

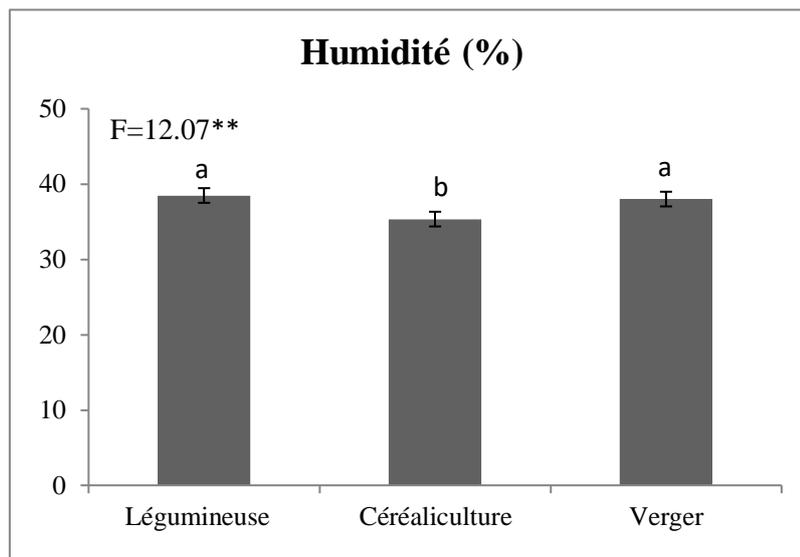
La connaissance de la texture permet d'indiquer les tendances du sol quant à ses qualités physiques, c'est ainsi que la texture a une influence primordiale sur le régime hydrique des sols. D'après le test de boudin effectué sur le terrain les sols sont généralement sableux surtout pour les sols des légumineuses et de céréaliculture. En réalisant le test, nous avons ressentis des grains rugueux qui ne forment pas un boudin et pour les sols sous verger d'amandier nous avons ressentis des grains rugueux et le boudin est réalisable mais ne colle pas entre les mains ce qui signifie la dominance du sable avec une présence d'une proportion d'argile. Ces types de sols présentent certaines caractéristiques à prendre en compte dans la gestion du travail selon (Lemonnier, 1992). Ces sol sableux se sont des sols qui :

- conservent peu d'eau, mais sont naturellement poreux (enracinement facile).
- ils sont usant pour les outils
- ils sont peu fertiles, car ils contiennent des éléments grossiers.

Il ne faut tout de même pas négliger le risque de compaction sur un sol sableux, car il y a toujours un peu de limon ou d'argile !

#### **VI.1.2. Humidité**

L'humidité du sol joue un rôle important dans le maintien de la vie sur la Terre, sa première "utilisation" est de permettre la croissance de la végétation. Elle conditionne également la mise en place du peuplement végétal (germination des semences, émergence, implantation du système racinaire, etc.).



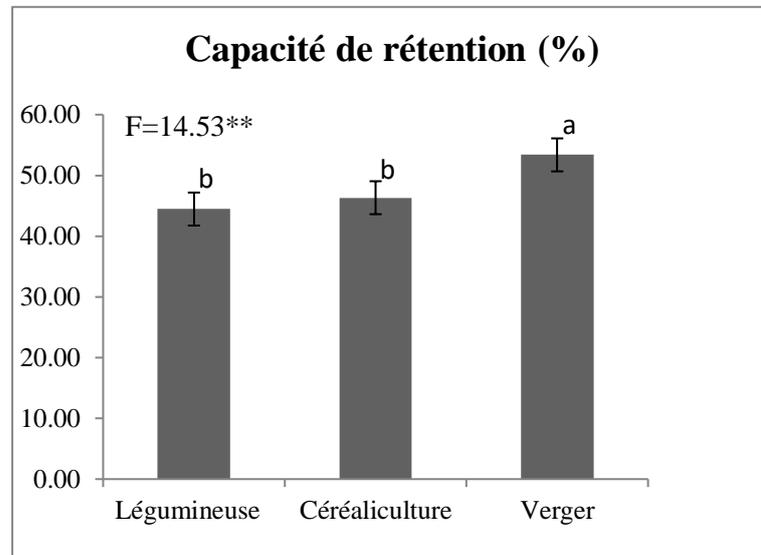
**Figure 13** : Histogramme d'humidité moyen.

D'après la figure, nous remarquons que le taux d'humidité des sols est variable entre les différents types des cultures avec une différence moyennement significative ( $p < 0.01$ ).

Les sols des céréalicultures présentent le taux d'humidité le plus faible avec (35,3%) suivie par les sols des vergers et les sols des légumineuses avec (38,01 et 38,48%).

On peut expliquer le taux d'humidité par la texture plus il y'a du sable plus les sols ne retiennent pas l'eau, d'autre expliquent la variation d'humidité des sols par l'effet de variation des précipitations et de la température. Borsali (2013) montre que la teneur en eau gravimétrique des sols dépend en premier lieu des conditions climatiques (températures et précipitations). Dans notre zone nous avons la même roche mère et même condition de formation des sols avec les même condition climatique (zone semi-aride), alors cette variation est expliqué par le type de culture et leur enracinement dans le sol et aussi par l'effet de pratique culturale tel que le labour qui peut modifier les paramètres physiques des sols (Nicou et Poulain, 1972 ; Coulomb et al., 1993). Il est donc indispensable de prendre en compte les effets cumulatifs des systèmes de culture pour gérer les conditions d'intervention du labour (Manichon, 1988; Coulomb et al, 1990).

### VI.1.3. La capacité de rétention

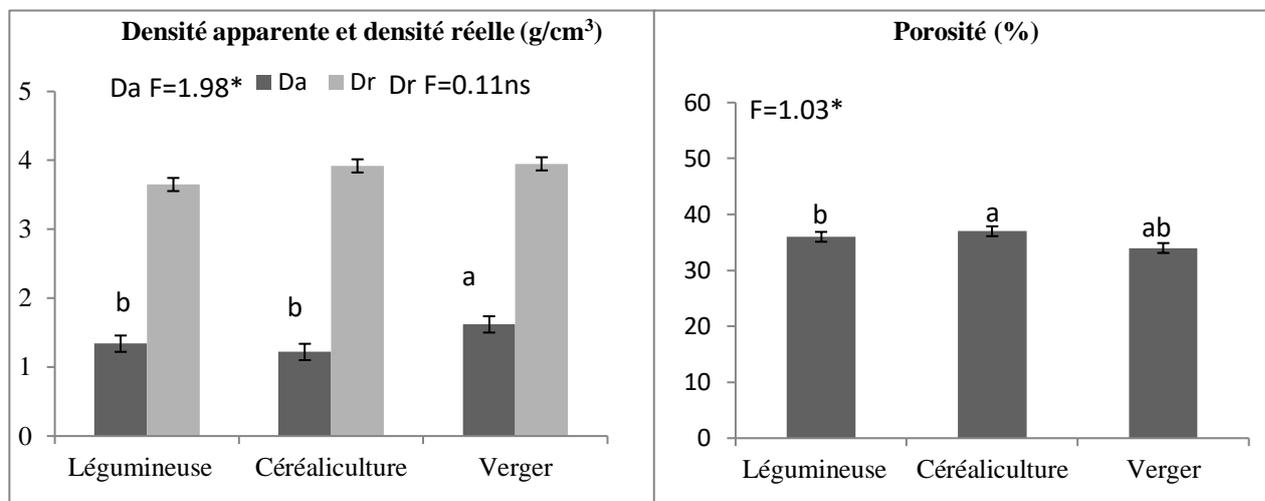


**Figure 14 :** Histogramme de la capacité de rétention moyenne.

Les résultats de l'expérimentation indiquent que la capacité de rétention des sols est plus élevée dans les sols du verger avec un pourcentage de 53,36% par rapport aux sols des légumineuses et céréalicultures qui présentent une homogénéité selon le test statistique avec un pourcentage successive de (44,46% et 46,33%).

Selon la littérature les valeurs de réserve en eau varient en fonction des classes de texture (Bruan et al 1996). La dominance du sable dans nos sols réduisent leur capacité de rétention surtout dans les sols des céréalicultures et légumineuse, par contre elle peut être élevé dans les sols des vergers car il présente dans leurs texture une proportion d'argile qui améliore la rétention en eaux. La rétention de l'eau par un sol est un phénomène complexe qui dépend de la nature des constituants minéraux et organiques mais aussi de leur mode d'assemblage à différentes échelles. Les constituants minéraux argileux développent une surface spécifique très grande et interagissent très fortement avec l'eau. Ils jouent par conséquent un rôle privilégié pour la rétention de l'eau des sols (Al Majou et al., 2005). les matière organique peuvent améliorer la capacité de rétention en eau des sols, limiter la compaction, et contribuer à la structuration et à l'amélioration de la stabilité structurale des sols (Stevenson, 1994 ; Annabi et al., 2007).

#### VI.1.4. Densité apparente, densité réelle et porosité



**Figure 15 :** Densité apparente, densité réelle et porosité des sols.

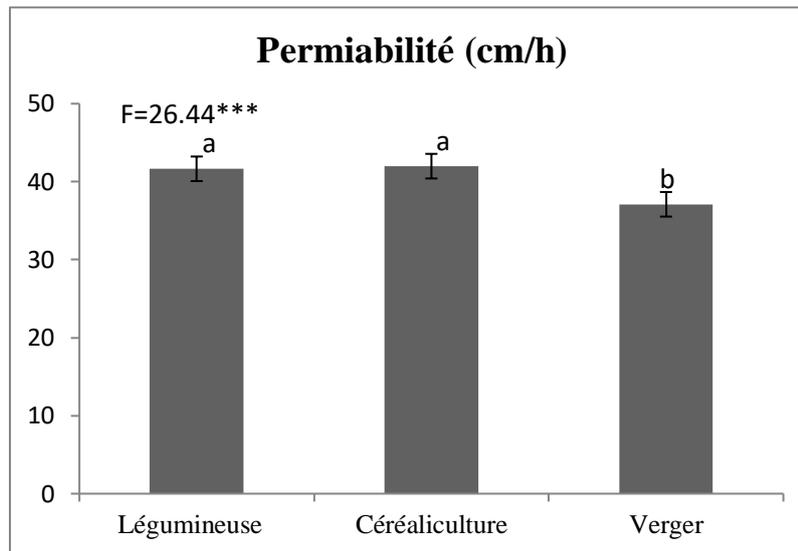
D'après les résultats obtenus (figure 15) on observe que la densité apparente est plus faible que la densité réelle au niveau des différents type de sol, la densité apparente la plus faible est enregistré chez les céréalicultures ( $1,22 \text{ g/cm}^3$ ) par contre au niveau du verger on trouve que les sols sont plus dense avec un volume massique de  $1,62 \text{ g/cm}^3$ . L'étude statistique montre une différence faiblement significative pour la densité apparente ( $p < 0.05$ ) par contre les sols au niveau des 3 types des cultures présentent une densité réelle homogène ( $p > 0.05$ ) entre  $3,47$  et  $3,60 \text{ g/cm}^3$ .

La porosité est moyennement significative elle est légèrement plus élevé dans les céréalicultures et les légumineuses par rapport au sol du verger.

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (Chauvel, 1977). Elle permet, en outre, de calculer la porosité et d'apprécier ainsi indirectement la perméabilité, la résistance à la pénétration des racines (Maertens, 1964), Cette légère différence de la densité apparente entre les sols peut s'expliquer par l'effet de pénétration des racines en fonction du type de culture. D'autre littérature confirme que le travail du sol et principalement le labour pratiqué selon le type de culture influe sur la densité apparente et la porosité des sols (Guérif, 1994 ; Rasmussen, 1999 ; Tebrügge et Düring 1999) Les sols non travaillés présentent une structure plus compacte et une porosité totale souvent plus faible que celle des sols labourés ou travaillés avec un outil à dent. Par conséquent la

proportion de pores saturés en eau (% WFPS : Water Filled Pore Space) est souvent plus grande dans les systèmes non travaillés (Franzluebbers et al., 1995). Cette proportion dépend de la porosité totale du sol, de la taille des pores et de la teneur en eau du sol et détermine ainsi l'aération du profil de sol (Oorts, 2006).

#### VI.1.5. Perméabilité

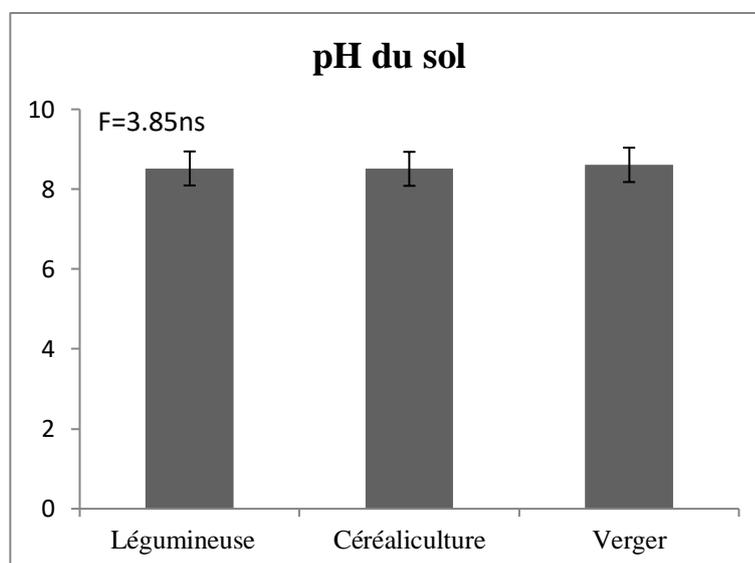


**Figure 16** : histogramme de la perméabilité moyenne des sols.

D'après la figure 16, on constate une perméabilité moyennement importante avec une différence hautement significative selon l'étude statistique ( $p < 0,001$ ), elle est plus élevée surtout dans les sols des céréalicultures avec (42 cm/h) et les légumineuses avec (41,65 cm/h). Nos résultats peuvent être expliqués selon Lin et al. (1999) et Coquet et al. (2005) par le fait qu'il ya des macropores qui sont créés juste après le labour ce qui améliore temporairement la vitesse d'infiltration de l'eau. Boudiar, (2018) à montré dans ces travaux que le type de culture peut aussi influencer sur la perméabilité des sols par son système racinaire.

## VI.2. Propriétés chimiques des sols

### VI.2.1 pH eau du sol



**Figure 17** : histogramme de pH eau des sols

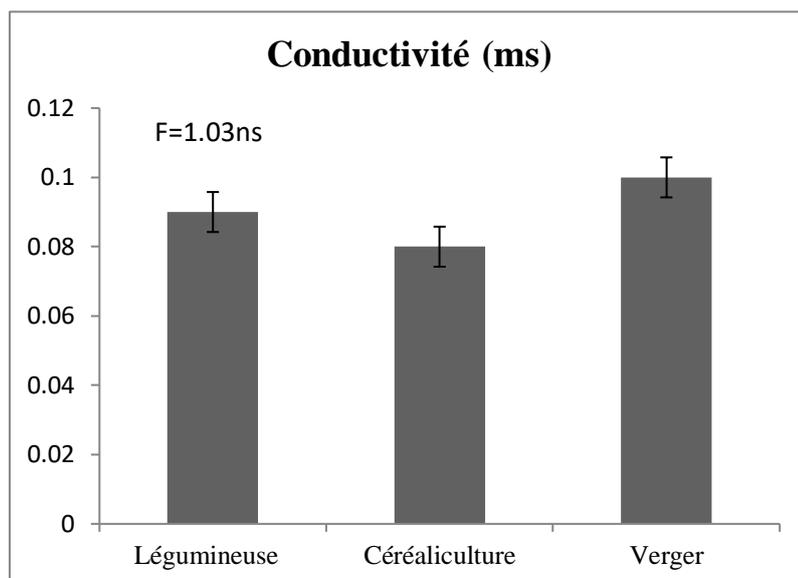
D'après la figure 17 la valeur moyenne du pH eau mesurée dans les sols aux niveaux des différents types de culture sont similaires et ne présente aucune différence significative ( $p > 0.05$ ).

Les sols étudiés sont des sols alcalins ( $\text{pH} > 7$ ). La valeur la plus faible est enregistrée au niveau des céréalicultures et les légumineuses 8.51 avec une valeur légèrement élevée (8.61) à cause d'une proportion de calcaire élevée sur le terrain du verger.

Lorsque les sols contiennent beaucoup de carbonates, oxydes et hydroxydes neutralisant les ions  $\text{H}^+$  le pH devient alcalin ( $\text{pH} 8$  et au-delà) (Ctifl, 2012), donc il existe une étroite liaison entre la teneur en calcaire et le degré d'acidité d'un sol, lesquels varient en sens inverse (Ramade, 2003).

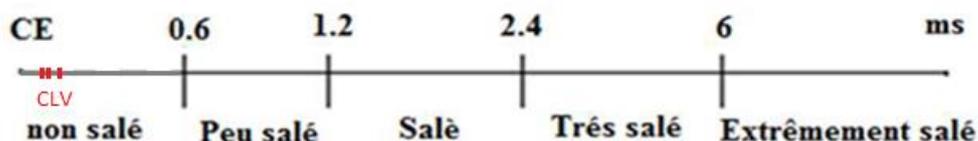
### VI.2.2. Conductivité électrique

Les sels sont plus solubles dans l'eau que le gypse. Leur concentration globale est généralement exprimée par la conductivité électrique qui représente en réalité la conductivité électrolytique (Halitim, 1988).



**Figure 18:** La conductivité électrique

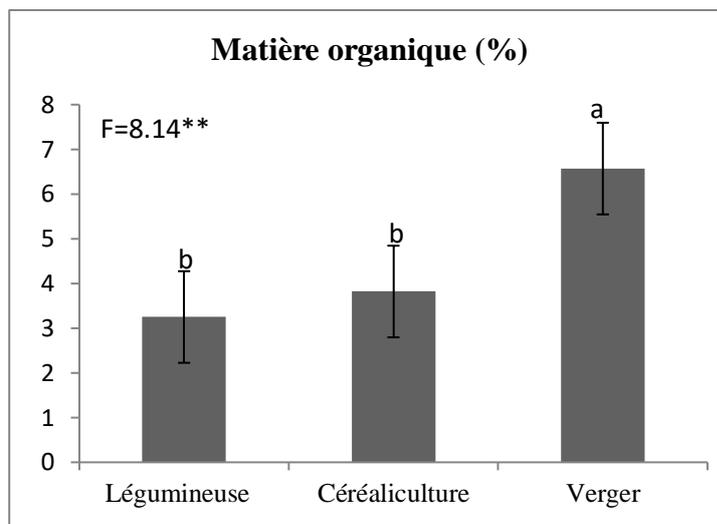
D'après les résultats de la figure 18, on remarque que la conductivité électrique est plus faible pour tous les sols des différents types de culture qui varie de 0.08 ms et 0.10 ms, et selon l'échelle de salure d'Aubert, 1978 se sont des sols non salins (figure 19)



**Figure 19 :** Localisation de la station de la zone sur l'échelle de salure des sols (Aubert, 1978).

La conductivité électrique dépend de la teneur en électrolytes ( $\text{SO}_4$ , Cl, K, Na, Mg, Ca,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ) qui exprime la concentration en sels. D'après certains auteurs les principales propriétés du sol déterminant la Conductivité Electrique sont les suivantes : La profondeur du sol et le taux d'argile.

### VI.2.3. Matière organique



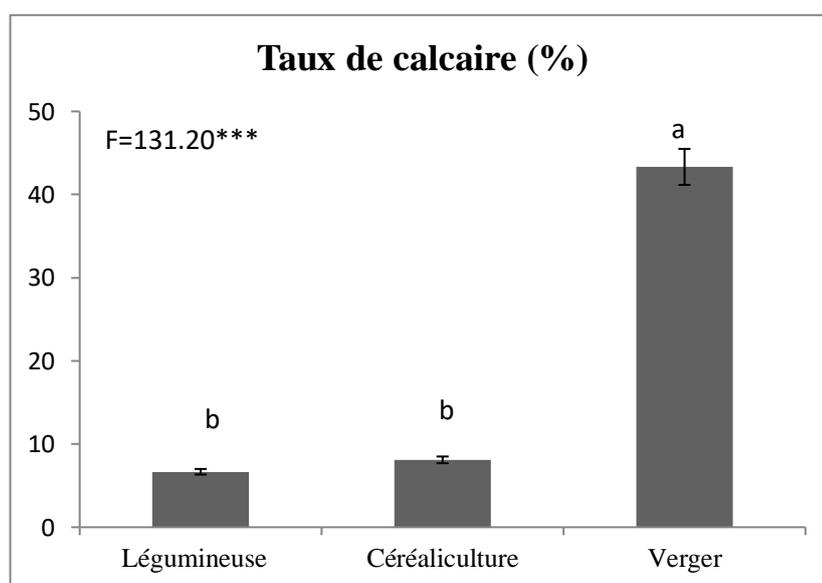
**Figure 20** : Taux de la matière organique.

La matière organique forme une source importante d'éléments nutritifs pour les végétaux. D'après l'histogramme les valeurs de la matière organique est plus élevée dans le verger avec un pourcentage de (6,57%) par contre elle reste légèrement homogène au niveau des sols des céréalicultures et légumineuses (3,82% ; 3,25%). Cette matière organique reste faible dans ces deux type de cultures à cause de la structure sableuse des sols qui sont trop aérés et ainsi la matière organique s'y décompose plus rapidement ce qui n'est pas le cas dans les sols argileux qui assurent une protection physique de la matière organique (karabi, 2016), contrairement au verger où la matière organique reste accumulée par effet de la présence d'une proportion d'argile au niveau de nos sols améliore la matière organique dans ces sols. Dans tout le bassin méditerranéen, le labour intensif détériore la qualité du sol et menace la production agricole à long terme (Lopez-Bellido, 1992). La fertilité, la structure et la matière organique (MO) du sol baissent suite au labour et d'autres pratiques (pâturage, exportation de paille) qui empêchent l'incorporation du matériel organique dans le sol (Lopez-Bellido, 1992). Les auteurs considèrent la matière organique (MO) comme étant le principal indicateur de la qualité du sol (Larson et Pierce, 1991; Doran et Parkin, 1994). En effet, la MO influence l'emménagement de l'eau par le sol. L'installation des cultures et le contrôle des mauvaises herbes par des interventions aratoires engendrent des pertes en matière organique sous rotations de culture continues (Studdent et al., 1997 in Saber et Mrabet, 2002). Ces pertes peuvent être réduites en introduisant des cultures fourragères dans les rotations ou en

maintenant des niveaux importants de résidus des plantes en surface (Campbell et Zentner, 1993). Ainsi, la gestion du sol (à travers le labour), de la culture (à travers le choix des cultures en rotation) et des résidus des plantes affectent le niveau de carbone dans le sol et influencent les dynamiques, l'humification et la minéralisation et leur équilibre (Huggins et al., 1998).

L'évolution des teneurs en carbone dans le sol dépend des mécanismes de protection des MO contre la biodégradation microbienne, à savoir : – la protection physique, par le piégeage des MO à l'intérieur des agrégats du sol, – la protection physico-chimique, par l'association des MO avec la fraction minérale du sol, – la récalcitrance chimique des MO due à la condensation de leur structure chimique (Chenu et al., 2002). Les pratiques agricoles intensive entraînaient souvent une érosion entraînant une dégradation de la fertilité des sols (García-Ruiz et al., 2009 ; Comino et al. 2018).

#### VI.2.4. Teneur en calcaire



**Figure 21** : Histogramme de la teneur en carbonate dans les stations.

Les mesures des teneurs de calcaire nous montrent un taux important de calcaire pour les sols du verger, c'est un sol fortement calcaire ( $25 < \text{CaCO}_3 < 50$ ) par contre pour les sols des céréalicultures et légumineuses se sont des sols faiblement calcaire entre (6,67 et 8,01%). L'étude statistique montre une différence hautement significatives ( $p < 0,001$ ).

L'évolution du calcaire est importante dans la genèse des sols dans les régions semi-aride, qui est due essentiellement aux alternatives très brutales d'humidité forte en temps de pluie et de sécheresse intense pendant la plus grande partie de l'année (Aubert, 1950).

Selon Drouet 2010 Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  dans les sols carbonatés sont extrêmement variables : de quelques % à plus de 70 % et le carbonate le plus abondant est la calcite ( $\text{CaCO}_3$ ). Avoir un sol calcaire est souvent assimilé à une calamité par les jardiniers. On parle de sol calcaire lorsque la terre contient de 10 à 30% de carbonate de chaux, toujours associé à de l'argile, ce qui donne une terre en outre plutôt collante (Gerbeaud, 2018).

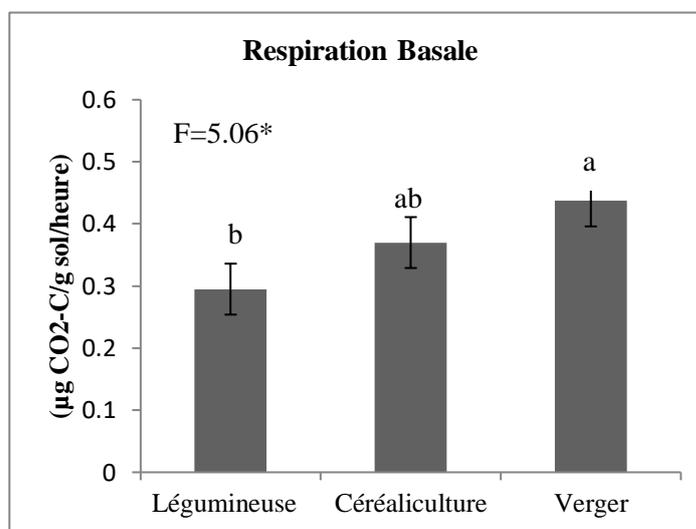
Les sols méditerranéens cultivés ont une fertilité moyenne ou faible, des niveaux de matière organique bas et bien souvent, ils sont caillouteux. Ils sont souvent carbonatés, avec des encroûtements calcaires, parfois gypseux (Lahmar, 2007), offrent un faible volume au développement racinaire. La présence de calcaire dans le sol provoque en effet chez de nombreuses espèces des difficultés de croissance accompagnées de troubles physiologiques (Tacon, 1978).

### VI.3. Propriétés microbiennes des sols

Les organismes vivant du sol sont des bactéries, des champignons, des algues, les parties souterraines des plantes ainsi que des animaux très variés. Tous participent d'une manière ou d'une autre à la formation et à l'évolution du sol (Gobat et al, 2003).

Les micro-organismes du sol, jouent un rôle fondamental dans les processus importants comme; la régulation des cycles biogéochimiques (azote, carbone, soufre) (Sasson, 1967).

#### VI.3.1. Respiration basale



**Figure 22 :** Respiration basale des sols selon type de cultures.

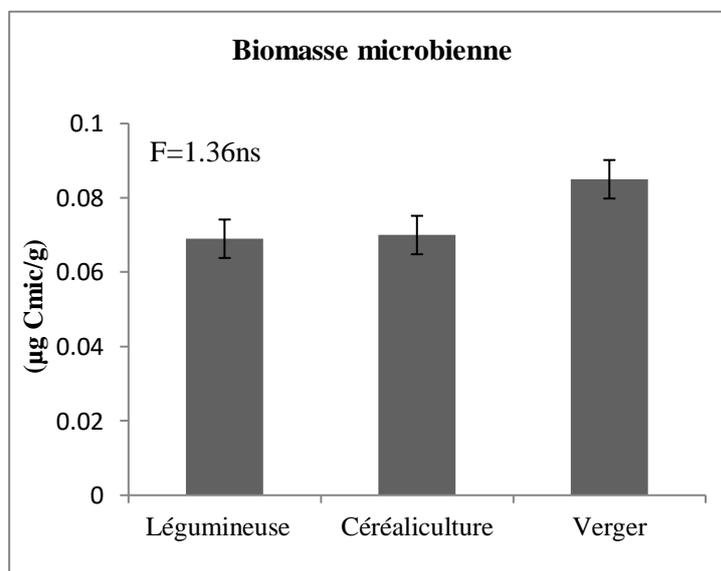
En ce qui concerne les propriétés microbiologiques, les analyses statistiques montrent une différence faiblement significative de la respiration basale ( $p < 0,05$ ) entre les différents sols selon le type de culture exploitée, les valeurs les plus importantes de l'activité microbienne sont enregistrées pour les sols du verger (0,437 µg CO<sub>2</sub>-C/g sol/heure) et la valeur la plus basse est enregistrée pour les légumineuses avec (0,295 µg CO<sub>2</sub>-C/g sol/heure)). On peut expliquer cette différence par la présence importante de matière organique dans notre verger beaucoup plus que dans les autres sols.

Selon Delogu (2013), la quantité et qualité des résidus de culture jouent un rôle important sur la respiration hétérotrophe du sol car les résidus sont directement décomposés par les micro-organismes du sol. La qualité du substrat renvoie à la composition biochimique des tissus : un composé très ligneux sera difficilement décomposable, et son temps de résidence dans le sol sera très long. Au contraire, un composé constitué de beaucoup de

cellulose sera très facilement décomposable et les micro-organismes du sol le consommeront rapidement. La qualité du substrat qui influe donc sur la vitesse de décomposition de la matière organique détermine le flux de respiration du sol à court terme et au stockage de carbone dans le sol à plus long terme. (Duiker et Lal, 2000; Fontaine et al. 2004; Chirinda et al. 2010). Ces processus d'influences du substrat entrent directement en confrontation avec les effets climatiques ou de texture du sol.

Aussi les sols dans le verger sont plus exposé au soleil par rapport aux autres cultures ce qui augmente la température du sol, elle est reconnue comme la principale variable directrice des processus de respiration du sol (Kirschbaum (1995); Kätterer et al. (1998)). Aussi de nombreuses études montrent que la respiration du sol augmente exponentiellement avec la température. L'activité des micro-organismes, soit le déstockage des MO, est stimulée par les pratiques culturales comme la fertilisation, l'irrigation ou le travail du sol (Chaussod, 1996). Cependant, une intensification de l'utilisation des terres pourrait avoir pour conséquence un déclin continu du stock organique des sols à l'instar des sols des grands plateaux européens (Van-Camp et al., 2004)

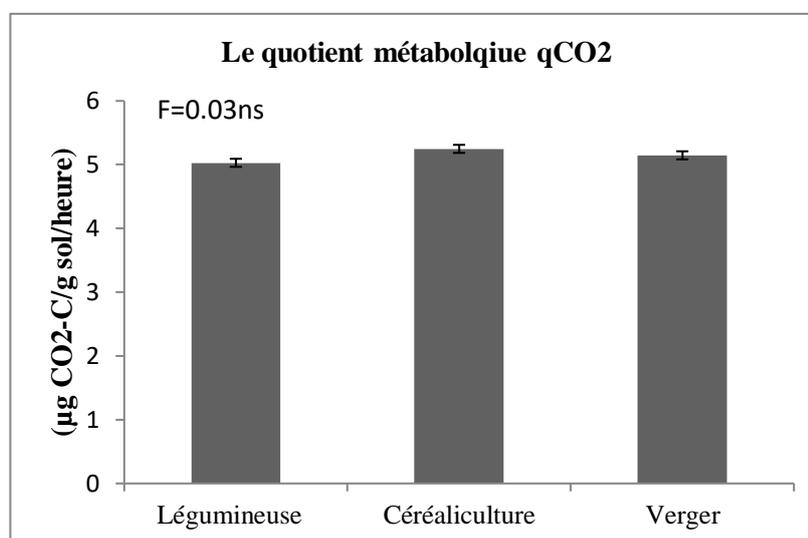
### VI.3.2. Biomasse microbienne



**Figure 23 :** Biomasse microbienne des sols selon le type de cultures.

Les biomasses microbiennes des sols sont homogène dans les différents types de cultures ( $p > 0.05$ ), elles présentent des moyennes entre (0,069 et 0,085 ( $\mu\text{g Cmic/g}$ )). La biomasse microbienne varie entre 0 et 700 à 800 mg C/kg de terre dans les sols agricoles. Les facteurs de variation de la biomasse microbienne sont la température, l'humidité, l'état énergétique du sol (les réserves en MO, particulièrement les MO facilement dégradables), l'environnement physique (structure et porosité) et chimique (CEC, pH, calcium). La teneur en biomasse microbienne est liée au type de sol, au type de culture et aux techniques culturales. (Lechevallier et al 2004). La teneur en biomasse microbienne est liée : — au type de sol : BM sol lourd > BM sol léger > BM sol acide, — à la culture : BM prairie > BM grande culture et arboriculture > BM maraîchage > BM vigne. — aux techniques culturales : BM enherbement > BM travail du sol. La biomasse microbienne et les paramètres associés sont de bons indicateurs du statut organique des sols. En effet, pour un type de sol et un climat donnés, la taille de la biomasse microbienne est fonction des entrées de carbone. Ces entrées étant plus importantes sous prairie que pour des cultures annuelles, les valeurs observées pour la biomasse sont naturellement plus élevées. (Chaussod, 1996)

### VI.3.3. Quotient métabolique



**Figure 24** : Le quotient métabolique des sols selon le type de cultures.

Le quotient métabolique ou quotient respiratoire, est la quantité de carbone minéralisé par gramme de biomasse microbienne et par jour. Il correspond au flux de CO<sub>2</sub> de la respiration basale par unité de biomasse (Chaussod et al., 1992). D'après les mesures de ce dernier dans les différents types de culture il présente des moyennes entre (5,04 et 5,24  $\mu\text{g CO}_2\text{-C/g sol/heure}$ ). Les résultats montrent que l'efficacité avec laquelle les micro-organismes utilisent

le carbone disponible dans le sol pour leur biosynthèse ne présente aucune différence significative comme les biomasses microbiennes entre les sols.

Le quotient métabolique encore appelé respiration spécifique, sert d'indicateur de l'état physiologique des micro-organismes du sol. Selon Dilly (2005), le  $qCO_2$  dans les horizons supérieurs des sols cultivés varie de 0,5 à 10 mg C- $CO_2$  g/Cmic/heure. Les valeurs de  $qCO_2$  élevées traduisent une mauvaise qualité du substrat et une faible efficacité métabolique (Böhme et al., 2005 ; Fließbach et al., 2007).

Ouedraogo et al (2017) montrent que la présence de la macrofaune a induit de faible quotient métabolique. La macrofaune augmente donc l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes et généralement cette macrofaune se trouve dans les sols bien aérés.

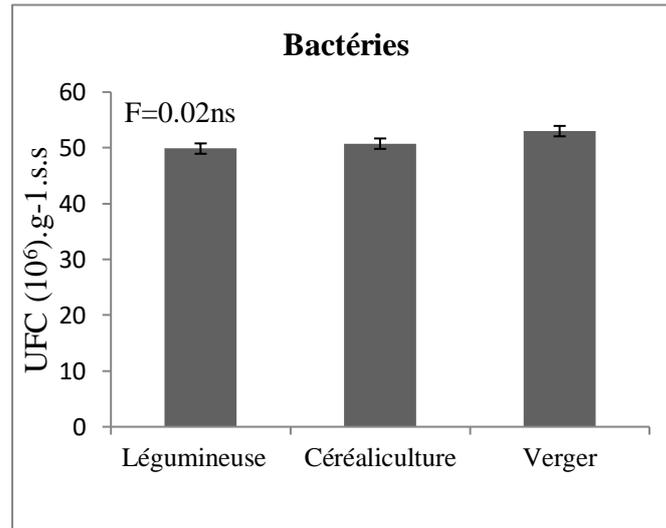
#### **VI.3.4. Densité et diversité microbienne**

Le dénombrement des micro-organismes du sol est, historiquement, l'une des plus anciennes tentatives de caractérisation de la fertilité biologique des sols. La numération des germes totaux a rapidement été complétée par le dénombrement de groupements fonctionnels (Pochon et Tardieux, 1962), appelés aussi « groupes physiologiques » et correspondant aux germes capables de pousser sur un substrat particulier ou d'effectuer une transformation donnée (protéolytiques, amylolytiques, nitrifiants, fixateurs d'azote, etc.)

##### **VI.3.4.1. Les bactéries**

Les bactéries forment tant au plan quantitatif qu'au plan fonctionnel le groupe majeur des microorganismes du sol (Morel, 1989). On estime par exemple que 1g de sol contient entre  $10^6$  et  $10^9$  de Bactérie (Soltner, 2003).

La biomasse bactérienne est présente une moyenne légèrement élevée pour les sols d'arboriculture d'amandier ( $53 \times 10^6$  UFC. g-1.s.s) puis suivie par les céréalicultures ( $50,75 \times 10^6$  UFC. g-1.s.s) et au niveau des légumineuses avec ( $49,87 \times 10^6$  UFC. g-1.s.s). L'étude de variance montre une homogénéité de la biomasse microbienne entre les différents types des cultures ( $p > 0,05$ ). En effet, la vie microbienne des sols est relativement limitée dans les sols qui sont insuffisamment pourvus en matière organique et en eau (Arnon 1972 ; Bryssine et Toutain, 1970). Les densités bactériennes est généralement plus faibles dans les sols sous cultures avec le labour par rapport aux sols sous prairies ou sols forestiers (Constancias et al., 2014 ; Annabi et al., 2009).

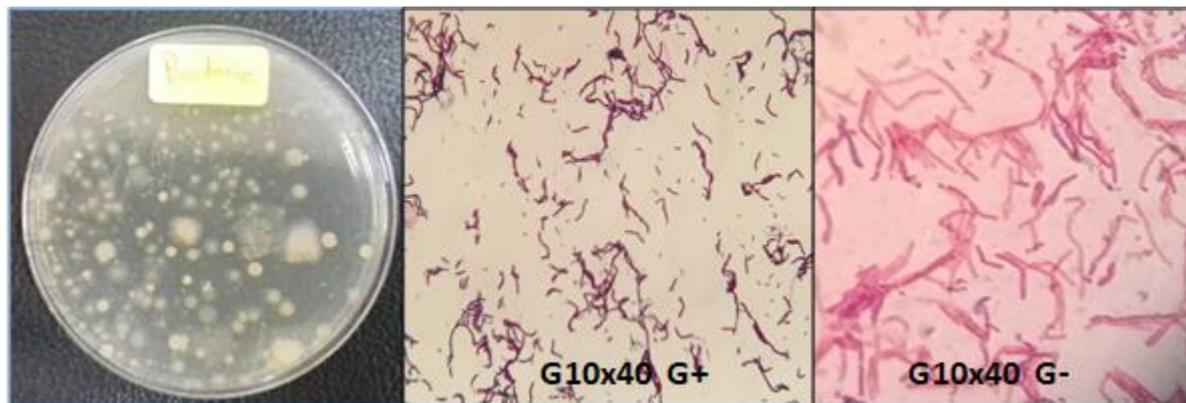


**Figure 25 :** Densité de la microflore bactérienne des sols selon le type de cultures exprimée en UFC.g-1.s.s

Les bactéries classées parmi les bactéries autotrophes, utilisent le carbone sous forme minéral, et les bactéries hétérotrophes utilisent le carbone sous forme organique (Clement et Lozet, 2011). Elles prolifèrent dans les milieux les plus riches en azote et peu acides, un milieu aéré à pH supérieur à 6. Elles sont surtout abondantes autour des racines de certaines plantes (graminées, légumineuses) au sein de la rhizosphère (Duchaufour, 2001).

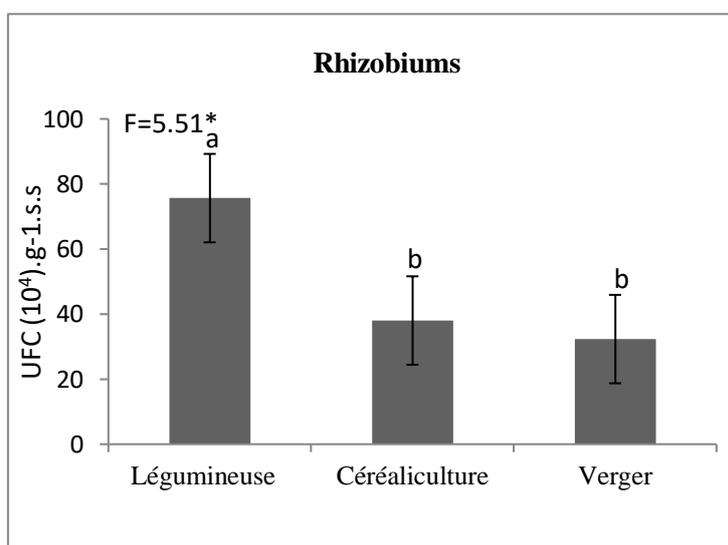
- **Description macro et microscopique des colonies :**

Après 24 heures d'incubation sur le milieu de culture, on remarque une apparition des colonies d'un aspect lisse et parfois rugueux avec une couleur généralement beige et des contours réguliers, le diamètre des colonies est compris entre 1 et 4 mm (Fig 26), la coloration de gram des colonies a montré l'existence des bactéries à gram positive et à gram négative (annexe 02).



**Figure 26** : Aspect macroscopique et microscopique des bactéries.

#### VI.3.4.2. Les rhizobiums



**Figure 27** : Densité des rhizobiums des sols selon le type de cultures exprimée en UFC.g-1.s.s

Nous remarquerons que les sols des légumineuse présentent une densité plus importante de rhizobiums ( $75,6 \times 10^4$  UFC. g-1.s.s ) par rapport au sols des céréalicultures et de verger ( $38,3 \times 10^4$  UFC. g-1.s.s et  $32,3 \times 10^4$  UFC. g-1.s.s) et l'étude statistique de ces résultats montre qu'il y a une différence significative ( $P < 0.05$ ) entre les trois stations. Cette importance de densité des rhizobiums au niveau des légumineuses est due à la symbiose rhizobienne établie avec un grand nombre d'espèces de la famille des fabacées (légumineuses) qui est la troisième grande famille après les Astéracées et les Orchidacées. La symbiose *Rhizobium*- légumineuse est une association mutualiste à bénéfice réciproque entre les légumineuses et les bactéries du

type rhizobium. Ces dernières permettent de transférer l'azote de l'air en forme assimilable par les plantes. En échange, la plante fournit aux rhizobia le carbone résultant de sa photosynthèse (Dommergues *et al.* 1999). Au cours de la symbiose, un nouvel organe, le nodule, est formé sur les racines ou plus rarement sur les tiges où l'azote atmosphérique est fixé par les bactéries (Albrecht *et al.* 1999; Haag *et al.* 2013 ; Niste *et al.* 2014).

Dart et Zou (1993), suggèrent que la présence ou l'absence des rhizobiums dans un sol naturel dépend de leur croissance, des propriétés physiques du sol et de la plante hôte (Hatimi et Tahrouch, 2007). La spécificité d'hôte est l'une des caractéristiques majeures de la symbiose rhizobium légumineuse. Chaque espèce bactérienne possède un spectre d'hôte bien défini dont l'amplitude est très variable (Dommergues, 2006). L'alcalinité est moins néfaste pour la survie des rhizobiums. Jordan (1984) a montré que la majorité de ces bactéries peuvent tolérer des pH allant jusqu'à 9 (Chen *et al.*, 1993).

- **Description macro et microscopique des colonies :**

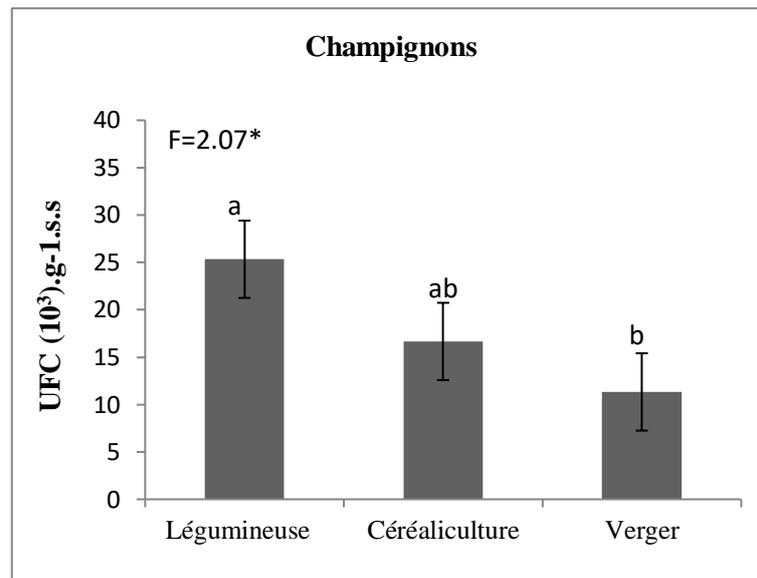
Concernant l'aspect macroscopique, les isolats présentent une forme lisse avec des couleurs qui varient entre le beige et le blanchâtre, elle présente une forme circulaire régulière (annexe 03).

L'aspect microscopique des isolats est visualisé après la coloration de Gram qui a montré que les différents isolats présentent une forme cocco bacillaire couleur rose (Gram-) (Fig. 28) . Les caractères morphologique observés correspondent à ceux décrits pour les Rhizobiums (Vincent, 1970; Dommergues et Mangenot, 1971 ; Jordan, 1984; De Lajudie *et al.*, 1994; Rome *et al.* ,1996). Néanmoins ces observations restent insuffisantes pour déterminer la position taxonomique exacte des rhizobiums.



**Figure 28 :** Aspect macroscopique et microscopique des rhizobiums.

### VI.3.4.3. Les champignons



**Figure 29** : Densité des champignons des sols selon le type de cultures exprimée en UFC.g-1.s.s

Les résultats montrent que la densité fongique est faible en comparaison avec la densité bactérienne et rhizobienne. Les champignons ne sont pas les plus nombreux des micro-organismes du sol, mais leur poids est très important, du fait de leur grande taille, comparativement aux bactéries (Huber et Schaub, 2011).

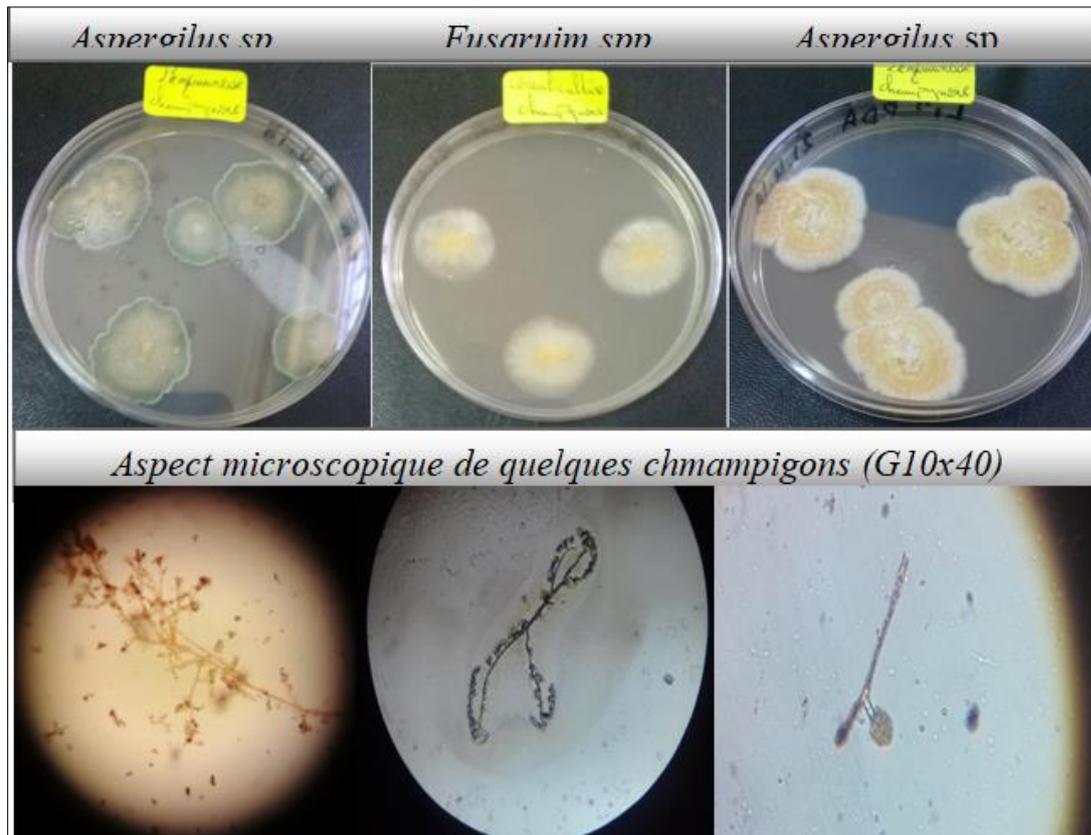
L'étude statistique de ces résultats montre que la différence de densité fongique des sols selon le type de cultures exprimée est faiblement significative ( $p < 0,05$ ). Le faible nombre de champignons dans les sols de verger est expliqué par leur texture qui présente une proportion d'argile. En effet, il existe une corrélation négative entre la teneur en argile et la biomasse fongique, alors que cette corrélation est positive avec la biomasse bactérienne (Kaczmarek et Pedziwilk, 1988 ; Fotio et al 2009). De plus, les champignons prédominent dans la décomposition des matériaux de basse qualité (Swift et al., 1981). Cette diminution peut être expliquée par la particularité que possèdent les champignons vis-à-vis de l'acidité. En effet les champignons préfèrent des milieux acides où ils ne rencontrent pas la concurrence des bactéries (Morel, 1989). Le pH alcalin de nos sols explique la faible densité des champignons par rapport aux bactéries. Les champignons s'accommodent de pH bas (Boullard et Moreau, 1962)

- **Description macro et microscopique :**

Lors de l'analyse macroscopique des colonies obtenues après culture des champignons après 7 jours d'incubation sur le milieu de culture PDA (annexe 01) plusieurs aspects de l'appareil végétatif sont observés : - l'aspect : duveteux, laineux, cotonneux, velouté, poudreux, granuleux ou glabre. - le relief : plat, plissé ou cérébriforme. - la taille : petite, étendue ou envahissante. - la couleur : blanche, crème ou colorée (verte, brune, orangée, violette, grises...).

- Analyse microscopique Lors de l'analyse microscopique des colonies, plusieurs structures des champignons filamenteux sont observées (annexe 04) comme l'appareil végétatif, les organes de fructification et les spores : - le thalle végétatif : septé (diamètre étroit et régulier de 2 à 5  $\mu\text{m}$ ) ou siphonné (filaments peu ou pas ramifiés, diamètre large et irrégulier de 5 à 15  $\mu\text{m}$ ), paroi pigmentée (mélanisée) ou non (hyaline). - les organes de fructifications: présence ou non d'organes protecteurs des conidies, modes de formation des conidies (issues directement du thalle, solitaires (aleuriospores) ou en chaînes (arthrospores), ou produites par bourgeonnement et regroupées soit en grappes, en masse, en têtes ou en chaînes basipètes ou acropètes), modes d'implantation des cellules conidiogènes [indifférenciée ou peu indifférenciée, différenciées (sur le filament végétatif, porté sur les conidiophores dispersés ou groupés)]. - les spores : endogènes (endospores) ou exogènes (conidiospores ou conidies), l'aspect des spores (unicellulaires et de petite taille), didymospores (bicellulaires).

Certaines espèces fongiques se retrouvent sur la plupart des terrains, comme les *Aspergillus*, *Penicillium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Mucor*, *Absidia*, *Rhizopus*, *Mortierella*, *Chaetomium*. On y retrouve aussi communément des *Oomycetes* et des *Chytridiomycetes*.



**Figure 30** : Aspect macroscopique et microscopique des champignons.

# Conclusion

## **Conclusion générale**

Le sol est une ressource limitée, non renouvelable, c'est le support d'agriculture et la base de production de notre alimentation. Il peut stocker de l'eau et des éléments nutritifs ainsi que de la matière organique et de l'énergie. De plus, le sol filtre l'eau, convertit les gaz et constitue un habitat naturel pour un nombre inimaginable d'organismes différents.

Nos sols sont la base de l'agriculture et le milieu dans lequel poussent presque toutes les plantes vivrières. Des sols sains produisent des cultures saines qui nourrissent les hommes et les animaux. De fait, il existe une corrélation directe entre la qualité des sols et la quantité d'aliments. Pour cela la protection des sols est une tâche collective des élus, de l'administration, de l'économie, de l'aménagement du territoire, de la science et de chaque individu.

Dans notre zone d'étude les céréalicultures, l'arboriculture et la culture des légumineuses sont les principales pratiques culturelles les plus exploitées dans les sols agricoles de cette zone semi-aride. Pour cela dans ce travail nous nous sommes basé sur l'effet de type de trois cultures (légumineuse, céréaliculture et verger d'amandier) sur la biomasse, l'activité et la diversité microbienne des sols agricoles.

L'étude du milieu physique nous a montré que la zone étudiée est caractérisée par une longue sécheresse estivale (6 mois) dans l'étage bioclimatique semi-aride.

L'étude des propriétés physico-chimiques a montré que les sols sont généralement caractérisés par une texture dominée par le sable surtout pour les sols des légumineuses et céréalicultures (plus de 70%). Ils sont moyennement humides avec une variation de certaines propriétés telles que la densité apparente, la porosité et la perméabilité.

Nous avons aussi enregistré une différence importante concernant la teneur en calcaire et la teneur en matière organique qui présentent une valeur plus élevée dans les sols du verger d'amandier. Cette variation est dû à la texture du sol où la matière organique dans les sols sableux se décompose rapidement à cause de ces sols qui contiennent beaucoup de pores, d'aération par contre le sol des vergers possède une grande proportion d'argile qui conduit à l'amélioration de la matière organique du sol.

En peut expliquer cette différenciation aussi par effet des pratiques agricoles principalement le labour qui change selon le type de culture exploitées, il est moins important sous l'arboriculture en comparaison avec les cultures saisonnières ou annuelles.

Les résultats des propriétés microbiennes des sols montrent une biomasse microbienne homogène entre les sols avec une faible variation de la respiration basale

représentée par le dégagement de CO<sub>2</sub>. Cette différence s'explique par la présence importante de matière organique dans notre verger beaucoup plus que dans les autres sols et sous l'effet de l'état énergétique du sol et les techniques culturales pratiquées dans chaque station.

Le dénombrement des microorganismes et leur diversité diffère selon le type de cultures. Une homogénéité de biomasse bactérienne a été enregistrée entre les trois types de cultures malgré qu'elle présente un nombre légèrement élevé dans les sols du vergé. Cette vie bactérienne est liée aux sols riches en matière organique et en eau. En ce qui concerne la densité de rhizobium des sols, nous remarquerons que les sols des légumineuses présentent une densité plus importante de rhizobiums que les sols des céréalicultures et des vergers due à la symbiose *Rhizobium*-légumineuse. Aussi caractérisée par une faible densité fongique parce que le développement des champignons requiert un pH acide contrairement à nos sols qui sont basiques (pH alcalin).

Pour cela on peut dire que les sols agricoles sont fragiles et vulnérables, et les pressions de plus en plus fortes sur les ressources mondiales en terres agricoles vont engendrer des problèmes qui réclament un véritable effort de recherche. La première série de difficultés a trait à la dégradation accrue des sols. A cet égard, il faudra non seulement envisager des solutions physico-chimiques et biologiques, mais aussi accorder beaucoup plus d'attention au contexte socio-économique dans lequel les programmes de protection du sol doivent être menés à bien tel que les pratiques culturelles exercées sur les terres et l'utilisation de système des rotations des cultures.

# Annexes

**Annexe 01 : Préparation des milieux de culture**

**1. Préparation des milieux de culture**

**Milieu de culture pour les bactéries:**

**Gélose nutritive à l'extrait de terre (POCHON, 1954)**

Extrait de viande.....	1g
Extrait de levure.....	2g
Chlorure de sodium.....	5g
Peptone.....	10g
Agar agar.....	15g
Extrait de terre.....	100ml

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

**2. Préparation de l'extrait de terre**

- Choisir un terre assez riche (type terre de jardin) de Ph neutre ou légèrement alcalin et autant que possible, employer toujours la même terre.
- mélanger à poids égal terre et eau du robinet (si 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 30°C. Laisser décanter et filtrer à chaud sur papier. Vérifier le ph qui doit être voisin de la neutralité. Repartir en récipient bouchés au coton, stériliser 20 minutes à 112°C.

**3. Milieu de culture des champignons (PDA)**

PDA.....	30g
Eau distillée.....	1000ml

La préparation de ces milieu et comme suite:

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

-ajuster le PH de milieu.

-repartir le mélange dans des flacons fermé et autoclave à 112 °C pendant 20 min.

-conserver le milieu au réfrigérateur jusqu'au moment de l'utilisation.

**4. Milieu de culture des Rhizobiums YEM (yeast Extract)**

Mannitol.....	10g
K <sub>2</sub> HP04 .....	0.5g
MgS04 (7H <sub>2</sub> O).....	0.2g
NaCl.....	0.1g
Extrait de levure .....	1g
Gélose.....	10g
Eau distillée.....	1000ml

## Annexe 02 : Caractéristiques macroscopiques des bactéries.

	Youb	Aspect	Couleur	Forme	Conteur	Gram	Croissance sur milieux solide(GN)
<b>Légumineuses</b>	L01	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	L02	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	positive	24h
	L03	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	L04	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Négative	24h
	L05	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
<b>Céréalescultures</b>	C01	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Négative	24h
	C02	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	C03	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	C04	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	C05	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
<b>Verger</b>	J01	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	J02	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	J03	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Négative	24h
	J04	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h
	J05	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Positive	24h

## Annexe 03 : Caractéristiques macroscopiques des rhizobiums.

Youb	Aspect	Couleur	Forme	Conteur	Gram	Croissance sur milieux (YEM) solide
<b>Légumineuses</b>	s s <sup>r</sup> 7	beige	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	s s <sup>r</sup> 7	blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	s s <sup>r</sup> 7	Blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	s s <sup>r</sup> 7	beige	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
<b>Céréalescultures</b>	Lisse	beige	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	beige	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	beige	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
<b>Verger</b>	Lisse	Blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	Blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	Beige	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h
	Lisse	Blanchâtre	Circulaire	Régulier	Négative	72h

## Annexe 04 : Caractéristiques macroscopiques des champignons.

Station	Aspect	Forme	Couleur	Contour	Diamètre en cm	espèces	Croissance sur PDA
Légumineuses	Lisse	Circulaire	Vert avec circonférence blanche	régulier	02	Penicillium sp	7 jours
	Bombée	Circulaire	Jaune pâle	irrégulier	03	Aspergillus sp	7 jours
Céréales	Laineux	Circulaire	Beige	régulier	04	Fusarium spp	7 jours
	Lisse	Circulaire	Beige avec bordure grise	régulier	02	Penicillium rugulosum	7 jours
	Laineux	Circulaire	Jaune avec bordure beige	irrégulier	02	Aspergillus ochraceus	7 jours
	Bombée	Circulaire	Blanche	régulier	02	Mucor	7 jours
Verger	Lisse	Circulaire	Noir avec bordure blan	régulier		Aspergillus niger	7 jours
	Bombée	Circulaire	Blanche	régulier	02	Mucor	7 jours
	Bombée	Circulaire	Vert jaunâtre	irrégulier	03	Aspergillus flavus	7 jours

## Résumé :

Ce travail a pour objectif de comparer l'effet de trois cultures différentes (légumineuse, céréaliculture et verger d'amandier) sur certains paramètres édaphiques dans une zone semi-aride de l'ouest algérien. Pour cela nous avons comparé les caractéristiques physico-chimiques et biologiques de 15 échantillons repartis sur 3 stations d'échantillonnages.

Les résultats montrent que les sols agricoles de la zone d'étude sont caractérisés par une texture sableuse avec une légère différence entre certains paramètres physico-chimiques tels que l'humidité, la densité, la rétention en eau, la matière organique et le calcaire dans les différentes cultures.

L'analyse des propriétés biologiques montre généralement une homogénéité de la biomasse microbienne et leur efficacité avec une faible différence significative de la respiration basale due à la différence de taux de la matière organique suivant le type de pratique culturale exercé.

**Mots clés :** Sol agricole, biomasse microbienne, respiration microbienne, matière organique, semi-aride.

---

## Abstract:

This work aims to compare the effect of three different crops (legumes, cereals and almond orchards) on certain edaphic parameters in a semi-arid zone of western Algeria. For this we compared the physicochemical and biological characteristics of 15 samples distributed over 3 sampling stations.

The results show that the agricultural soils of the study area are characterized by a sandy texture with a slight difference between certain physico-chemical parameters such as humidity, density, water retention, organic matter and limestone in the different cultures.

The analysis of the biological properties generally shows homogeneity of the microbial biomass and their efficiency with a small significant difference of the basal respiration due to the difference of rate of the organic matter according to the type of cultivation practice exerted.

**Key words:** Agricultural soil, microbial biomass, microbial respiration, organic matter, semi-arid.

---

## ملخص:

يهدف هذا العمل إلى مقارنة تأثير ثلاثة محاصيل مختلفة (الباقوليات والحبوب وبساتين اللوز) على بعض الخصائص البارزة للتربة في منطقة شبه قاحلة في غرب الجزائر. لهذا قمنا بمقارنة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لـ 15 عينة موزعة على 3 محطات لأخذ العينات.

أظهرت النتائج أن التربة الزراعية في منطقة الدراسة تتميز ببنية رملية مع تمايز لبعض العوامل الفيزيائية والكيميائية مثل الرطوبة، الكثافة، حفظ المياه والمواد العضوية والحجر الجيري بين المحاصيل المختلفة.

يظهر تحليل الخواص البيولوجية عموماً تجانساً للكتلة الحيوية الميكروبية وفعاليتها مع وجود فروق معنوية بسيطة في التنفس القاعدي بسبب تمايز في المادة العضوية وفقاً لنوع الزراعة الممارسة على التربة.

**الكلمات المفتاحية :** التربة الزراعية ، الكتلة الحيوية الميكروبية ، النشاط الميكروبي ، التنوع ، شبه الجافة.