

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABBAS LAGHROUR- KHENCHELA
INSTITUT DE SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master II en

ECOLOGIE

Option : Protection et décontamination des sols et des eaux pollués

Thème

*Etude de la biodiversité microbienne dans des
sols cultivés ou non par *Allium sativum* et *Allium
cepa**

Soutenu le : 03 /07/2012

Devant le jury :

Président : R. HAML

Examineur : W. MERIDJA

Rapporteur : K. BENSOUICI

Présenté par :

M^{me} MESSAI Asma

M^{elle} GOURMAT Samira

Année universitaire : 2011-2012

Remerciements

Au terme de ce stage de fin cycle, passé dans le laboratoire de microbiologie, faculté de science de la nature et de la vie, département de biologie, université Abasse Laghrour khenchela, le moment est venu de remercier tous ceux qui nous ont, à divers, aidés.

Nous témoignons, en premier lieu, notre énorme gratitude et notre plus sincère remerciement à Madame Bensusi qui a bien accepté de diriger notre travail, pour sa disponibilité, ses conseils avisés, son exigence et son esprit critique lors de la correction de notre travail.

Nous remercierons également les membres du jury qui nous font un immense honneur en acceptant de participer à l'évaluation de notre travail de mémoire.

Nous sommes essentiellement reconnaissantes au laboratoire de biologie de l'université d'Abasse Laghrour et laboratoire d'analyse de la qualité, Analyse microbiologique et physicochimique des eaux, Des produits agro-alimentaire, cosmétiques et détergents de khenchela, pour la réalisation des analyses physico-chimique de notre sol.

Merci aux membres du laboratoire de biologie qui ont directement concouru à la réalisation de ce travail par leurs conseils, leur complicité et leur bonne humeur.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes très chères parents ;mon père Hacan et ma mère Dalila qui mon soutenue et encouragés
toute la période de mes études et a qui je souhaite une longue vie , que dieu les protège et me
donne la force pour que je puisse leurs rendre un petit peu de leur bien fait

Merci mes parents, je souhaite que vous soyez fière de moi

A mon mari Hamza

A ma très chère fille Arije Mayar

A mes très chère sœurs et la fille de mon frère Maram Chada Alrayhane

A toute ma famille, chacun avec son nom

En fin à tous ceux qui m'aime

Messai Asma

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents, je les souhaite une longue vie

A mes frères: Chouki, Nadhir, Hamza et Salim.

Et ma sœur Nour El-Houda.

A mes cousines : Manel, Sara, Rayen et Kiki.

Je dédie ce travail à ma promotion de P.D.E.S.P, les étudiants de
L.M.D (Master).

A toute ma famille chacun avec son nom.

Gourmat Samira

Introduction	1
Revue bibliographique	
Chapitre I : L’ail	
1. Origine	3
2. Aspect botanique.....	3
3. Description.....	4
4. Les variétés d’ <i>Allium sativum</i>	5
4.1. <i>Allium sativum ophioscorodon</i> ou variété d’automne	5
4.2. <i>Allium sativum sativum</i> ou l’ail du printemps.....	6
5. Habitat	7
6. Maladies et ravageurs de l’ail	7
6.1. La pourriture blanche.....	7
6.2. La moisissure due à <i>penicillium</i>	7
6.3. Les virus.....	7
6.4. Les ravageurs.....	8
6.5. Les vers.....	8
7. Composition chimique.....	8
7.1. Les composés soufrés.	8
7.2. Les antioxydants	9
7.3. Les autres composés.	9
8. Utilisation et propriétés de l’ail.....	9
8.1. Utilisation de l’ail.....	9
8.2. Propriétés de l’ail.....	10
8.2.1. Action bactéricide	10
8.2.2. Action antiseptique.....	10
8.2.3. L’ail comme hypotenseur.....	11
8.2.4. Action anticancéreuse.....	11
8.2.5. Action antidiabétique.....	11
8.2.6. Action antifongique.....	11

8.2.7. Autres action.....	12
---------------------------	----

Chapitre II : L'oignon

1. Historique.....	13
2. Aspect botanique.....	13
3. Description	13
4. Le cycle de vie	14
5. Composition chimique.....	14
6. Différents type d'oignons.....	15
6.1. Oignon jaune.....	15
6.2. Oignon rouge.....	15
6.3. Oignon blanc.....	16
6.4. Oignon à bottelet.....	16
7. Les maladies	17
7.1. Les maladies fongiques	17
7.1.1. La pourriture blanche.....	17
7.1.2. La pourriture du basale fusarienn	18
7.1.3. Le mildiou	18
7.1.4. La brulure	18
7.1.5. La pourriture du col.....	19
7.1.6. La tache pourpre.....	19
7.2. Maladies bactériennes	20
7.3. Insectes	20

Chapitre II : Sol et microorganismes

1. Définition et constitution du sol	22
2-Les caractéristiques microbiologiques du sol	23
2.1. Interaction entre microorganismes dans le sol	23
2.1.1. Neutralisme	23

2.1.2. Mutualisme	24
2.1.3. Commensalisme	24
2.1.4 .Amensalisme	24
2.1.5. Parasitisme ou prédation	24
2.1.6. Compétition	25
2.1.7. Antagonisme	25
2.2. Modification du microenvironnement par la racine: Rhizosphère	25
2.3. Les grands groupes de micro-organismes du sol et leur rôle	26
2.3.1 . Procaryota	26
2.3.1.1. Les bacteria	26
- Protobacteria	27
- Acidobacteria	27
- Actinobacteri	27
-Verrucomicrbia	27
- Bacterd	28
- Chloroflexi	28
- Planctomycetes	28
- Gemmatimonodetes	28
- Firmicute	28
2.3.1.2. Archaea	29
2.3.2. Eucaryota	29
2.3.2.1. Protozoaires	29
2.3.2.2. Champignons	30
-Chytridiomycota	30
- Zygomycota	30
- Ascomycota	31
- Basidiomycota	31
2.3.2.3. Algues	31
2.4. Relations symbiotiques	31

2.4.1. Symbiose rhizobium	31
2.4.2. Symbiose actinorhiziennes	32
2.4.3. Mycorhizes	32

Matériel et méthodes

1. Prélèvement des échantillons de sol	33
2. Caractéristiques physicochimique du sol des échantillons	33
2.1. Mesure du PH des échantillons	33
2.2. Pourcentage d'humidité	34
2.3. Détermination du taux de la matière organique	34
2.4. Mesure de la conductivité de l'extrait aqueux 1/5	34
3. Analyses microbiologiques du sol	34
3.1. Préparation des dilutions	34
3.2. Dénombrement microbien	35
3.2.1. La flore totale aérobie mésophile(FTAM)	35
3.2.2. Dénombrement des entérobactéries	35
3.2.3. Estimation des salmonelles et des shigelles	35
3.2.4. Dénombrement des streptocoques	35
3.2.5. Dénombrement des Staphylocoques	36
3.2.6. Evaluation des pseudomonas	36
3.2.7.les actinomycètes	36
3.2.8. Levures et moisissures	36

Résultats et discussion

1. Les caractères phisico-chimiques	37
2. Dénombrement microbien	39
2.1 Evaluation de la flore tellurique du sol cultivé par Allium Sativum(ail)	40
* La FTAM	40
* Entérobactéries	40

* Streptocoques	40
*Staphylocoques.....	40
* Pseudomonas.....	41
* Actinomycètes	41
* Levures moisissures.....	41
2.2 Evaluation de la flore tellurique du sol cultivé par <i>Allium cepa</i> (oignon).....	42
* La FTAM	42
* Entérobactéries.....	42
* Streptocoques	42
*Staphylocoques.....	42
* Pseudomonas.....	43
*Actinomycètes.....	43
* Levures moisissures.....	43
Conclusion.	44
Références bibliographiques	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les caractères physico-chimiques des échantillons : 37

Tableau 2 : Type de sol en fonction de la salure et de la conductivité électrique. P : 38

Tableau 3 : Dénombrement microbien des échantillons du sol d'ail.P :39.

Tableau 4 : Dénombrement microbien des échantillons du sol d'oignon.P :39

Figure1 : la classification de l'espèce *Allium sativum* (l'ail cultivé).(Référence électronique 1).P : 4.

Figure 2 : variété d'automne (*Allium sativum* subsp *ophioscorodon*), rose de Lautrec.(Référence électronique2) .P : 6

Figure3 : l'ail du printemps (*Allium sativum* subsp .*sativum*).(Référence électronique 2) .P :6.

Figure 4 : *Allium cepa* (Référence électronique a). P :13.

Figure 5 : Oignon jaune. (1). P :15.

Figure 6 : Oignon rouge.(1). P : 16.

Figure 7 : Oignon blanc. (1). P : 16.

Figure 8: Oignon à bottelet . (1). : 17

Figure 9 : Site de prélèvement des 4 échantillons du sol en zone de Msara (Google earth). P :33.

Liste des abréviations

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

GN : Gélose nutritive

VRBG : Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

NPP : Nombre le plus probable

UFC : Unité formant colonie

E1 : Echantillon du sol cultivé par l'ail.

E2 : Echantillon du sol non cultivé.

E3 : Echantillon du sol cultivé par l'oignon.

E4 : Echantillon du sol non cultivé par l'oignon.

C.ex 1/5 (Ms/cm) : conductivité de l'extrait aqueux 1/5^{ème}, mS : mili Siemens

Cm : centimètre

mL : milli litre

m m : mili mètre

g : gramme

pH : potentiel Hydrogène

°C : degré Celsius

min : minute

h : heure

Tab : tableau

Résumé

Résumé

Les interactions microorganismes-plantes sont d'une importance capitale et conditionnent la réussite de toutes les cultures. Actuellement et grâce à la compréhension de ces phénomènes, plusieurs molécules d'origine végétale à intérêt médical ou autre, ont vu le jour et ont été développées. Une analyse microbiologique a été entreprise sur quatre prélèvements de sol cultivé ou non par *Allium sativum* (l'ail) et *Allium cepa* (l'oignon). Cette analyse vise à évaluer l'effet de ces plantes sur la composante microbienne du sol. Dans un premier temps, l'étude physicochimique révèle que les sols étudiés ont un pH alcalin qui favorise les cultures de ces deux plantes. Le sol cultivé par l'ail est caractérisé par un taux d'humidité faible, par contre l'humidité du sol cultivé par l'oignon est modérée. Les sols sont tous classés dans la limite des sols très salés. Le taux de la matière organique du sol cultivé par l'ail est élevé, tandis qu'il est faible pour le sol cultivé par l'oignon. L'analyse microbiologique de ces échantillons montre que qu'en général les bactéries et les champignons diminuent en nombre dans les sols cultivés par ces deux plantes, par rapport aux sols non cultivés. Ce résultat indique sans aucun doute l'effet antibactérien et antifongique de l'ail et l'oignon. En revanche, les salmonelles, les shigelles et les actinomycètes augmentent en nombre. Ce qui implique que ces deux plantes favorisent par leurs exsudats la croissance de certains microorganismes.

Mots clefs : *Allium sativum*, *Allium cepa*, microorganismes, sol, antibactérien, antifongique.

Introduction

Depuis longtemps l'homme reconnaît et utilisait les plantes pour se nourrir et pour traiter diverses maladies. Aujourd'hui encore, la science confirme les différentes vertus des plantes et de leurs huiles essentielles et leurs extraits bruts dont les domaines d'application sont très variés. L'utilisation des plantes s'étend aussi dans l'industrie alimentaire comme additifs, dans les cosmétiques, dans les parfumeries, l'industrie de savon et de détergents. Elles rentrent également dans la composition de plusieurs médicaments (**Boudjemaa et Ben guegua, 2010**). Certaines molécules extraites des plantes fournissent à la chimie des possibilités pour copier aussi fidèlement que possible la nature.

Parmi les plantes médicinales on cite le genre *Allium* qui est le plus important de la famille des alliacées qui comprend 450 espèces, largement distribué dans l'hémisphère nord (**Lonzotti, 2006**). Ces espèces sont caractérisées par leur saveur particulière et sont utilisées comme aliments (**Tada et al., 1988**), parmi eux l'espèce *Allium sativum* (L'ail) et *Allium cepa* (l'oignon).

L'ail a des origines dans l'antiquité, il est l'un des premiers exemples documentés de plantes utilisées dans le domaine médical à travers les âges et jouait un rôle important dans la prévention et le traitement des maladies ainsi que le maintien de la santé (**Block 1985, Kahn, 1996**). Louis Pasteur était le premier qui décrit l'effet antibactérien des jus de l'oignon et de l'ail. Les végétaux du genre *Allium*, et particulièrement l'ail (*Allium sativum*) présentent une large activité antibiotique contre les deux bactéries à gram positif et à gram négatif et aussi une activité antifongique contre les levures pathogènes (*Candida* spp.) et quelques champignons provoquant des dermatoses (**Whitemore et al., 2000**).

Un très grand nombre d'études ont été réalisées afin de mieux connaître les principes actifs de l'ail et de l'oignon et leurs effets. En effet, l'ail, sert depuis longtemps pour réduire le cholestérol et les triglycérides, il est indiqué aussi pour les personnes souffrant de diabète à cause de ses propriétés hypoglycémiques (**Augusti et Sheela, 1996**). De plus, il a été démontré que la consommation d'ail aurait un effet protecteur contre les cancers de l'estomac et de l'intestin (**Bianchinie et Yainio, 2001 ; You w et al., 2005**). Il est utilisé aussi pour ses propriétés pesticides dans la biodésinfection des sols maraichers (**Arnault, 2005**). L'oignon possède des effets bénéfiques sur le système cardio-vasculaire en inhibant l'agrégation

plaquettaire ce qui évite la formation éventuelle de caillots, et protège des risques d'obstruction des vaisseaux et de thrombose. Il s'oppose également à une élévation excessive du taux de sucre dans le sang grâce à son action hypoglycémiante chez l'animal et chez l'homme. De plus, il a été démontré qu'il présente une action bactériostatique responsable de l'empêchement de la prolifération microbienne, et peut même jouer un rôle antibactérien.

A cet égard, nous nous sommes intéressés, dans le présent travail à évaluer l'effet de ces deux plantes sur la microflore tellurique. Pour cela nous nous sommes fixés l'objectif de réaliser une comparaison entre la microflore d'un sol cultivé par l'ail et d'un autre cultivé par l'oignon avec deux autres sols non cultivés, prélevés à partir de la même région. Pour cela, un dénombrement microbien sur milieux sélectifs a été adopté.

Chapitre I

L'ail

Chapitre I : l'ail

1. Origine

L'ail provient à l'origine d'Asie centrale. Il y a environ 10 000 ans, il s'est répandu progressivement en Extrême Orient, en Arabie, en Égypte et dans le Bassin méditerranéen, transporté par les marchands au gré des routes commerciales. Ce bulbe est sans doute l'un des légumes les plus anciennement cultivés par l'homme qui l'utilisait autant pour son alimentation que pour sa santé (**Edetraut, 2002**).

Un lointain ancêtre, *Allium longicuspis*, croît encore dans les steppes sauvages en Afghanistan et en Iran. L'ail des bois ou trilobé, *Allium tricoccum*, une espèce indigène en Amérique du Nord, pousse en colonies dans les érablières et les sous-bois. À la suite d'une récolte commerciale intensive, il est devenu de plus en plus rare. Au Québec, il bénéficie d'une protection juridique, à titre d'espèce vulnérable. Du côté de l'Europe et de l'Asie, l'ail des ours, *Allium ursinum*, se rencontre aussi à l'état sauvage. Cependant, l'ail cultivé, *Allium sativum*, ne dérive pas directement des espèces sauvages, mais plutôt d'une très lente évolution génétique issue d'un travail de sélection par l'homme. Son nom viendrait du mot celtique « all » qui signifie chaud, brûlant (**Teuscher et al., 2005**).

2. Aspect botanique

- Nom latin : *Allium sativum*, de la famille des *Amaryllidacée* (cette famille était précédemment considérée comme une sous-famille des *Liliaceae*).
- Nom commun : ail commun, ail de cuisine, ail cultivé, ail à tige dure, chapon, perdrix, thériaque des pauvres, thériaque des paysans.

Règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Sous-classe : Liliidae

Ordre : Liliales

Famille : Liliaceae

Genre : *Allium*

Espèce : *Allium sativum*



Figure 1 : la classification de l'espèce *Allium sativum* (ail cultivé) (**Référence électronique 1**).

3. Description

L'Ail, ail commun ou ail cultivé (*Allium sativum*) est une plante potagère, bulbeuse vivace, à multiplication végétative (Meddeb, 2008) et monocotylédone qui appartient à la famille des liliacées, plus précisément des amaryllidacées. Le bulbe d'ail est formé de plusieurs caïeux ou gousses (3 à 15), qui constituent les organes de reproduction. Les bulbes, à l'odeur et au goût fort, sont souvent employés comme condiment en cuisine. L'ail cultivé se divise en deux sous-espèces connues sous le nom d'ail à tige dure (*ophioscorodon*) et ail à tige molle (*sativum*). La première est résistante au froid et s'acclimate bien à une culture dans les régions plus nordiques. La seconde est mieux adaptée aux régions chaudes et ne produit pas de fleurs, sauf en conditions de stress (**Bachmann, 2008**).

L'ail supporte mal les matières organiques fraîches et sera placé dans la rotation de manière à profiter d'une fertilité résiduelle, l'ail préfère les sols riches en humus et exempts de mauvaises herbes vivaces.

Les racines occupent principalement la zone de sol située entre 8 et 30 cm ; elles ont tendance à s'étaler à l'horizontale sur une certaine distance avant de tourner vers la verticale. Seules quelques racines descendent à plus de 50 cm de profondeur, si la structure le permet. Les racines se développent à partir du plateau situé à la base des gousses ; le plateau est la partie dure qu'on enlève lorsqu'on utilise l'ail en cuisine. Les gousses nommées caïeux en termes techniques, se développent à partir du plateau qui est une tige raccourcie dont partent les racines et les pousses.

Les enveloppes des caïeux sont blanches, rouges, roses, mauves ou pourprés. Le rendement des bulbes dépend directement de la quantité et de la qualité des feuilles. Un plant produit 4 à 20 caïeux. Les feuilles, en moyenne au nombre de 13, sont aplaties en forme de V ; à la base elles sont cylindriques, formant un fut et plusieurs couches qui enveloppent le bulbe pour décrire cette enveloppe de feuilles sèches et translucides. Chaque caïeu sera aussi pourvu d'une enveloppe protectrice. Les feuilles atteignent de 75 à 90 cm de hauteur. L'ail d'automne à moins de feuilles (**Denis la France, 2007**).

4. Les variétés d'*Allium sativum*

Les variétés d'ail se répartissent en deux groupes :

4.1. *Allium sativum ophioscorodon* ou variété d'automne

Cette variété se plante avant l'hiver, ce sont les plus productives ; leurs bulbes sont gros, moins de 80 à 135 g, mais ne se conservent pas au-delà de février (**Clement, 1981**). Cette plante se nomme aussi l'ail à tige dure produit de longues tiges florales (la hampe) et des bulbilles tout au bout des hampes, ses variétés comme l'ail rocamboule se comportent mieux dans les climats plus frais. Ils produisent ainsi des gousses plus grosses et plus faciles à peler. Parmi les variétés connues d'ail d'automne (**figure 2**), on retrouve notamment Spanish Roja, German Red, Carpathian, le Rose de Lautrec, le blanc de Lomagne, et le rougeâtre de Vendée dans le Sud-ouest (**Référence électronique 2**).



Figure 2 : variété d'automne (*Allium sativum* subsp.*ophioscorodon*), rose de Lautrec

4.2. *Allium sativum* ou l'ail du printemps

Cette variété appelée encore l'ail à tige tendre, que l'on peut planter jusqu'en février-mars (**figure 3**), elles ont une productivité moyenne ; leurs bulbes sont plus petits, moins de 50 à 100 g et se conservent une année environ. Parmi les variétés alternatives, le Rose du Var et le Rose d'Italie RO₂₄ dans le Sud-est (**Clement, 1981**). Une des raisons pour lesquelles on préfère l'ail à tige tendre en production industrielle, c'est que la plantation peut être mécanisée. En effet, comme il ne produit pas de hampe, on peut planter les bulbes et la tête en bas (**Référence électronique 2**).



Figure 3 : l'ail du printemps (*Allium sativum* subsp.*sativum*)

5. Habitat

L'ail est cultivé partout dans le monde. La première région de production est l'Asie, suivie des pays de la méditerranée où l'ail occupe une place de choix dans la cuisine, puis l'Amérique du sud et la région de Gilroy en Californie.

La production mondiale d'ail atteint près de 2700000 tonnes, dont plus de 250000 tonnes pour l'union européenne. L'ail se commercialise toute l'année, et la consommation en frais reste stable avec 0,8 kg par personne et par an. En moyenne, l'Espagne est un bon producteur avec 187000 tonnes par an (**Daniel brossard, 2002**).

6. Maladies et ravageurs de l'ail

Comme tous les plantes potagères, l'ail peut être touché par de nombreuses maladies comme :

6.1. La pourriture blanche

La pourriture blanche (*Sclerotium cepivorum*) est une maladie commune aux liliacées. Elle forme d'abord un duvet blanc accompagné d'une pourriture molle sur les bulbes et d'un jaunissement du bout des feuilles, suivie de sclérotés noirs. Cette maladie peut être introduite sur des oignonnets ou des bulbes d'ail infectés. L'utilisation de plants exempts de la maladie, le nettoyage des entrepôts et des équipements entre chaque culture, le contrôle de l'eau d'irrigation, l'arrachage des plants atteints et l'enfouissement soigneux des résidus de culture suivi d'un engrais vert, sont à recommander.

6.2. La moisissure due à *Penicillium*

Il arrive qu'une maladie fongique causé par des espèces de pénicilliums affecte l'ail en automne. Si on plante des caïeux affectés, le plant restera petit et séchera prématurément l'année suivante. Lors de la récolte, le penicillium peut contaminer les bulbes voisins et se propager en entrepôt ou à la plantation. Le problème se contrôle d'abord et avant tout par une sélection soignée lors de la plantation. On doit déclasser soigneusement tous les plants affectés et, après deux ou trois ans, on disposera d'une semence améliorée (**Berger, 2007**)

6.3. Les virus

Les virus causent des dommages en conditions de stress. Les maladies virales sont particulièrement favorisées par la sécheresse. Les souches cultivées au printemps sont souvent

plus fortement affectées. Certaines souches d'ail ont été reproduites en France pour éliminer la présence de virus, mais souvent les plants sont réinfectés en cours de culture. Principale maladie virale de l'ail, la mosaïque striée est identifiable d'abord par une chlorose en forme de stries sur les feuilles, puis les feuilles deviennent vrillées. Le développement du bulbe est alors fortement réduit. Le contrôle des thrips, et parfois des pucerons, est nécessaire pour prévenir la diffusion. On est alors forcé d'arracher les plants atteints ; cependant, un ail bien cultivé est généralement peu affecté. Donc, fertilité et préparation du sol, drainage et irrigation constituent la meilleure prévention (**Berger, 2007**)

6.4. Les ravageurs

Les principaux ravageurs sont la mouche de l'oignon (*Phorbia antiqua*), le nématode des bulbes (*Ditylenchus dipsaci*), la teigne du poireau (*Acrolepiopsis assectella*) qui est un papillon dont la larve attaque le bulbe qui finit par pourrir. Pour éviter ce type de ravageurs, il est préférable d'effectuer une récolte précoce et une rotation longue ou encore mettre en place des pièges à phéromones, mais ça peut être à double tranchant car cela attirera des teignes vers votre jardin et les autres cultures dont il est friand (**Clement, 1981**).

6.5. Les vers

Les problèmes causés par les vers fil de fer sont moindres si, dans la rotation, on éloigne la culture de l'ail de la prairie. Les pratiques de contrôle recommandées contre cette espèce et contre les noctuelles pour le chou pommé devraient aider à prévenir des dommages importants.

7. Composition chimique

L'ail contient de nombreux composés actifs qui apportent différents bénéfices pour la santé. Soulignons que les molécules phytochimiques de l'ail ne sont pas toutes actives dans l'organisme et que certaines restent encore à découvrir (**Amagase, 2006**).

7.1. Les composés soufrés

Ces substances sont nommées ainsi car elles contiennent un ou plusieurs atomes de soufre dans leur structure chimique. Les bulbes d'ail contiennent des quantités importantes de gamma-glutamylcystéine. Ces composants réservés peuvent être hydrolysés et oxydés en

allicine, qui s'accumule naturellement pendant le stockage des bulbes d'ail à des températures froides (**Amagase, 2011**).

Les composés sulfurés sont libérés lorsque l'ail est coupé, broyé ou écrasé (**Tattelman, 2005**). A ce moment, l'alline (une molécule inactive et inodore de l'ail) entre en contact avec une enzyme allinase et se transforme en allicine, qui est la molécule responsable de l'odeur caractéristique de l'ail.

7.2. Les antioxydants

Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps des dommages causés par les radicaux libres. Ces derniers sont molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement (**Willcox et al., 2004**).

L'ail contient différents composés antioxydants tels des flavonoïdes (**Miean et Mohamed, 2004**) et des tocophérols (**Leelarungrayub et al., 2006**).

7.3. Autres composés

La gousse d'ail contient des polysaccharides de réserves (Fructanes), des acides aminés, des enzymes (l'allinase, la peroxydase et la catalase) (**Meddeb, 2008**) et les saponines qui ont la capacité de diminuer la cholestérol sanguin chez l'animal (**Matsuura, 2001**) et la coagulation du sang in vitro (**Lanzotti, 2006**).

L'ail est riche en éléments minéraux : P, K, S, Zn, Ca, Cu, Mg et en oligo-éléments comme le sélénium et le germanium. Cette plante renferme aussi des vitamines A, B1, B2, PP et C et des acides gras essentiels.

8. Utilisation et propriétés de l'ail

8.1. Utilisation de l'ail

Les textes anciens de médecine d'Egypte, de Grèce, de Rome, de Chine et d'Inde ont chacune des applications médicales prescrites pour l'ail (**Rivlin, 2001**). En Egypte, le texte médical du Codex Ebers donne des remèdes basés sur l'utilisation de l'ail tel que la prescription de l'ail pour le traitement des anomalies de croissance, malaise générale, infestation d'insectes et parasites (**Bergner, 1996 ; Lawsonce, 1998**). En Grèce ancienne, Hippocrate, le premier père de la médecine utilisait l'ail pour les maladies pulmonaires, des anomalies de croissance en particulier l'utérus et pour la protection de la peau contre les

poisons ou des toxines (**Moyers, 1996**). La science moderne tend à confirmer de nombreuses croyances des cultures anciennes concernant l'ail, la définition des mécanismes d'action et l'exploitation du potentiel de l'ail pour la prévention et le traitement des maladies (**Rivlin, 2001**).

8.2. Propriétés d'ail

La plupart des liliacées produisent des substances antibiotiques comme l'allicine, qui est à la fois bactéricide, fongicide et nématicide. Ces propriétés sont exploitées dans la fabrication de purin d'ail pour lutter contre certaines maladies des plantes et agir en tant que répulsif contre certaines insectes. L'ail est un antiseptique, bactéricide, apéritif, digestif, cholagogue, expectorant stimulant, vermifuge, hypotenseur, peut être plus ou moins anticancéreux et antidiabétique à l'extérieur il agit comme révulsif et résolutif.

8.2.1. L'action bactéricide

L'action antiseptique et bactéricide des vapeurs d'ail a été expérimentalement confirmée par Wolbroth, Walton et Lindegreen (1937), elle est due à l'aldéhyde allylique ou acroléine, qui se montre bactéricide à la dilution de 1 pour 10.000.000, mais relativement dénuée de toxicité pour les mammifères. L'usage populaire d'écraser des caïeux et de les répandre dans les pièces où se trouvent des contagieux se trouve donc légitimé et l'ail a été à juste titre considéré comme un préservatif contre les maladies infectieuses, choléra (**Michel, d'Avignon, 1849 ; Lange, 1853**), typhus, fièvre typhoïde, diphtérie (**Turnbull et Bretonneau, Minchin, 1919**) et grippe.

Loeper, Forestier et Hurrier (1921) ont constaté les bons effets de l'ail dans la gangrène pulmonaire. Ils se manifestent également dans l'emphysème, les dilatations bronchiques avec bronchorrhée, la tuberculose intestinale avec lésions pulmonaires. A ses propriétés bactéricides, l'ail joint une action antispasmodique qui en fait un excellent expectorant dans les affections des voies respiratoires (**Fournier, 1999**).

8.2.2. Action antiseptique

Sur les organes digestifs, l'ail agit également comme antiseptique, tuant certaines bactéries, transformant par là la force intestinale en faisant prédominer les espèces banales sur les formes pathogènes (**Kretschmer, 1935**). Mais à cette action s'en joignent d'autres parallèles, antispasmodiques, comparables à celles des narcotiques, sans aucune de leurs

manifestations accessoires. C'est ainsi que E.Roos (cité par L.Kroeber) mentionne les excellents effets de l'ail contre la diarrhée et la dysenterie, les entérites purement nerveuses sans diarrhée, les coliques, la flatulence, les états dyspeptiques, comme les pesanteurs, les crampes, la dilatation d'estomac (Fournier, 1999).

8.2.3. L'ail comme hypotenseur

Tout en s'opposant à l'auto-intoxication intestinale et à l'artériosclérose, l'ail agit favorablement sur l'hypertension artérielle (Loeper et Pouillard, 1922). Il provoquerait la vasodilatation des artéioles et des capillaires et semblerait même influencer heureusement le rythme et la contractilité cardiaques (Guillon, 1930).

8.2.4. Action anticancéreuse

Pour A.Lorand, l'ail exerce également une action prévention anticancéreuse en désinfectant l'intestin, en accroissant la sécrétion gastrique et biliaire. Il en voit une preuve dans la rareté du cancer en chine ou se fait une grande consommation d'ail, il y aurait donc lieu d'adjoindre ce condiment au régime surtout lacto-végétal destiné à prévenir la constipation et l'auto-intoxication intestinale (Fournier, 1999).

8.2.5. Action antidiabétique

Hoppe (1933) a recherché, par des expériences sur des animaux, si l'ail possédait la faculté de réduire le taux du sucre sanguin. Les résultats ont été positifs et cet auteur a constaté que le principe actif résidait dans l'association du sulfure organique avec un produit non sulfuré présentant les caractères d'un alcaloïde (Fournier, 1999).

8.2.6. Action antifongique

De nombreux champignons phytopathogènes sont sensibles aux Alliées et à leur extrait. Il s'agit de : *Alternaria tenuis*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium poae*. Une forte inhibition de croissance des champignons *Fusarium Solani*, *Rhizoctonia solani*, *Phytium ultimum* et *Colletorichum lindemmuthianum* est obtenue avec des traitements par des jus d'ails à forte teneur en sulfure de diallyle et disulfure de diallyle (Auger et Thibout, 2003).

8.2.7. Autres actions

Meyer (1935) a fait de l'ail un spécifique de l'empoisonnement par la nicotine, en raison de ses effets désintoxiquant ; il y voit un palliatif contre les atteintes causées par la nicotine aux vaisseaux, contre les troubles cardiaques et digestifs issus du tabagisme (Fournier, 1999).

Chapitre II

L'oignon

Chapitre II : L'oignon

1. Historique

Plante potagère originaire d'Asie centrale et de Palestine, l'oignon est à la fois un légume et un condiment très apprécié, en plus de posséder de très nombreuses propriétés médicinales. L'oignon (*Allium cepa*, Liliacées) est cultivé depuis plus de 5 000 ans. Il fut particulièrement apprécié des Égyptiens ; il faisait partie des offrandes faites aux dieux, ou était déposé dans les tombes comme provision pour l'au-delà. On en a retrouvé dans le tombeau de Toutankhamon. L'oignon représentait le salaire des esclaves qui érigeaient les pyramides égyptiennes. Depuis le Moyen Âge, l'oignon est un des aliments de base de la cuisine et de l'alimentation et ce, surtout dans les pays du nord de l'Europe. Les oignons furent apportés dans le Nouveau Monde par Christophe Colomb lors de son deuxième voyage en 1493. Aujourd'hui, l'oignon est entre autres cultivé en Chine, en Inde, aux États-Unis, en Russie et en Turquie. En fait, il s'agit de l'aromate le plus universel (**Référence électronique 3**).

2. Aspect botanique

Règne : *Plantae*

Sous-règne : *Tracheobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Liliopsida*

Sous-classe : *Liliidae*

Ordre : *Liliales*

Famille : *Liliaceae*

Genre : *Allium*

Espèce : *Allium cepa*



Figure 4: *Allium cepa*

3. Description

L'oignon est une plante bisannuelle cultivé en annuel. Monocotylédone, la plante forme des feuilles tubulaires et pointues qui poussent très lentement durant les premières semaines. Le bulbe est formé par un renflement de la base des feuilles ; la tige, d'où partent

des racines fasciculées assez superficielles, est la partie dure de la base qu'on enlève à la cuisine ; on la nomme aussi plateau. La grande majorité des racines occupent les premiers 30 cm de sol une partie pénètre jusqu'à 60 cm et, à l'occasion, quelques racines atteignent 90 cm de profondeur. Les racines ont peu de ramifications et de poils absorbants. Le plant produit constamment de nouvelles racines.

L'oignon est composé de feuilles disposées en couches concentriques. Charnues et juteuses, ces feuilles blanchâtres sont emprisonnées par une dernière couche de fines pelures qui prennent des colorations diverses quand l'oignon est séché, allant du blanc au pourpre, en passant par le jaune, le brun et le rouge, selon les variétés. L'oignon se consomme frais, mi-sec ou sec. L'oignon peut être de forme, de taille et de saveur variables. La douceur de l'oignon dépend du climat et des variétés. L'oignon espagnol est l'un des plus doux, l'oignon blanc est doux et sucré et l'oignon rouge est le plus sucré. Certaines variétés nommées «oignons verts» ou «oignons nouveaux» (*Allium cepa*) sont vendues fraîches en bottes.

Les bulbes d'oignon peuvent être récoltés dans un premier temps comme oignons verts, lorsque le bulbe n'est pas encore à maturité et très petit ou dans un deuxième temps lorsque le bulbe est mûr ou séché, c'est-à-dire lorsque les feuilles en surface commencent à jaunir et à se faner (**Référence électronique 3**).

4. Le cycle de vie

Les différentes étapes du cycle de vie de l'oignon sont l'établissement, la croissance végétative rapide, la bulbaison, la tombaison ou couchage des feuilles, la maturation, la repousse, la floraison et la mise à graines. A toutes ces étapes correspondent des phases de la production qui seront influencées par le climat, la photopériode, les conditions de sol et de nutrition ou les conditions d'entreposage (**Berger, 2007**).

5. Composition chimique

L'oignon contient une huile volatile qui disparaît par la cuisson et doit son activité à des principes sulfurés ; des vitamines ; une insuline végétale dite glucokinine ; 10 à 11 p.100 de sucre incristallisable, saccharose pour les uns, maltose pour les autres ; de la quercétine ; de l'acide citrique, du phosphate de chaux ; de la gomme ; des sels de soude et de potasse ; de l'inuline ; de la cire. Dans les parois cellulaires on trouve mannane, mannose, pectine, pentosane, 0,015 p.100 d'essence composée surtout de disulfures, mais un sulfure d'allyle ni

terpène (L.Kroeber). Dans les feuilles de l'oignon on signale 0,5 à 2 p.100 de sucre, et diverses enzymes, amylase, dextrinase, maltase et émulsine.

6. Différents types d'oignon

Il existe plusieurs variétés d'oignons, les plus rencontrées sont l'oignon blanc, l'oignon jaune et l'oignon rouge.

6.1. Oignon jaune

Les oignons jaunes sont les oignons les plus courants (**Fig.5**). Ils sont cultivés à grande échelle. L'oignon jaune est disponible toute l'année, il est récolté en août et est conservé entre -3° et 0°. Il est équeuté et sec pour la consommation hivernale.

Les hybrides hâtifs en semis direct demandent de 75 à 100 jours pour arriver à maturité. Ils ont habituellement une durée d'entreposage courte ou moyenne. Les hybrides de pleine saison et les hybrides tardifs mûrissent entre 100 à 110 jours après le semis. Ils se conservent bien et donnent un bon rendement avec des tolérances et des résistances intéressantes face aux maladies. On plante aussi des oignonets (**Berger, 2007**).



Figure 5 : Oignon jaune

6.2. Oignon rouge

L'oignon rouge est un oignon qui a la taille d'un oignon commun, mais avec la particularité d'être de couleur rouge pourpre foncé à l'extérieur avec une chair légèrement violacée (**Fig.6**). Les oignons rouges demandent de 100 à 110 jours pour arriver à maturité, mais ils ne se conservent pas longtemps, sauf quelques hybrides développés pour la conservation. Ils sont cultivés à partir de transplants ou d'oignonets (**Berger, 2007**).



Figure 6 : Oignon rouge

6.3. Oignon blanc

Les oignons blancs sont des primeurs récoltés avant maturité complète. Ils sont surtout utilisés comme variété à botteler (**Fig.7**), mais ils peuvent devenir gros à l'automne avec une chaire ferme et douce. Ils ne se conservent pas longtemps et sont disponibles d'avril à septembre. Ils exigent de 100 à 110 jours pour venir à maturité. Ils sont difficiles à réussir à cause de leur susceptibilité à l'antracnose (**Berger, 2007**).



Figure 7 : oignon blanc

6.4. Oignons à botteler

Les oignons à botteler, connus sous le nom populaire incorrect d'échalotes (**Fig.8**), sont des variétés d'oignons que l'on récolte avant que le bulbe ne se développe. Ils sont prêts entre 60 et 75 jours après le semis direct. Il existe des variétés de printemps, d'été et de d'automne (**Berger, 2007**).



Figure 8 : Oignon à botteler

7. Les maladies

7.1. Les maladies fongiques

La fonte des semis, causée principalement par *Pythium* spp ; mais aussi par divers champignons et certaines bactéries, s'attaque particulièrement aux semis en caissettes, mais elle peut aussi causer des problèmes au champ. La plupart des semences d'oignon sont traitées avec un fongicide, mais comme ce n'est pas permis en agriculture biologique, toutes les mesures préventives devront être mises en applications. En serre, on utilise un terreau de bonne composition fait à partir d'un compost sain auquel on ajoute de la farine de silice et on recouvre les semences avec du sable blanc.

Le semis doit être peu profond et pas trop dense, dans un sol suffisamment réchauffé ; la ventilation et le contrôle de la température de la serre doivent être surveillés de très près. Ces mesures devraient être suffisamment pour prévenir l'apparition des pathogènes. Certains effectuent un ajout 1% de peroxyde d'hydrogène dans l'eau d'arrosage (concentration de 15%) ; on doit vérifier si la certification accepte cette mesure. Au champ, la prévention consiste en une bonne préparation de sol qui donne au sol une température appropriée pour recevoir le semis (**Berger, 2007**).

7.1.1. La pourriture blanche

La pourriture blanche (*Sclerotium cepivorum*) cause des dégâts lors des années fraîches et humides. Elle s'attaque aux racines et aux bulbes et entraîne le dépérissement des plants. L'examen de la base des plants permet d'observer un mycélium blanc duveteux accompagné d'une pourriture molle du bulbe. Dans le champ, les dommages sont répartis en foyers. La maladie survit pendant de nombreuses années dans le sol sous forme de sclérotés. Des rotations très longues, par exemple de 10 ans, permettent de revenir sur un sol avec une

charge infectieuse moindre, mais les sols sont rarement complètement débarrassés de sclérotés. Aussi faut-il éviter d'introduire la maladie par le biais de plants et surtout d'oignonets infectés, et favoriser la circulation de l'air. (Berger, 2007).

7.1.2. La pourriture du basale fusarienne

La pourriture du basale fusarienne (*Fusarium oxysporum* fsp.cepae) cause des dommages au champ et à l'entrepôt. Au départ, le bout des feuilles jaunit, puis les feuilles s'affaissent. Le plant au complet finit par dépérir et une pourriture sèche se développe à la base du bulbe. Le pathogène survit dans le sol sous forme de spores et s'introduit habituellement dans le plant par les racines. Les blessures aux bulbes causées par des insectes du sol ou des opérations mécaniques peuvent servir de portes d'entrée. La maladie est favorisée par un sol humide et des températures élevées. Lorsque l'infection survient tard en saison, souvent on ne s'aperçoit du problème que durant l'entreposage.

Il faut utiliser des cultivars résistants et bien sécher les oignons avant l'entreposage. Un précédent de luzerne diminuerait l'incidence du problème (Berger, 2007).

7.1.3. Le mildiou

Le mildiou (*Peronospora destructor*) endommage le feuillage et peut causer beaucoup de problèmes les étés pluvieux et frais. Une croissance violette poudreuse apparaissant par plages et observables tôt le matin sur le feuillage humide : la feuille jaunit graduellement, puis meurt. La maladie se répand à partir de foyers d'infestation. Il faut utiliser des plants ou des oignonets de source sûre et choisir des champs bien véralités. Il faut aussi irriguer tôt dans la journée pour laisser sécher le feuillage. Les oignons malades déclassés en entrepôt sont une source importante de contamination ; on doit les composter soigneusement et ne pas les laisser trainer en tas. Des poudrages ou pulvérisations de soufre ou d'oxychlorure de cuivre peuvent aider à ralentir l'infestation. (Berger, 2007).

7.1.4. La brûlure de la famille

La brûlure de la famille (*Botrytis squamosa*) est une maladie fréquente de l'oignon. Les premiers symptômes sont l'apparition de minuscules taches blanches entourées d'une zone verdâtre ou argentée. Lorsqu'elles sont nombreuses, ces taches entraînent le dépérissement complet de la feuille en commençant par son extrémité. Les périodes prolongées de mouillure du feuillage favorisent l'infestation par le champignon, qui n'attaque

que les feuilles, pas les bulbes. En détruisant les feuilles, la maladie empêche les oignons de murir normalement, ce qui fait que les bulbes perdent leur capacité de conservation à long terme.

La rotation des cultures permet de contrôler la maladie à l'échelle du champ. On recommande, entre autres, l'alternance avec la laitue, le céleri, la carotte et la pomme de terre, qui permettent l'élimination de cette maladie. Par contre, elle peut être propagée par le vent, car les spores du champignon voyagent dans l'air ; cela implique de déchaumer rapidement, de bien faire décomposer les résidus de culture l'année précédente et de composter soigneusement les débris de l'entrepôt. Il faut irriguer tôt ou utiliser le goutte à goutte et favoriser une bonne circulation de l'air en évitant les trop hautes densités et la prolifération des mauvaises herbes (**Berger, 2007**).

7.1.5. La pourriture du col

La pourriture du col (*Botrytis allii*) est une maladie qui se développe principalement en entrepôt, même si l'infection a habituellement lieu au champ en fin de saison. Le pathogène qui s'introduit par le collet fait pourrir les bulbes en commençant par le haut. Les parties affectées se couvrent parfois d'un épais duvet gris. Les oignons à gros collet qui ont mal muri sont particulièrement sensibles à cette maladie. On doit éviter les excès d'azote et gérer les sources de contaminants par la rotation, le déchaumage et le compostage des déchets d'oignons. On doit aussi cesser l'irrigation dès le couchage des feuilles pour les variétés hâtives, et deux semaines plus tôt pour les variétés tardives. On peut sécher les oignons à l'air chaud, puis les refroidir avant l'entreposage pour ensuite bien les trier en rejetant les gros collets déchirés. Il est important de garder l'entrepôt et sec (**Berger, 2007**).

7.1.6. La tache pourpre

La tache pourpre (*Alternaria porri*) est présente sur l'oignon, le poireau et d'autres liliacées. La maladie s'attaque principalement au feuillage et plus rarement aux bulbes. Les taches caractéristiques de cette maladie sur le feuillage sont formées d'avales de 2 à 5 cm de long et d'anneaux concentriques, les anneaux foncés présentant une teinte noire ou violacée. La tache pourpre attaque un oignon affaibli par des pluies violentes, de la grêle ou des thrips ; les vieilles feuilles sont plus sensibles (**Berger, 2007**).

7.2. Maladies Bactériennes

Les pourritures bactériennes causées par *Pseudomonas allicola* et *Pseudomonas cepacia*, ainsi que la pourriture molle par *Erwinia carotovora* entraînent des pertes à l'entreposage, en attaquant une ou des écailles du bulbe qui ramollit et dégage un liquide malodorant lorsqu'on le presse. Eventuellement, tout le bulbe pourrit. Les bactéries pénètrent dans le bulbe par des blessures ou se propagent par biais des larves de la mouche de l'oignon. Parfois, la pourriture a lieu avant la récolte. Les premiers symptômes observables des pourritures bactériennes sont que l'une des feuilles d'âge moyen, située à l'intérieur du bouquet foliaire, flétrit et s'affaisse, tandis que les autres feuilles demeurent vertes et en santé. Si le symptôme est répandu, on peut s'attendre à un lot d'oignons qui se conservent mal à long terme. On doit donc récolter les bulbes à pleine maturité en évitant les blessures à la manutention, bien les sécher, les ventiler et les entreposer à 0°C. En période de maturation, on doit éviter les conditions humides, surtout l'irrigation excessive à la fin de la bulbaison. Souvent l'apparition de ces maladies est associée à des orages violents survenant par temps chaud humide : en cas d'infection, on utilise les traitements à base de cuivre.

Pseudomonas allicola attaque aussi une ou quelques écailles du bulbe, de haut en bas et se propage par la base au bulbe. Le problème se pose durant l'entreposage : on le prévient en assurant de bonnes conditions de croissances d'aération au champ, l'absence de mauvaises herbes et en séchant bien le collet avant de le couper. Il faut déclasser les oignons atteints avant l'entreposage. *Pseudomonas cepacia* pénètre dans les bulbes blessés et se propage dans les écailles extérieures. Le haut du bulbe s'affaisse et celui-ci dégage une odeur sure, d'où le nom américain. (Berger, 2007).

7.3. Insectes

Favorisée par le temps frais et humide, la mouche de l'oignon (*Hylemia antiqua*) dépose ses œufs à la base des liliacées ou à la base des feuilles à partir de la fin de mai ou du début de juin. Les dommages sont causés par les jeunes larves blanchâtres qui creusent des galeries dans la base des plants d'ail, d'oignon, d'échalote et de poireau, et qui peuvent se déplacer d'un plant à un autre. Les pertes les plus importantes sont observées dans les oignons semés ou chaque larve peut consommer plusieurs plantules pendant sa croissance. L'insecte peut compléter jusqu'à trois génération par année, mais c'est la première génération qui cause habituellement le plus de dommages. Les sols organiques sont davantage exposés aux attaques de mouches que les sols minéraux. En culture conventionnelle, on utilise généralement un insecticide rémanent dans le sillon ou à la base des plants. Dans une

approche biologique, on utilisera d'abord tous les moyens pour favoriser la culture, puis en deuxième lieu des aménagements écologiques pour abriter les nombreux prédateurs et parasites de la mouche. On peut appliquer des substances répulsives comme l'absinthe, des extraits de poivre noir, de gingembre et de piments forts, ou de la cendre en période de ponte ; on a aussi recours à la terre diatomée à la base des plants (**Berger, 2007**).

Chapitre III

Sol et

microorganisme

Chapitre III : Sol et microorganismes

1. Définition et constitution du sol

Le sol tel qu'il a été défini depuis 1883 par V.V. Dokouchaev, le père-fondateur de la pédologie, est un système naturel, indépendant et variant. Cette définition du sol n'a pas fondamentalement changé dans son essence même si elle a reçu plusieurs reformulations depuis qu'elle a été énoncée par Dokouchaev en 1883 (**Gallali, 2004**).

La première reformulation est celle qui a été donnée par Saint Emile MATTSON (1886-1980) professeur de pédologie à l'université d'Uppsala en Suède. Pour Mattson le sol est un milieu naturel résultant de la transformation de matériel minéral et organique sous les actions variablement combinées de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la biosphère au contact de lithosphère (**Gavaud, 1977**).

Le sol est la couche de la croûte terrestre composée de particules. Une formation plus récente faisant du sol un continuum spatio-temporel est avancée dans le Référentiel Pédologique Français RPF, le sol en pédologie est un objet naturel, continu et tridimensionnel nommé la couverture pédologique. Les couvertures pédologiques sont formées de constituants minéraux et organiques, présents à l'état solide, liquide et gazeux (**Gallali, 2004**).

Le sol est donc un objet naturel dont les caractéristiques générales sont bien établies. Cependant, le sol ne serait être considéré comme un être vivant bien qu'il doit être pris comme un objet naturel en se plaçant dans la droite ligne de V.V. Doukouchaev. Cela par ce qu'il n'a pas de programme génétique et évolue seulement en fonction du milieu et ne constitue donc pas une entité comme un végétal ou un animal (**Clavet, 2003**).

Les sols sont des milieux poreux constitués de trois phases : solide, liquide et gazeuse. La phase solide n'est pas continue et délimite un espace poral de géométrie complexe et de dimension variées. Cette caractéristique explique la présence de phases liquide et gazeuse (**Clavet, 2003**).

Le sol est structuré en micro-agrégats et macroagregats :

- les micro-agrégats représentent la plus petite unité cohérente du sol. Formés de grains de sable, de limon, de quelques particules d'argile et de matière organique. Leur cohésion est due à l'action conjuguée de ciments minéraux et de liants organiques, directement liés à la présence de racines et des microorganismes.

- les macro-agrégats sont la réunion de plusieurs micro-agrégats. La cohésion de ces ensembles est assurée par des ciments minéraux et organiques et par un réseau de très petites racines (**Davet, 1996**).

En conclusion, 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 (**Jackson et Schlesinger, 2004**).

Les organismes et microorganismes qui colonisent le sol exercent leurs effets sur la nature et la forme des composés du sol ainsi que sur certaines de ses propriétés physico-chimique. Le terme microfaune désigne les plus petits des animaux qui vivent dans le sol. Pour certains auteurs, ce terme concerne seulement les animaux dont la taille est inférieure à 200 μm , d'autres font de la microfaune un ensemble plus vaste dans lequel ils admettent des animaux atteignant 1 à 2 mm. La microfaune comprend, dans ce cas des Nématodes, des Arthropodes dont les deux groupes les mieux représentés dans le sol sont les Collemboles et les Acariens, et quelques autres animaux d'importance secondaire (**Davet, 1996**).

2. Les caractéristiques microbiologiques du sol

2.1. Interaction entre microorganismes dans le sol

Lorsque plusieurs microorganismes cohabitent dans le même milieu, ils forment une association microbienne dans laquelle la croissance de chaque espèce est plus ou moins influencée par celle des autres. Nous distinguons sept catégories de relations entre microorganismes (**Zak et al., 2006**).

2.1.1. Neutralisme

Le neutralisme est une situation où les deux populations sont totalement neutres l'une vis-à-vis de l'autre parce qu'elles sont trop distantes ou parce que leurs exigences écologiques sont totalement différentes (**Davet, 1996**).

2.1.2. Mutualisme

C'est une situation dans laquelle les deux partenaires sont capables de vivre indépendamment l'un de l'autre, mais peuvent tirer un profit mutuel d'un éventuel voisinage. L'oxydation du méthane par le *Pseudomonas* par exemple produirait de petites quantités de méthanol qui inhibe rapidement la croissance du *Pseudomonas*. Mais *Y Hyphomicrobium*, métabolise ce méthanol au fur et à mesure de sa formation, et détoxifie le milieu et lève l'inhibition (Wilkinson *et al.*, 1974).

2.1.3. Commensalisme

Dans cette situation, la population B tire profit de la présence de la population A, tandis que la population A n'est affectée ni en bien ni en mal par la population B. Des champignons des litières ou des composts, comme *Chaetomium thermophile* ou *Humicola inseolens*, produisent, à partir du substrat cellulosique, des acides organiques et des sucres simples qu'ils n'utilisent pas mais que d'autres champignons, dépourvus du complexe enzymatique cellulolytique, comme *Thermomyces lanuginosus* (= *Humicola lanuginosa*) peuvent alors consommer (Megee *et al.*, 1972).

2.1.4. Amensalisme

L'amensalisme, est une situation où une population B est perturbée par une population A, sans que la population A y trouve un avantage particulier. On peut considérer comme des exemples d'amensalisme la forte acidification du milieu, résultant de l'oxydation du soufre par *Thiobacillus thiooxydans* (Davet, 1996).

2.1.5. Prédation et parasitisme

Dans la prédation et le parasitisme, il y a une exploitation d'un organisme par un autre, mais les relations entre exploiteur et exploité sont étroites et nécessitent un contact intime. La prédation est un comportement très répandu chez les protozoaires du sol. Une amibe comme *Arachnula impatiens*, par exemple, peut consommer indistinctement des bactéries, des algues, des levures, des champignons filamenteux et même des nématodes (Old et Chakraborty, 1986). Les *Bdellovibrio* illustrent bien le concept de parasitisme. Ce sont des bactéries de très petites tailles qui traversent la paroi d'autres bactéries, comme *Pseudomonas*

ou *Xanthomonas*, s'introduisent dans leur cytoplasme et s'y multiplient aux dépens de leurs hôtes (Davet, 1996).

2.1.6. Compétition

Des organismes sont en compétition lorsqu'un élément indispensable à leur développement est présent dans le milieu en quantité insuffisante. La compétition pour le fer ferrique par exemple, est très élevée. Les microorganismes répondent à la carence en Fe^{3+} par la synthèse de sidérophores qui sont de puissants agents de séquestration de Fe. L'affinité pour le fer des sidérophores des champignons (par exemple la fusarinine de (*Fusarium oxysporum*) est en général très inférieure à celle des sidérophores des bactéries (par exemple la pseudobactine des *Pseudomona*) : cela signifie que les champignons sont le plus souvent moins compétitifs pour le fer que les bactéries. (Leong, 1986).

2.1.7. Antagonisme

L'antagonisme désigne une situation où un organisme exerce un effet inhibiteur sur un autre organisme qu'il tend à éliminer sans le consommer. L'antagonisme représente donc une étape bien définie entre l'amensalisme et la compétition où les deux partenaires sont en difficultés. Dans cette acception, ce terme est synonyme de l'interférence compétition, au sens définie par Lockwood (1981) et illustré par Wicklow (1992). L'antagonisme repose essentiellement sur l'émission d'antibiotiques solubles ou volatils. On a pu montrer par exemple que l'antagonisme de *Trichoderma virens* vis-à-vis de *Pythium ultimum* est bien du à la production de gliovirine. Le champignon parasite *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* est inhibé par une phénazine élaborée par un *Pseudomonas* fluorescent présent sur les racines du blé (Davet, 1996).

2.2. Modification du microenvironnement par la racine (Rhizosphère)

Ayant observé une accumulation de microorganismes au voisinage des racines, HILTNER en 1904 employa le terme rhizosphère pour désigner la partie du sol soumise à l'action du système racinaire. Nous concevons aisément que les racines modifient l'équilibre de la microflore du sol de diverses manières, puisqu'elles agissent mécaniquement sur la structure du sol, qu'elles dégagent du gaz carbonique, qu'elles excrètent diverses substances et qu'elles abandonnent des débris cellulaires (Pesson, 1971). On distingue en général trois zones dans la rhizosphère :

- **La rhizosphère** « sensu stricto » : mince couche du sol qui adhère fortement à la racine mais qui peut en être détachée par lavage et agitation modérée dans l'eau (**Roger et Garcia, 1993**).

- **Le rhizoplan** : une fois la racine soigneusement lavée pour la débarrasser du sol rhizosphérique, on s'aperçoit qu'il subsiste à la surface des hyphes mycéliennes et des colonies bactériennes, fortement adhérentes, dont la composition floristique peut être différente de celle de la rhizosphère et qui ne peut être détachée que par agitation vigoureuse. La surface de la racine constitue donc un habitat particulier que l'on nomme le rhizoplan (**Davet, 1996**).

- **L'endorhizosphère** : représentée par les espaces intercellulaires du cortex colonisés par les microorganismes (**Roger et Garcia, 1993**).

Les sources organiques d'azote, de carbone, de phosphate, disponibles dans la rhizosphère, stimulent considérablement le développement des populations : la vitesse de multiplication des microorganismes, pris dans leur ensemble, est deux fois plus élevée dans la rhizosphère que dans le sol ordinaire (**Bowen et Rovira, 1976**). Toutefois la compétition pour les minéraux solubles (le fer en particulier) est intense, et les richesses de la rhizosphère ne sont pas réparties équitablement entre tous les microorganismes du sol, elles ne sont accessibles, au contraire, qu'à un petit nombre de privilégiés adaptés à ce milieu particulier. Il s'ensuit que la rhizosphère est un lieu où les densités de population sont très fortes, mais où la diversité des espèces est plus faible que dans le reste du sol (**Davet, 1996**). Les conditions de vie dans la rhizosphère exercent un effet sélectif sur les populations microbiennes du sol. Une partie seulement de la microflore et de la microfaune tellurique est représentée dans cet environnement, les microorganismes qui y demeurent ne persistent que s'ils sont rhizosphère compétent c'est-à-dire aptes à croître, à fonctionner et à se maintenir dans la rhizosphère au fur et à mesure que la racine s'allonge (**Ahmad et Baker, 1987**).

2.3. Les grands groupes de microorganismes du sol et leur rôle

2.3.1 Procaryota

2.3.1.1 Bacteria

Les bactéries sont les microorganismes les plus nombreux dans le sol. Ils se comptent par milliard d'individus dans un gramme de sol. On y dénombre plus de 200 genres de bactéries différents (**Gallali, 2004**). Elles sont surtout abondantes autour des racines de certaines plantes, au sein de la rhizosphère. La plupart d'entre elles sont hétérotrophes et saprophytes, elles décomposent les celluloses, les sucres, qui constituent des sources d'énergie, et sont pour

la plus grande part, minéralisées sous forme de CO₂ (**Duchaufour, 2001**). Les bactéries du sol, sont pour la plupart mésophiles, préférant des pH neutre ou légèrement alcalins (**Davet, 1996**).

- **Proteobacteria**

Les Proteobacteria peuvent constituer jusqu'à 77% des clones provenant du sol, beaucoup d'entre eux correspondent à des bactéries incultivées (**MacCaig et al., 1999**).

Ils forment un groupe très vaste où l'on trouve les quatre types majeurs de nutrition bactérienne. Certains de ces organismes sont photosynthétiques alors que d'autres sont hétérotrophes ou chimiolithotrophes. Les bactéries nitrifiantes, les thiobacilles, les bactéries filamenteuses oxydant le soufre, et beaucoup d'espèces qui se développent comme autotrophes en utilisant l'hydrogène. Ce groupe phylogénétique contient beaucoup des bactéries hétérotrophes Gram négatives telles que *Pseudomonas*, les entérobactéries incluant *E. coli*, *Vibrio* et des bactéries luminescentes, ainsi que des bactéries plus inhabituelles sur le plan morphologique telles que les bactéries pourvues de prosthèques. De plus, de nombreux genres symbiotiques comme *Agrobacterium*, *Rickettsia*, et *Rhizobium* sont les membres de ce groupe (**Perry et al., 2004**).

- **Acidobacteria**

Les membres de ce phylum constituent en moyenne 20% de l'effectif des communautés bactériennes du sol (**Hugenholtz P, 2002**). Ces bactéries Gram négatives sont communes dans les sols et les sédiments, mais peu d'entre elles ont été cultivées. Outre le genre aérobie *Acidobacterium*, ce phylum contient des bactéries homoacétogéniques, *Holophaga*, et des bactéries réductrices du fer dans le genre *Geothrix* (**Perry et al., 2004**).

- **Actinobacteria**

Les membres du phylum Actinobacteria représentent en moyenne 13% des communautés bactériennes du sol (**Janssen, 2006**). Ces bactéries Gram positives ont une gamme de formes cellulaires allant d'organismes unicellulaires à des formes mycéliennes filamenteuses branchées. La plupart sont communément rencontrées dans le sol et certaines produisent des structures de dissémination appelées conidiophores qui leur permettent de survivre pendant les périodes de sécheresse (**Perry et al., 2004**).

- **Verrucomicrobia**

Reconnu depuis 1995, les Verrucomicrobia avoisinent les 7% de la population microbienne occupant le sol (**Janssen, 2006**). Ces bactéries Gram négatives sont très originales en ce que certains membres possèdent des gènes bactériens de la tubuline. Très peu

de représentants de ce phylum ont pu être isolés en culture pure. Les plus représentés dans le sol sont les *Spartobacteria* qui sont tous des aérobies hétérotrophes (**Sangwan et al., 2005**).

- **Bacteroidetes**

Ils représentent en moyenne 3% des microorganismes du sol (**Janssen, 2006**). Ces bactéries sont Gram négatives. Les représentants de la classe *Sphingobacteria* sont fréquemment retrouvés, certains sont reconnus comme étant cellulolytiques et chitinolytiques (**Sly et al., 1999**). C'est un groupe varié qui comporte des hétérotrophes aérobies et des anaérobies. Certains de ses membres sont des bactéries mobiles par glissement (**Perry et al., 2004**).

- **Chloroflexi**

En moyenne, nous retrouvons 3% de clones de *Chloroflexi* dans les sols. Ils n'existe que huit genres décrits (**Garrity et al., 2004**). Ce groupe Gram négatif contient le genre *Chloroflexus* représenté par une bactérie verte se déplaçant par glissement qui possède un métabolisme diversifié. Certains membres peuvent croître de façon hétérotrophe ou photosynthétique. Le dioxyde de carbone n'est pas fixé par le cycle de Calvin ou par le cycle de Krebs, mais par une voie connue seulement dans ce groupe d'êtres vivants (**Perry et al., 2004**).

- **Planctomycetes**

Ils représentent en moyenne 2% de la population du sol. Les *Planctomycetes* constituent un groupe de bactéries Gram négatives bourgeonnantes, unicellulaires ou filamenteuses qui ne possèdent pas de peptidoglycane au niveau de leurs parois cellulaires (**Fuerst, 2005**).

- **Gemmatimonodetes**

Les représentants de ce phylum sont présents en moyenne à 2% dans le sol. Les bactéries isolés de ce phylum sont des hétérotrophes aérobies (**Davis et al., 2005**).

- **Firmicutes**

Les bactéries des genres *Bacillus* et *Clostridium* ont longtemps été considérés comme faisant partie des populations microbiennes communes du sol. Cependant, elles ne représentent en moyenne que 2% de ces populations (**Janssen, 2006**). La classe des *Bacilli* et celle des *Clostridia* comprennent 214 genres (**Garrity et al., 2004**). Une des hypothèses de la sous représentation de séquences de ce phylum dans le sol pourrait être liée aux biais induits par l'extraction de l'ADN. Les bactéries de ce groupe sont toutes Gram positives, sauf *Mycoplasma*, totalement dépourvu de paroi cellulaire. Ce sont des organismes unicellulaires à faible contenu en GC. La plupart sont des coques ou des bâtonnets, et certains produisent des

endospores. Les bactéries du genre *Bacillus* sont aérobies ou forment des spores de manière facultative, alors que celles du genre *Clostridium* sont des fermentatrices anaérobies. Certaines sont sulfato-réductrices. Un groupe, les héliobactéries, est photosynthétique (**Perry et ai, 2004**).

2.3.1.2. Archaea

Les se répartissent dans trois groupes phylogénétiques ou phylum. Les Crenarchaeota contenant les organismes les plus thermophiles connus. Les Euryarchaeota contenant les méthanogènes. Les Korarchaeota qui ont été découverts dans des sources chaudes, mais aucune n'a été isolée en culture pure (**Perry et ai, 2004**). Les archaeobactéries détiennent clairement tous les records pour leurs capacités à survivre aux frontières de la vie. Proliférant dans un sel à 30 %, dans une acidité à pH 0 ou à des températures dépassant le point d'ébullition de l'eau.

Dans le sol, nous trouvons des représentants cultivés du phylum Euryarchaeota. Ce sont, essentiellement, des méthanogènes capables d'utiliser l'hydrogène ou l'acétate comme accepteur d'électrons (**Garrity et ai, 2004**). D'autres études ont révélé des séquences d'archaeobactéries dans le sol. Ces résultats étaient surprenants dans la mesure où les archaeobactéries avaient auparavant établi leur réputation sur leur capacité à peupler des niches extrêmes. Mais pourquoi ne les a-t-on pas trouvés plus tôt ? Parce que ces microbes résistent à toute culture en dehors de leur habitat naturel. La difficulté de cultiver des espèces isolées provient certainement de leur interdépendance avec d'autres organismes.

2.3.2. Eucaryota

2.3.2.1. Protozoaires

Ce sont des organismes unicellulaires hétérotrophes et capables de se déplacer. Leur taille est très variable. Dans leur majorité, les protozoaires sont aérobies. C'est dans le milieu aquatique qu'ils sont les plus répandus. Ils ne sont cependant pas rares dans le sol où l'on rencontre des représentants de tous les groupes à formes libres (**Davet, 1996**). Leur rôle dans la régulation des équilibres microbiens a été, et demeure encore, largement sous-estimé : la masse des bactéries ingérées annuellement par les protozoaires du sol est en effet de l'ordre de 6 t/ha (**Stout et Heal, 1967**).

2.3.2.2. Champignons

Ce sont des microorganismes hétérotrophes filamenteux et immobiles. Cependant beaucoup de champignons, se présentent sous forme unicellulaire : ce sont les levures, ainsi que plusieurs groupes de champignons inférieurs. Les champignons ont besoin d'humidité, mais leurs exigences sont moins élevées que celles des bactéries. C'est pour quoi ils sont en général plus nombreux et plus actifs qu'elles dans les couches superficielles du sol, qui se dessèchent rapidement. Les champignons supportent généralement bien les pH acides et, dans de telles conditions, sont plus compétitifs que les bactéries pour l'exploitation d'un substrat. (Davet, 1996). Le rôle des champignons dans le sol est considérable et très varié : la plupart sont aptes à décomposer les celluloses, certains sont susceptibles d'hydrolyser les composées de nature phénolique, plus résistants : lignine, tannins. Certains champignons sont associés aux racines des plantes supérieures, en formant les mycorhizes, à vie symbiotique, qui facilitent la croissance et la nutrition des espèces contaminées. (Duchaufour, 2001) Les champignons peuvent être subdivisés en :

- **Chytridiomycota**

Ces champignons archaïques, microscopiques ou de petites tailles, essentiellement aquatiques, mais se rencontrent aussi dans les sols, ont généralement conservé leurs flagelles et sont les seuls du règne des Fungi à présenter des cellules mobiles lors de leur développement (Barr, 1990). La fécondation est normale, les gamètes fusionnent d'emblée pour former l'œuf ou zygote. Ils comprennent environ 800 espèces connues, réparties en 4 ou 5 ordres. Les plus connues sont celles qui parasitent les végétaux supérieurs. (Bouchet et Guignard, 2005). Les genres communs dans les sols sont Allomyces et Rhizophydium (Roger et Garcia, 1993).

- **Zygomycota**

La plupart vivent en milieu terrestre, dans le sol ou sur des matières végétales et animales en décomposition. Un groupe important de Zygomycètes s'associe par mutualisme aux racines (Campbell et al., 2006). des plantes, formant ainsi des mycorhizes. Les hyphes des Zygomycètes sont des cénocytes qui présentent des cloisons aux seuls endroits où les cellules reproductrices se forment. Essentiellement saprophytes, ils se présentent sous forme de moisissures. Leur reproduction sexuée passe par une zygospore (Bouchet et Guignard, 2005).

- **Ascomycota**

Ils vivent dans l'eau de mère, l'eau douce et les milieux terrestres. Leur taille et leur complexité varient grandement (**Campbell et ai, 2006**). Ils sont caractérisés par la formation, au cours de leur reproduction sexuée, de sporocystes spécialisées ou asques, à l'intérieur desquels s'individualisent, à la suite d'une méiose, les ascospores (**Bouchet et Guignard, 2005**).

- **Basidiomycota**

Ils constituent les deux tiers de la biomasse vivantes du sol et jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la litière végétale. Les basidiomycètes se distinguent des autres champignons par la production de basidiospores, qui se forment à l'extérieur d'une structure sporogène, la baside (**Raven et ai, 2003**).

2.3.2.3. Algues

Malgré leur besoin de lumière, les algues sont très présentes dans les premiers centimètres de sol. Pour mettre en évidence les Algues vertes (ou Chlorophycées) il suffit d'exposer à la lumière un peu de sol maintenu frais : sa surface verdit assez vite. Les algues affectionnent particulièrement les sols humides où elles atteignent quelques milliers, voire plus rarement quelques dizaines de millions par gramme de sol.

2.4. Relations symbiotiques

Les symbioses sont des associations à bénéfice réciproque entre une plante et un microorganisme. Certaines symbioses se manifestent par la formation d'organes spécialisés comme les nodules et les mycorhizes. Les nodules varient par leur taille (de quelques mm à plusieurs cm), leur forme, leur implantation, et le type de microorganisme responsable. Ils sont induits par deux types de microorganismes : les Rhizobium qui produisent la formation de nodules sur les racines des légumineuses et les Frankia, qui produisent la formation de nodules sur les racines de certains arbres qualifiés d'actinorhiziens (**Roger et Garcia, 1993**).

2.4.1. Symbiose rhizobium

La plupart des espèces de légumineuses possèdent sur leurs racines, des nodules contenant des bactéries fixatrices d'azote (**Roger et Garcia, 1993**). L'un des principaux groupes, et le plus anciennement connu est celui des Rhizobium (à croissance rapide) et des Bradyrhizobium (à croissance lente). Les Rhizobium sont des bactéries souvent abondantes au

voisinage des racines des plantes, particulièrement dans les sols dont le pH est voisin de 7. Le processus de l'association symbiotique commence par un échange de signaux entre la plante-hôte et la bactérie (Davet, 1996).

2.4.2. Symbiose actinorhiziennes

Eclipsés par les Rhizobium, handicapés aussi par la difficulté de leur étude, les Frankia sont désormais l'objet d'un intérêt soutenu. Ces actinomycètes forment en effet des associations symbiotiques avec des arbres et des arbustes appartenant à 8 familles botaniques différentes (Davet, 1996), dits actinorhiziens (Roger et Garcia, 1993).

2.4. 3. Mycorhizes

La mycorhize correspond à l'association de la racine et d'un champignon mycorhizogène. Il existe deux types majeurs d'associations mycorhiziennes ; l'ectomycorhize et l'endomycorhize. Contrairement aux champignons ectomycorhizogènes dont le développement demeure intercellulaire, celui des endomycorhizogènes est à la fois inter et intra- cellulaire (Stengel et Gelin, 1998).

Matériel

Et

Méthodes

1. Prélèvement des échantillons de sol

Tous les échantillons testés dans cette étude ont été prélevés à partir de la zone de M'sara, dans la wilaya de Khenchela (**Photo 1**). Deux échantillons de sol proviennent de la zone rhizosphérique d'un sol cultivé par l'ail et d'un autre non cultivé par cette plante. Deux autres échantillons sont prélevés à partir d'un sol cultivé par l'oignon et d'un autre non cultivé par ce légume. Les prélèvements sont introduits dans un papier aluminium et transportés au laboratoire.



Sol cultivé par l'ail Sol non cultivé Sol cultivé par l'oignon Sol non cultivé

Photographie 1 : Site de prélèvement des 4 échantillons de sol en zone de M'sara (Google earth).

2. Caractéristiques physicochimiques des sols étudiés

2.1. Mesure du pH des échantillons

Une fois au laboratoire, des suspensions de sols sont préparées (5 g de sol pour 12.5 ml d'eau distillée). Les pH sont alors mesurés à l'aide d'un pH-mètre selon la technique de (**Pochon et Tardieux, 1962**).

2.2. Pourcentage d'humidité

Cinq à dix grammes de sol sont séchés pendant 2 jours dans un four à 105°C, jusqu'à

obtention d'un poids constant (**Lee et Hwang, 2002**). Le pourcentage d'humidité est

$$\frac{PH - PS}{PH} \times 100$$

calculé d'après la relation : $H = \frac{PH - PS}{PH} \times 100$

$$H = \frac{PH - PS}{PH} \times 100$$

H : Humidité en pourcent (%).

PH : Poids humide de l'échantillon.

PS : Poids sec de l'échantillon.

2.3. Détermination du taux de la matière organique

Après mesure de l'humidité, le sol de chaque échantillon est incinéré pendant 16 heures dans un four à moufle à 450°C. Le taux de matière organique est la différence entre le poids sec et le poids des cendres (**Lee et Hwang, 2002**).

2.4. Mesure de la conductivité de l'extrait aqueux 1/5

Vingt grammes (20 g) de sol tamisée dans un tamis de 2 mm sont mis en suspension dans 100 ml d'eau distillée. Après une heure d'agitation dans un agitateur rotatif suivie d'une demi-heure de repos, la suspension est ensuite décantée dans un bûcher et la conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre (**Djaballah, 2010**).

3. Analyses microbiologiques des sols

La densité de la microflore est estimée par la méthode classique de suspension- dilution (**Pochon, 1954 ; Rapilly, 1968**) suivie par l'ensemencement sur milieux gélosés répartis en boîtes de Pétri stériles (**Bessedik et al., 2000**).

3.1. Préparation des dilutions

1g de chaque type de sol (cultivé ou non par l'ail et l'oignon) est dilué dans 10 ml d'eau physiologique stérile. Agiter manuellement pendant 5min ou en utilisant un vortex, pour dissoudre toutes les particules du sol dans l'eau. Cela constitue la solution mère.

Prélever 1ml de la solution mère et le transférer dans 9 ml d'eau physiologique stérile, ceci représente la dilution 10^{-1} . Prélever 1ml de la dilution 10^{-1} et la transférer dans 9 ml d'eau physiologique stérile cela constitue la dilution 10^{-2} . De la même manière, préparer des dilutions

jusqu'à la dilution 10^{-6} pour les 4 types de sol.

3.2. Dénombrement microbien

3.2.1. La flore totale aérobie mésophile (FTAM)

Chaque volume de 0.1ml des dilutions ($10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$) est ensemencé en surface sur une boîte de Pétri contenant le milieu **GN (annexe2)**. Les boîtes sont incubées à une température de 30°C pendant 24h à 48h.

3.2.2. Dénombrement des entérobactéries

Chaque volume de 0.1ml des dilutions ($10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$) est ensemencé dans la masse du milieu **VRBG (annexe2)**. L'incubation est réalisée à une température de 30°C pendant 24h à 48h.

3.2.3. Estimation des salmonelles et des shigelles

-Enrichissement : Transférer 1 ml de chaque dilution ($10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$) dans 10 ml de bouillon sélénite de sodium. Incuber pendant une durée maximale de 24 heures à 37°C.

-Culture sur milieu sélectif : Un petit volume de bouillon d'enrichissement est ensemencé en stries serrées sur le milieu **S/S (annexe 2)**. L'incubation est réalisée à 37°C pendant 24h à 48h (**Delarras, 2007**).

3.2.4. Dénombrement des Streptocoques

On a utilisé la méthode NPP (**annexe 4**).

-Test présomptif : à partir de la suspension mère et de chacune de ses dilutions on inocule 3 tubes de milieu **Rothe** (simple et double concentration) à raison de 1ml par tube. Après incubation à 37°C pendant 48h on compte les tubes positifs dont les dilutions successives et on retient le nombre caractéristique d'après le tableau de Mac grady (**annexe 4**).

- Test confirmatif : Par subculture de tous les tubes positifs sur milieu **Litsky**, puis incubé à 37°C pendant 24h à 48h (**Rodier et al., 1996**).

3.2.5. Dénombrement des Staphylocoques

- Milieu d'enrichissement : Ensemencement des tubes contenant le milieu **Giolitti- Cantoni**

avec 1 ml des dilutions (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) et recouvrir le milieu d'une couche d'huile de paraffine visqueuse. L'incubation est réalisée à 37°C pendant 18h à 24h.

- Milieu d'ensemencement : A partir des cultures en bouillon de Giolitti-Cantoni ayant noirci, transférer avec une lance de platine quelques gouttes de la culture à la surface du milieu **Baird-parker** (**annexe 2**) en boîte et les ensemercer par stries serrées (**Rodier et al, 1996**).

3.2.6. Evaluation des Pseudomonas

Le milieu King A en tubes inclinés est ensemençé par un petit volume de chaque dilution (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) par la méthode des stries. En parallèle, chaque dilution est ensemençée par stries sur milieu cétrimide. L'incubation des deux milieux est réalisée à 37°C pendant 24h à 48h (**Delarras, 2007**).

3.2.7. Les actinomycètes

Chaque dilution (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) est ensemençée par stries serrées sur milieu **Amidon caséine** (**annexe 4**), additionné d'un antifongique (la **nystatine** à raison de 50 µg/1), et d'un antibactérien contre les Gram négatifs (la **polymyxine** à raison de 10 µg/1). L'incubation est réalisée à 30°C pendant 7 jours (**Lee et Hwang, 2002**).

3.2.8. Levures et moisissures

Chaque dilution (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) est ensemençée sur le milieu **Sabouraud agar** (**annexe 3**). L'incubation est réalisée à 30°C pendant 24h à 48h (**Davet et Rouxel, 2000**).

Résultat et discussion

1. Les caractères physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques des quatre échantillons de sols concernant le pH, le pourcentage d'humidité et le taux de matière organique, sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Les caractères physico-chimiques des différents échantillons de sols

ECHANTILLON	pH	Pourcentage d'humidité	Taux de matière organique	Conductivité électrique (CE) $\mu\text{S/cm}$
E1	8,06	7,10	9,62	5760
E2	7,80	12,30	3,45	6820
E3	7,95	14,60	5,19	8560
E4	7,42	16,70	5,12	4220

E1 : Echantillon du sol cultivé par l'ail,

E2 : Echantillon du sol non cultivé par l'ail,

E3 : Echantillon du sol cultivé par l'oignon,

E4 : Echantillon du sol non cultivé par l'oignon.

Les quatre échantillons se caractérisent par les valeurs de pH qui confère un caractère de légère alcalinité aux sols étudiés. L'ail et l'oignon par leurs caractéristiques redoutent les pH acides des sols et demandent un pH qui varie entre 7 et 8 ou un peu plus élevé (**Engeland, 1991**). Le pH de nos échantillons est donc favorable à la croissance des deux plantes (l'ail et l'oignon).

Selon Lee et Hwang (2002) le taux d'humidité d'un sol est considéré comme faible si le pourcentage d'humidité est compris entre 2,0 et 9,0 ; il est modéré dans le cas où le pourcentage d'humidité varie de 9,1 à 13,0 et élevé si les valeurs sont comprises entre 13,1 et 20,0. Les résultats présentés dans le tableau 2 nous permettent de conclure que le premier échantillon (sol cultivé par l'ail) est un sol caractérisé par un taux d'humidité faible (compris entre 2,0 et 9,0). Pour le 2^{ème} et 3^{ème} échantillon, le taux d'humidité est modéré. Pour le 4^{ème} échantillon (sol non cultivé par l'oignon) le taux d'humidité est considéré comme élevé. Le taux d'humidité diminue de 5,20 dans E1 par rapport à E2 et diminue de 2,10 dans E3 par rapport à E4. La recherche a montré que les sols avoisinant la rhizosphère sont significativement plus humides que les sols non cultivés. Cette humidité protège les racines de se dessécher (**Référence électronique 4**). Les besoins de *Allium sativum* et de l'oignon en

eau sont élevés, surtout en mois de Mai, au moment du grossissement des deux plantes (Clement, 1981). Le prélèvement d'échantillon est effectué à la fin du mois d'Avril où les bulbes de l'ail sont immatures et les gousses sont entrain de grossir donc on considère que cette diminution est due à l'utilisation élevée de l'eau par la plante.

Le taux de matière organique dans un sol est considéré comme faible entre (4,0-7,0), modéré entre (7,1-9,0) et élevé entre (9,1-11,0). D'après Lee et HWang (2002) les 3 échantillons E2, E3, E4 ont des taux faibles en matière organique et le premier échantillon (E1) se caractérise par un taux élevé en matière organique, (compris entre 9,1 et 11, 0). Mais il y a une sensible réduction (de 6,17) entre E1 et E2. La différence est très faible elle est de (0,07) entre E3 et E4 (tableau 1). Cela s'explique certainement par l'utilisation de la matière organique qui entre dans la composition de la plante.

La salinité est calculée en se basant sur les résultats de la conductivité présentés dans le tableau 2 et d'après l'échelle de salure en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux $1/5^{\text{ème}}$ (Tab. 2). Les échantillons sont tous classés dans la limite des sols très salés.

Tableau 2 : Type de sol en fonction de la salure et de la conductivité électrique

	Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé
C_{ex} 1/5 (mS/cm)	<0,6	0,6-1,2	1,2-2,4	2,4-6	> 6
Salure (méq/100g de sol)	<3	3-6	6-12	12-30	> 30

C_{ex}1/5mS/cm) conductivité de l'extrait aqueux $1/5^{\text{ème}}$; mS : milli siemens

2. Dénombrement microbien

Le dénombrement des micro-organismes dans les quatre échantillons du sol est résumé dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 3 : Dénombrement microbien des échantillons du sol d'ail.

MICROORGANISMES	Sol cultivé par <i>l'Allium sativum</i>	Sol non cultivé
FTAM	95.10 ⁴ UFC	245.10 ⁴ UFC
Entérobactéries	Absent	Absent
Shigelles et Salmonelles	6.10 ³ UFC	2.10 ³ UFC
Streptocoques	Absent	Absent
Staphylocoques	135. 10 ⁴ UFC	228. 10 ⁴ UFC
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	165. 10 ⁴ UFC	232. 10 ⁴ UFC
Actinomycètes	30. 10 ³ UFC	6. 10 ³ UFC
Levures et moisissures	10 ³ UFC	3.10 ³ UFC

Tableau 4 : Dénombrement microbien des échantillons du sol d'oignon

MICROORGANISMES	Sol cultivé par l'oignon	Sol non cultivé
FTAM	110.10 ⁴ UFC	351. 10 ⁴ UFC
Entérobactéries	Absent	Absent
Shigelles et Salmonelles	9. 10 ⁵ UFC	0 UFC
Streptocoques	Absent	Absent
Staphylocoques	139. 10 ⁵ UFC	247. 10 ⁵ UFC
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	168. 10 ⁴ UFC	190. 10 ⁴ UFC
Actinomycètes	25. 10 ³ UFC	3. 10 ³ UFC
Levures et moisissures	Absent	7.10 ³ UFC

2.1. Evaluation de la flore tellurique du sol cultivé par *Allium sativum* (Ail)

- **FTAM**

Les résultats obtenus montrent que le nombre de la flore totale aérobie mésophile est de 95.10^4 UFC pour le sol cultivé, contre 245.10^4 UFC pour le sol non cultivé par l'ail (**Tab3**). Nous constatons qu'il y a une diminution très significative de la FTAM dans le sol cultivé, par rapport au sol non cultivé. Soit une réduction d'environ 38 %. Ce résultat montre qu'il y un **effet antibactérien des cultures de l'ail sur certaines bactéries**.

- **Entérobactéries**

D'après nos résultats, il y a absence d'entérobactéries dans les deux sols (**Tab3**). Ce résultat est contraire à ceux obtenus pour salmonelles et shigelles qui elles aussi sont des entérobactéries. L'erreur de manipulation est très peu probable, car le même résultat est obtenu dans les quatre sols étudiés. L'explication la plus plausible est que les milieux déshydratés utilisés dans ces investigations sont de mauvaise qualité ou carrément périmés.

- **Salmonelles et shigelles**

À l'opposé de toutes les bactéries étudiées (à l'exception des actinomycètes), la **croissance des Salmonelles et des Shigelles est favorisée par la culture de l'ail**. En effet le nombre de ces bactéries est de 2.10^3 UFC quand le sol est non cultivé par cette plante, il augmente à 6.10^3 UFC (soit 3 fois) quand le sol est cultivé par ce même légume (**Tab3**). Ce résultat peut être expliqué par l'hypothèse que ces germes utilisent pour leurs croissance, un ou plusieurs substrats secrétés par l'ail (**Faure et al ; 2001**),

- **Streptocoques**

Aucune colonie n'a pu être isolée à partir des deux types de sol (**Tab3**). Ce résultat nous semble inexplicable et mérite d'après nous d'autres répétitions.

- **Staphylocoques**

Le nombre des colonies isolées à partir des deux sols étudiés, diminue de 228.10^4 UFC pour le sol non cultivé par l'ail à 135.10^4 UFC pour le sol cultivé (**Tab3**). L'effet antibactérien des sécrétions racinaires de **l'ail semble jouer un rôle inhibiteur sur les staphylocoques**. Il serait très intéressant dans l'avenir de tester ces mêmes substances

secrétées in vivo, sur d'autres espèces de Staphylocoque et notamment les plus résistantes aux antibiotiques usuels. Les mêmes tests sont à envisager pour déterminer l'activité in vitro.

- **Pseudomonas**

Les pseudomonas diminuent en nombre quand ils sont en présence de la culture d'ail. En effet le nombre enregistré était de $232 \cdot 10^4$ UFC à partir du sol non cultivé ce nombre chute à $168 \cdot 10^4$ UFC dans le sol cultivé par l'*Allium sativum* (**Tab.3**). Cette diminution en nombre indique clairement que **l'ail possède une activité anticellulaire contre cette bactérie.**

- **Actinomycètes**

Pour ces microorganismes, nous avons trouvé que le nombre des colonies des **actinomycètes dans le sol cultivé par l'ail est plus élevé par rapport au sol non cultivé**, Le nombre a augmenté de 5 fois. Cela est probablement dû à la production de certaines molécules favorables à la multiplication de ces bactéries filamenteuses très utiles. Il serait très intéressant de voir dans des travaux avenir, quelles sont les espèces qui ont été favorisées par l'ail. Il serait également important d'estimer la biodiversité en ces bactéries.

- **Levures et moisissures**

Pour ces microorganismes, il y a une diminution en nombre dans le sol cultivé par l'ail. Dans le sol cultivé par l'ail le nombre est de 10^3 UFC, contre $3 \cdot 10^3$ UFC quand le sol n'est pas cultivé par cette plante (**Tab.3**). On suspecte **un effet fongicide de cette plante sur ces champignons du sol**. D'après des études menées sur des champignons pathogènes, il a été rapporté que les composés soufrés des alliums, empêchent la germination d'Aphanomyces euteiches. De nombreux champignons phytopathogènes sont également sensibles aux alliacées tels que : *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium poae*, (**Charpentier et al., 2003**).

2.2. Evaluation de la flore tellurique du sol cultivé par *Allium cepa* (Oignon)

- **FTAM**

D'après les résultats obtenus (**Tab.4**), on constate qu'il y a une diminution très significative de la flore totale aérobie mésophile dans le sol cultivé par l'oignon (110.10^4 UFC), par rapport au sol non cultivé (351.10^4 UFC). Cette réduction est d'environ 32 %. Ce résultat montre que **l'oignon possède aussi des effets antibactériens sur certaines bactéries telluriques.**

- **Entérobactéries**

D'après nos résultats, aucune croissance microbienne n'a été observée pour les entérobactéries dans les deux sols (**Tab.4**). Ce résultat est contradictoire à ceux obtenus pour salmonelles et shigelles. En effet il y'a présence de ces bactéries, dans les deux échantillons de sol étudiés. Cela s'explique probablement par la mauvaise qualité des milieux de culture utilisés dans ces analyses.

- **Salmonelles et shigelles**

Le nombre des Salmonelles et des Shigelles est nettement supérieure dans le sol cultivé par *Allium cepa* par rapport à celui non cultivé. Il est de 9.10^5 UFC dans le sol cultivé, alors qu'il est carrément nul dans le sol non cultivé (**Tab.4**). Ce sont les seuls bactéries étudiées (à l'exception des actinomycètes) dont **la culture par l'oignon est bénéfique pour leur croissance.** Ce résultat peut être expliqué par l'hypothèse que ces germes utilisent pour leur croissance, un ou plusieurs substances secrétées par l'oignon.

- **Streptocoques**

Aucune colonie de ce genre de bactéries n'a pu être isolée sur le milieu d'isolement pour les deux types de sol (**Tab.4**). Ce résultat est d'après nous reste inexplicable car les sols sont réputés contenir une flore très diversifiée et notamment les streptocoques. On attribue également ce mauvais résultat à la mauvaise qualité des milieux d'isolement.

- **Staphylocoques**

D'après le tableau 5, 247.10^5 UFC de staphylocoques ont été dénombrés à partir du sol planté par l'oignon. Ce nombre diminue pour atteindre 139.10^5 UFC colonies pour le sol

non cultivé (Tab.4). Cela s'explique par **l'effet antibactérien des sécrétions racinaires de l'oignon et qui contribue à éliminer les staphylocoques.**

- **Pseudomonas**

Le nombre des pseudomonas dans le sol cultivé en oignon est de $168 \cdot 10^4$ UFC. Ce nombre est moins important que celui du sol où il n'y a pas cette culture ($190 \cdot 10^4$ UFC) (Tab.4). Cette diminution en nombre indique clairement que **l'ail possède une activité antibactérienne contre pseudomonas.**

- **Actinomycètes**

Le nombre des bactéries actinomycétales dans le sol cultivé par l'oignon est plus élevé par rapport au sol non cultivé par cette plante. Il est de $25 \cdot 10^3$ UFC pour le premier sol et de $3 \cdot 10^3$ UFC pour le second sol (Tab.4). Le nombre a augmenté de 7 fois. Ce résultat est identique à celui trouvé pour l'ail. **L'oignon favorise également la croissance des actinomycètes.**

- **Levures et moisissures**

Le nombre des champignons dans le sol cultivé par *Allium sativum* a considérablement diminué, par rapport au sol non cultivé. Il a chuté de $3 \cdot 10^3$ UFC à 10^3 UFC (Tab.4). **L'effet fongicide de cette plante sur ces champignons du sol est prouvé.** Plusieurs études ont montré l'action antifongique de cette plante (Charpentier *et al.*, 2003).

Conclusion

Les interactions microorganismes-plantes sont d'une importance capitale et conditionnement en agronomie la réussite de toutes les cultures. Actuellement et grâce à la compréhension de ces phénomènes, plusieurs molécules d'origine végétale à intérêt médical ou autre, ont vu le jour et ont été développées. Le travail que nous avons entrepris est une contribution à l'étude de l'effet antimicrobien de l'*Allium sativum* et l'*Allium cepa* sur les microorganismes du sol. Plus précisément pour savoir est ce que cette plante affecte et structure la population microbienne de la rhizosphère.

Dans l'analyse physicochimique des sols qui ont fait l'objet de notre travail, il en ressort que tous les échantillons de sol tendent vers l'alcalinité. Le taux d'humidité est faible pour le sol cultivé par l'ail. Il est modéré pour le sol cultivé par l'oignon et le sol non cultivé par l'ail. Il est par contre élevé pour le sol non cultivé par l'oignon. Concernant le taux de salure, les échantillons étudiés sont tous classés dans la limite des sols très salés.

L'analyse microbiologique du sol cultivé par l'ail, montre une diminution de la charge bactérienne pour la FTAM, les staphylocoques et les pseudomonases. Les champignons également, ont été inhibés par l'*Allium sativum*. Les effets antibactérien et antifongique de l'ail sont prouvés par cette étude. En revanche, les salmonelles et les shigelles ainsi que les actinomycètes, révèlent une augmentation dans le nombre des colonies. Ce résultat, montre clairement, que l'ail peut favoriser la croissance de certaines bactéries, en produisant des molécules importantes et nécessaires pour le développement de ces microorganismes.

L'oignon a été testé par la même stratégie utilisée pour l'ail. On peut conclure que cette plante possède des propriétés antifongiques et antibactériennes marquées. Les mêmes résultats ont été observés pour les salmonelles, les shigelles et les actinomycètes. Ces résultats similaires, montrent que ces deux plantes agissent presque de la même manière sur la flore tellurique.

En perspective, on peut dire que dans les prochains travaux, il serait intéressant de poursuivre les travaux sur l'effet antibiotique des deux plantes sur d'autres germes pathogènes. Il serait également souhaitable de poursuivre les mêmes travaux sur d'autres variétés d'ail et d'oignon et d'étaler nos investigations sur d'autres plantes.

Références

Bibliographiques

-
- * Ahmad G.S. et BakerR., 1987. Rhizosphere competence of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology* 77,182-189.
 - * Amagase H., 2006. Clarifying the real bioactive constituents of garlic .*J Nutr* 136(3):716S-25S.
 - * Arnaute I. ; André I, Diwo Allain S. ; Auger J. ; Vey F., 2005. Propriétés pesticides des alliacées, PHYTOMA, la Défense des Végétaux .578(7) :40-43.
 - * Auger J. et Thibout E., 2003.Substances soufrées des *Allium* et des crucifères et leurs potentialités phytosanitaires .*Bio pesticides d'origine végétale* .Ed Tec et doc ,77-95.
 - * Augusti K. T. et Sheela C.G., 1996. Antiperoxide effect of S-allyl cysteine sulfoxide,an insulin secretagogue ,in diabetic rats .*Experientia*,52(2):15-20.
 - * BarrD.J.S., 1990. Phylum Chytridiomycota Handbook of "Protista. L. Margulis, J.O.Corliss,M.Melkonian and D.J.Chapman .Boston, Jones and Barlett. 454-466.
 - * Berger, 2007. La culture biologique des légumes. Edition : CCDMD, France. 330-357.
 - * Bergner P., 1996. The Healing power of Garlic.Parima Publishing, Rocklin,CA. 3-26.
 - * Bessdik F. ; Saka H. ; Moussaoui B. et Yakhou S., 2000. Fusariose du palmier dattier : Dénombrement et évaluation des microorganismes des sols de différentes palmeraies du touat indemnes de hayoud . *Recherche Agronomique INKAA*. 6 : 69-75
 - * Bianchini F. et Vainio H., 2001. *Allium* vegetables and organosulfur compound : do they help prevent cancer. *Environ Health perspect* . 109(9):893-902.
 - * Block, E., 1985. The chemistry of garlic and onions. *Sci.Am*. 252: 114-19.
 - * Bouchet,P.,Guignard,J.L et Pouchus, Y.F., 2005.les champignons :Mycologie fondamentale et appliqué Ed :2 .Elsevier Masson ,37-45.

-
- * Clavet,R., 2003.Le sol . Propriétés et fonctions. Tom1 : constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Edition France Agricole. Dunod.
 - * Daniel Brossard, 2002. Memento Fruits et légumes. Edition : Clifl. 406.
 - * Davet P. et Rouxel F., 1997 Détection et isolement des champignons du sol. INRA. (Ed).
 - * Davet P. et Rouxel F; 1997 Detection et isolement des champignons du sol. INRA. (Ed).
 - * Davet, P., 1996. Vie microbienne du sol et production végétale. Paris, INRA.
 - * Davis, K.E.R., Joseph, S.J. et Jassen, P.H., 2005. Effect of growth medium, inoculum size and incubation time on culturability and isolation of soil bacteria. Appl. Environ. -Microbiol.71(2) : 826-834.
 - * Delarras C., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. TEC et DOC. France .270.
 - * Djaballah C., 2010. Biodiversité des antinomycètes halophiles et halotolérants isolés de la Sebkhah de Ain m'lila .25. Ecologie Microbienne.
 - * Duchaufour, P., 2001. Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. Paris, Dunod.
 - * Edetraut Kroger., 2002. Quebec Pharmacie. 49, n°10.
 - * Engeland, R.L., 1991. Growing great garlic: the definitive guide for organic gardeners and small farmers . Filaree Farm Productions, Okanogan, WA, United states.213.
 - * Faure, D., M. Tannières, S. Mondy, et y. Dessaux. 2011. Recent contributions of metagenomics to studies on quorum-sensing and plant-pathogen interactions. In Metagenomics: current innovations and future trends, D. Macro(ed) . Caister Academic Press.
 - * Fuerst, J.A., 2005 .Intracellular compartmentationin planctomycetes. Annu. Rev. Microbiol. 59:299-2328.
 - * Gallali, T., 2004. Clés du sol. Tunis, Centre de publication Universitaire.

-
- * Garrity, G.; Bell J.A. et Liburn, T.G., 2004. Taxonomic outline of the prokaryotic genera. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. New York, N.Y. Springer-verlag.
 - * Gavud, J.M., 1977. Essai sur la classification génétique des sols. *Cah. ORSTOM, sér. Pédolo*, vol .XV, n°1, pp63-87.
 - * Hugenholtz P., 2002. Exploring prokaryotic diversity in genomic era. *Genom. Biol.* 3(2): 1-8.
 - * Jackson, R.B. et Schlesinger W.H., 2004. Curbing the U.S carbon deficit. *Proc. Ntion. Acad. Sci . U.S.A.*101(45): 15827-15829.
 - * Janssen, P.H., (2006). Identifying the dominant soil bacteria taxa in libraries of 16 SrRNA genes. *Appl. Environ . Microbiol .* 72:1719-1728.
 - * Lanzotti V., 2006. The analysis of onion and garlic. *J Chromatogr A .* 1112(1-2): 3-22.
 - * Lee J.Y. and Hwang B.K., 2002. Diversity of antifungal actionomycetes in various vegetative soils of Korea. *Can. J. Microbiol.* 48.407-17.
 - * Leelarungrayub N., Rattanapanone V et al., 2006. Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations. *Nutrition .* 22(3):266-74
 - * Leong, J. (1986). Siderophores : their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. *Annu . Rev . Phytopathol.* 24, 187-209
 - * MacCaig, A.E., Phillips, C.J., Stephen, J.R., Kowalchuk, G.A., Harvey, S.M., Herbert, R.A., Embley, T.M et Prosser, J.I.,1999. Nitrogen cycling and community structure of proteobacterial beta-subgroup ammonia-oxidizing bacteria within polluted marine fish farm sediments. *Appl. Environ. Microbio.* 65(1): 213-220.
 - * Matsuura H., 2001. Saponins in garlic as modifiers of the risk of cardiovascular disease. *J Nutr .* 131(3):1000-5.
 - * Mazoyer M., Abineau M., Berrmond A et al., 2002. *Larousse agricole*. Première édition. France. 30-31.

- * Meddeb W., 2008. Etude des effets des rayonnements ionisants sur les propriétés biochimiques et biologiques de l'ail (*Allium sativum*). Biochimie et biologie Moléculaire. Mr Belguith Hatem. Université 7 Novembre à Carthage. Tunisie 3.
- * Megee, R.D., Drake, J.F., Fredrickson, A.G. et Tsuchiya, H.M.,1972. Studies in intermicrobial symbiosis , *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus casei*. Can . J. Microbiol. 18, 1733-1742.
- * Moyers, S. 1996. Garlic in Health, History and world cuisine. Suncoast Press, St. Petersburg, Fl. The Bible. 11(5):1-36.
- * Old , K..M et chakraborty, S., 1986. Mycophagous soil amoebae: their and significance in the ecology of soil- borne plant pathogens. In progress progress protistology, vol.1, Bio-press Ltd ., 163-194.
- P. Fournier, 1999. Plantes Médicinales et vénéneuse de France. Edition : ISBU. France. 48...53.
- * Perry J.J.; Staley J.T. et Lory S.,2004. MICROBIOLOGIE. Cours et question de révision.Paris.DUNOD.
- * Pesson P., 1971. La vie dans le sol. Aspect nouveau. Etude expérimentale. Institut national Agronomique .Gauthier Villars, Paris.391.
- * Pochon J. et Tardieux P., 1962. Techniques d'analyses en microbiologie du sol .Edition de la tourelle, St.Mandé .110-111.
- * Pochon J., 1954. Manuel technique d'analyses microbiologiques du sol .Masson Et C, Paris (Ed).
- * Rivlin R., 2001.Recent Advances on the Nutritional Effects Associated with the Use of Garlic as a Supplement .Journal Nutrition.131:951-4.
- * Rodier J. ; Bazin C. ; Chanbon P. ; Broutin J.P. ; Champsaur H. et Rodie L., 1996.L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer.8^{ème} Ed. Dunod, Paris.1383.
- * Roger P. et Garcia J.L., 1993. Cours de Microbiologie du sol. Laboratoire de Microbiologie ORSTOM.

- * Sangwan P. ; Kovac S. ; Davis K .E. ; Sait M. et Jansen P. H., 2005. Détection and cultivassions of soil Verrucomicrobia . Appl. Environ. Microbiol. 71 : 8402-8410.
- * Stengel P. et Gelin, 1998.Sol : interface fragile. Edition Quae.
- * Stout J.D. et Heal O.W., 1967. Protozoa . In soil biology, A. Burges et F. Raw Ed. Academic press, New York, 149-195.
- * Tada M., Hiroe Y., Kiyohara S. and Suzuki S. 1988. Nematicidal and antimicrobial constituents from *Allium grayi* Regel. And *Allium fistulosum* L caespitosum. J. Agric. Biol.Chem., 52:2381-5
- * Tattelman E., 2005. Health effects of garlic . Am Fam Physician. 72(1):103-6.
- * Whitemore B.B., Naidu A.S., 2000. Thiosulfinates.In Naidu A.S. (Ed), Natural food antimicrobial systems .Boca Rotan, FL: CRC Press. 265-380.
- * Wilkinson T.G., Topiwal H.H. et Hammer G., 1974. Interactions in a mixed bacterial population growing on methane in continuous culture. Biotechnol. Bioeng . 16, 41-47.
- * Williams S.T. and Cross T. 1971. “Actinomycetes”. In Methods in microbiology. Booth C. Ed., Academic press, London. 4.295-334.
- * Zak D.R.; Blackwood C.B.; Waldrop M.P., 2006. A molecular dawn for biogeochemistry. Trends Ecol .Evol . 21(6): 288-295.

Références électroniques

- Référence 1 : http://fr.Wikipedia.org/wiki/Ail_cultiv%C3
- Référence 2 : http://www.cultiferme.com/Jardin/fiche_oignon.27html
- Référence 3 :http://www.prisme.ca/oignon_asp
- Référence 4 :<http://www.Scharlab.com/>

Nom : Prenoms :	Messai Asma	Gourmat Samira
Titre :	Etude de la biodiversité microbienne dans des sols cultivés ou non par <i>Allium sativum</i> et <i>Allium cepa</i>	
Nature de diplôme	Master en Ecologie	
Résumé	<p>Les interactions microorganismes-plantes sont d'une importance capitale et conditionnent la réussite de toutes les cultures. Actuellement et grâce à la compréhension de ces phénomènes, plusieurs molécules d'origine végétale à intérêt médical ou autre, ont vu le jour et ont été développées. Une analyse microbiologique a été entreprise sur quatre prélèvements de sol cultivé ou non par <i>Allium sativum</i> (l'ail) et <i>Allium cepa</i> (l'oignon). Cette analyse vise à évaluer l'effet de ces plantes sur la composante microbienne du sol. Dans un premier temps, l'étude physicochimique révèle que les sols étudiés ont un pH alcalin qui favorise les cultures de ces deux plantes. Le sol cultivé par l'ail est caractérisé par un taux d'humidité faible, par contre l'humidité du sol cultivé par l'oignon est modérée. Les sols sont tous classés dans la limite des sols très salés. Le taux de la matière organique du sol cultivé par l'ail est élevé, tandis qu'il est faible pour le sol cultivé par l'oignon. L'analyse microbiologique de ces échantillons montre que qu'en général les bactéries et les champignons diminuent en nombre dans les sols cultivés par ces deux plantes, par rapport aux sols non cultivés. Ce résultat indique sans aucun doute l'effet antibactérien et antifongique de l'ail et l'oignon. En revanche, les salmonelles, les shigelles et les actinomycètes augmentent en nombre. Ce qui implique que ces deux plantes favorisent par leurs exsudats la croissance de certains microorganismes.</p>	
Mots clés	Mots clefs : <i>Allium sativum</i> , <i>Allium cepa</i> , microorganismes, sol, antibactérien, antifongique	
Laboratoire de recherche	Laboratoire de la biologie Abbes Laghrour Laboratoire d'analyse de la qualité ,Analyse microbiologique et physicochimique des eaux	
Membre de jury	Rapporteur : K. BENSOUCI , Examineur : W. MERIDJA	