

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Gestion des Agrosystèmes

Présenté par : M^{elle} BENDAOUIA Khaoula

M^{elle} GUERMIT Izdihar

Thème

**Synthèse des travaux sur l'impact des pesticides
sur les microorganismes du sol**

Soutenu publiquement le :

M.	IDDER	M. Azzedine	Pr	Président	UKM Ouargla
M ^{me}	OUSTANI	Mabrouka	M.C.B.	Examinatrice	UKM Ouargla
M.	KARABI	Mokhtar	M.C.A.	Encadreur	UKM Ouargla
M ^{elle}	BOUHNİK	Afaf Amani	Doctorante	Co-Encadreur	UKM Ouargla

Année Universitaire: 2019/2020

اللهم يا رب لا تدعنا نصاب بالغرور إذا نجحنا
ولا نصاب باليأس إذا فشلنا
بل ذكرنا دائماً أن الفشل هو التجربة التي تسبق
النجاح

يا رب علمنا أن التسامح هو أكبر مراتب القوة
وان الانتقام هو أول مظاهر الضعف
يا رب إذا جردتنا من المال اترك لنا الأمل
وإذا جردتنا من النجاح اترك لنا قوة العناد حتى نتغلب
على الفشل

يا رب إذا أسانا إلى الناس فأعطنا شجاعة الاعتذار
وإذا أساء الناس إلينا أعطنا شجاعة العفو

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions Allah, le bon Dieu miséricordieux de nous avoir aidés à réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus vifs à notre encadreur **M. KARABI Mokhtar** qui a bien voulu diriger ce travail, et de nous avoir donné la chance de travailler avec lui.

Nous nous permettons encore de remercier notre Co-encadreur **M^{elle} BOUHNİK Afaf Amani** pour les précieuses aides qu'elle nous a apportées.

Bien évidemment, un grand merci aux membres du jury, le professeur **M. IDDER M. Azzedine** président du jury et le docteur **M^{me} OUSTANI Mabrouka** membre de jury, qui ont accepté de consacrer du temps pour corriger et évaluer notre travail.

Nos sincères remerciements vont également à **M. Ouargli Djamel** de nous avoir conseillé dans notre travail.

A tout le personnel du département des Sciences Agronomiques.

Enfin, nous remercions tous ceux et celles qui nous ont aidé dans la réalisation de ce modeste travail.

Merci à tous...

Dédicaces

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

" Elhamdoulillah"

Je dédie ce modeste travail aux

Deux personnes, les plus chers au monde que Je ne remercierais jamais assez : leurs aide, leurs encouragement, leurs soutiens, leurs sacrifices et leur patience pendant toute ma vie

Mes chers parents : **Mohammed** et **Dounia**

Que Dieu les garde et les protège.

Ma chère sœur **Khadidja** pour son soutien affectif et moral

Et toute la famille : **Bendaouia** et **Dengou**

A celle qui m'encourage toujours Ma tante **Malika** et ma grande-mère **Fatima**

A tous mes chères amies : **Radja**, **Razika**, **Nihad**, **Dodi**

A Mon cher grand-père, que Dieu ait pitié de Lui, tu resteras dans nos mémoires pour éternité.

A mon binôme et ma chère amie QUERMIT **Izdihar**

À tous les scientifiquesJe dédie ce travail ...

Bendaouia Khaoula

Dédicaces

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

" **Elhamdoulillah**"

Je dédie ce modeste travail aux :

Deux personnes, les plus chers au monde que Je ne remercierais jamais assez : leurs aide, leurs encouragement, leurs soutiens, leurs sacrifices et leur patience pendant toute ma vie

Mes chers parents : **AHMED** et **FATIMA Zohra**

Que Dieu les garde et les protège.

Mes chers frères **WALID** et **ABDELSSALAM** et les diamants de ma maison **CHAHD** et **RAHIL** pour leurs soutien affectif et moral

Et toute la famille : **Guermit** et **Madjedja**

A tous mes chères amies : **Romissa** , **Nouzha** et **Roma**

A mon binôme et ma chère amie **BENDAOUIA Khaoula**

À tous les scientifiquesJe dédie ce travail ...

Guermit Izdihar

Table des matières	
Introduction	
Partie I. Synthèse bibliographique	
Chapitre I. Généralités sur les microorganismes du sol	
1. Microbiologie du sol	01
2. Bactéries	01
2. 1. Définition	01
2. 2. Taille	01
2. 3. Forme	02
2. 4. Classification	02
2. 5. Importance des bactéries	03
3. Champignons	03
3. 1. Définition	03
3. 2. Forme	03
3. 3. Mode de vie	04
3. 4. Classification	05
3. 5. Rôle des champignons dans le sol	05
Chapitre II. Généralités sur les produits phytosanitaires	
Introduction	06
1. Définition des pesticides	06
2. Classification des pesticides	06
2.1. Premier système de classification	07
2. 2. Deuxième système de classification	07
2. 2. 1. Pesticides organiques	07
2. 2. 2. Pesticides inorganiques	07
2. 2. 3. Biopesticides	07
3. Devenir des pesticides dans le sol	10
4. Impact des pesticides sur l'environnement et sur la santé	12
5. Rôle et importance des pesticides	12
6. Pesticides en Algérie	12
7. Interaction entre pesticides et micro-organismes du sol	13
Partie II. Etude expérimentale	
Chapitre I. Présentation de la région d'étude	
1. Localisation géographique	14
2. Climat	14
3. Cadre pédologique	15
Chapitre II. Matériel et méthodes	
1. Méthodologie de travail	16

2. Choix de la station d'étude	16
2. 1. Présentation du site experimental	17
2. 2. Situation géographique	17
2. 3. Sol du site expérimental	18
3. But de l'essai	18
4. Dispositif expérimental aléatoire	19
5. Echantillonnage	19
5. 1. Technique d'échantillonnage	19
5. 2. Epoque d'échantillonnage	19
5. 3. Horizons de prélèvement	19
5. 4. Prélèvements des échantillons du sol	20
5.5. Conservation des échantillons	20
6. Analyses physico-chimiques	20
6. 1. Granulométrie	20
6.2. Humidité	21
6. 3. pH	21
6. 4. Conductivité électrique (CE)	21
6. 5. Dosage du carbone organique et détermination de la matière organique	21
6. 6. Dosage de l'azote total	22
7. Analyses microbiologiques	22
7. 1. Préparation des suspensions dilutions	22
7. 2. Technique de dénombrement	22
7. 2. 1. Dénombrement de la microflore bactérienne	22
7. 2. 2. Dénombrement de la microflore fongique	23
8. Biomasse microbienne	23
9. Activité enzymatique	23
Chapitre III. Résultats et discussion	
1. Impact des pesticides sur les paramètres physico-chimiques	25
2. Conductivité électrique	25
3. Matière organique	26
4. pH	30
5. Température	32
6. Impact des pesticides sur la microbiologie du sol	32
7.1. Effet des pesticides sur la biomasse microbienne	33
8. Effet des pesticides sur l'activité enzymatique de sol	35
Conclusion	
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

Abréviation	Signification.
I.T.A.S	Institute Technologique d'Agronomie Saharienne.
O.N.M	Office National de Météorologie.
F.A.O	<i>Food and Agriculture Organisation.</i>
D.P.A.T	Direction de la programmation et du suivi budgetaires
V	Vent
INS	Durée d'Insolation
Px	Pixel
P	Précipitation.
Evp	Evapotranspiration.
m/s	Mètre/seconde.
dS/m	Decisiemens par metre
mS/m	Millisiemens par metre
ppm	Partie par million
µl	Microlitre
PF	Poids frais
PS	Poids sec
G.M.V	Groupes de mise en valeur
CE	Conductivité électrique
MO	Matière organique

Listes des figures

Figure N°	Titres	Pages
1	Exemple des diverses formes des bactéries sous microscope avec grossissement	02
2	Champignons (<i>Alternaria alternata</i>) sous microscope à grossissement (×40)	04
3	Champignons (<i>Geotrichum</i>) sous microscope à grossissement (×100)	04
4	Champignons (<i>Penicillium roqueforti</i>) sous microscope à grossissement (×100)	04
5	Comportement des pesticides dans le sol	10
6	Situation géographique et les limites géomorphologiques de la région de Ouargla	14
7	Méthodologie de travail	16
8	Carte satellitaire de situation et délimitation du site expérimental de l'exploitation de l'université de Ouargla	18
9	Schéma simplifié du dispositif expérimental de l'étude	19
10	Méthode de préparation des suspensions dilution	22
11	Conductivité électrique en présence des trois doses d'herbicide (prométryne)	25
12	Conductivité électrique en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)	25
13	Variation des moyennes de la conductivité électrique dans des sols traités par le glyphosate et des sols témoins	26
14	Taux de carbone en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)	27
15	Taux d'azote en présence des trois doses de fongicides (Hemyxazole)	27
16	Taux d'azote en présence des trois doses de l'herbicide (prométryne)	27
17	Taux du carbone total en présence des trois doses d'herbicide (prométryne)	27
18	Courbe de percée sur un sol stérilisé et un sol témoin pour une concentration de 60mg/l	28
19	Variation des moyennes de la matière organique au niveau d'une serre à El-kennar	30
20	Variation des moyennes de pH en fonction des horizons au niveau de la serre d'El-Kennar	31
21	Isothermes d'adsorption de la métribuzine sur le sol de Batna. (30°C), (18°C)	32
22	Biomasse microbienne en présence des trois doses de fongicide (Hymexazole)	34
23	Biomasse microbienne en présence des trois doses de l'herbicide (Prométryne)	34
24	Teneur en déshydrogénase en présence des trois doses d'herbicide (prométryne)	36
25	Teneur en phosphatase Acide en présence des trois doses d'herbicide (prométryne)	36

25	Teneur en phosphatase acide en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)	36
27	Teneur en déshydrogénase en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)	36

Liste des tableaux

Figure N°	Titres	Pages
1	Les principales familles des produits phytosanitaires	9
2	Rémanence de quelques pesticides dans le sol. Letemps nécessaire à une disparition dans le sol	11
3	Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés (niveau 0-20 cm)	27
4	Caractéristiques physico-chimiques des sols avant et après application de pesticides (horizon 0-20cm)	29
5	Type et nombre de microorganismes détectés dans le sol saharien et forestier avant et après incubation pendant 30 jours avec et sans ajout de glyphosate	34

Introduction

Introduction

L'agriculture revient au premier rang des priorités du monde (**BACHELIER, 2008**). C'est l'un des principaux secteurs d'activités qui contribue au développement socio-économique des populations. Elle emploie plus de 40% de la population active dans le monde (**YAROU *et al.*, 2017**).

Ce retour de l'agriculture a été déclenché par l'augmentation des prix agricoles sur les marchés internationaux, accéléré durant le premier trimestre 2008 jusqu'à provoquer des émeutes de la faim. On prend ou reprend conscience que les produits agricoles, comme d'autres matières premières et même s'ils sont renouvelables, n'échappent pas au risque de rareté, au moins temporairement (**BACHELIER, 2008**).

Ces dernières années, les taux de croissance de la production agricole et du rendement des cultures, au niveau mondial, ont baissé. Ceci a conduit à craindre que la terre ne soit pas en mesure de produire suffisamment d'aliments et autres produits agricoles pour nourrir les populations futures selon leurs besoins. Toute fois, ce ralentissement a résulté non pas d'un manque de terres ou d'eau, mais plutôt du ralentissement de la demande de produits agricoles (**FAO, 2002**).

Pour atteindre les standards exigés et des niveaux de production économiquement viables, les agriculteurs doivent utiliser de nombreux produits antiparasitaires pour contrer les mauvaises herbes, les insectes nuisibles ou les maladies fongiques (**OUCHEBBOUK et ZIBANI- AMOKRANE, 2015**). Les produits de protection des plantes sont utilisés de façon intensive depuis plus d'un demi-siècle pour maintenir voire augmenter le niveau de production agricole et horticole ainsi que pour assurer l'approvisionnement en denrées alimentaires de qualité répondant aux critères sanitaires les plus stricts (**PUSSEMIER et STEURBAUT, 2004**).

L'intensification des cultures a engendré la diversification des pesticides mis sur le marché (**BLANCHOUD *et al.*, 2011**). Bien que les modes d'action et les modalités d'application des produits phytosanitaires soient en continuelle amélioration, ces produits restent sujets à discussion en raison du danger potentiel qu'ils peuvent présenter vu leurs propriétés (éco) toxicologiques (**PUSSEMIER et STEURBAUT, 2004**).

La plupart des produits phytosanitaires arrivent tôt ou tard au sol où ils sont soumis à un ensemble de processus conditionnant leur devenir et leur dispersion vers d'autres compartiments de l'environnement. Cette dispersion et leur accumulation dans les sols sont à l'origine de problèmes de contamination des milieux par les pesticides (**BARRIUSO, 2004**). Les pesticides sont parmi les polluants les plus dangereux de l'environnement en raison de leurs stabilités, leurs mobilités, et les effets à long terme sur les organismes vivants. Le

devenir des pesticides concerne tout le milieu naturel dans son ensemble (sol, eau et air) mais le sol reste un compartiment clé car une grande proportion des pesticides appliqués lors du traitement des cultures arrive au sol, par application directe et/ou par lessivage du feuillage (**AYAD–MOKHTARI, 2012**).

Donc le sol est un système dynamique complexe caractérisé par une grande diversité d'organismes (notamment les microorganismes) de composés chimiques et une structure physique complexe (**WILD, 1993**). Les organismes du sol appartiennent d'une part à tous les groupes connus des micro-organismes (bactéries, actinomycètes, champignons, algues, protozoaires et virus) (**MATHIEU, 2009**). Le rôle des micro-organismes est déterminé par sa biologie dans les sols, soit directement ou associée avec d'autres organisations de sol (**LAVELLE et ALISTER., 2003**).

Ces pesticides ou leurs produits de dégradation peuvent avoir une action directe ou indirecte sur les organismes vivants du sol (**LOMPO DESIRE, 2007**). Peuvent avoir différents impacts sur la biodiversité. Ils agissent alors à différents niveaux d'organisation biologique : individus et populations, assemblages d'espèces et communautés, écosystème dans son ensemble (**OUCHEBBOUK et ZIBANI- AMOKRANE, 2015**). Le comportement global des pesticides dans le sol est complexe car il dépend d'une multitude de processus interconnectés et de la diversité des molécules actives (**LOMPO DESIRE, 2007**).

Les micro-organismes occupent donc une place centrale dans le vivant par leur abondance, leur diversité, et leur implication dans les processus environnementaux (**ZINGER, 2009**).

Plusieurs études ont été menées dans plusieurs pays du monde sur l'impact des résidus de pesticides sur les microorganismes du sol. On cite, entre autre, celles de **DAVET (1996)**, **CALVET (2003)**, **LOMPO DESIRE (2007)**, **OUATTARA et al. (2010)**, **NAILI (2014)**, **CHARBONNIER et al. (2015)**, **TAHAR et al. (2017)**. Les résultats obtenus à l'issue de ces études sont contradictoires.

Certaines études montrent que les pesticides agissent comme des inhibiteurs vis-à-vis des microorganismes et leurs activités. D'autres études, au contraire, montrent que les pesticides sont des stimulateurs de l'activité microbiologique du sol.

L'objectif général de cette étude est d'établir une synthèse bibliographique sur l'impact de l'utilisation des pesticides sur les microorganismes des sols.

Ce mémoire s'articule en deux parties : la première est une synthèse bibliographique qui est composée de deux chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une revue bibliographique englobant des généralités sur les microorganismes.

- La deuxième chapitre traite des généralités sur les produits phytosanitaires

La deuxième partie expérimentale est composée d'un chapitre qui décrit le matériel et méthodes qui seront déployés pour mener cette étude et le dernier chapitre présente une synthèse des travaux réalisés par plusieurs chercheurs sur l'impact des pesticides sur les microorganismes du sol et enfin complétée par une conclusion générale récapitulant les résultats obtenus.

Première partie
Synthèse bibliographique

Chapitre I
Généralités sur les
microorganismes du sol

Chapitre I. Généralités sur les microorganismes du sol

I. 1. Microbiologie du sol

La microbiologie du sol est une branche de l'écologie microbienne qui a essentiellement pour objectif l'étude du rôle des micro-organismes dans le sous-écosystème constitué par le sol, la microflore, la faune du sol et les plantes (**BEDJADJ, 2011**).

Les protistes (microbes) sont traditionnellement divisés en deux grandes classes :

- **Protistes supérieurs ou Eucaryotes**
 1. Algues (excepté les algues bleues –verts)
 2. Protozoaires
 3. Champignons
- **Protistes inférieurs ou Procaryotes**
 - 1- Algues bleu-verts ou cyanophycées ou schizophycées Bactéries ou schizomycètes. (**MEYER et al., 2010**)

Les micro-organismes sont, par définition, des êtres microscopiques, pour la plupart unicellulaires. La majeure partie de ces organismes appartient aux règnes Procaryotes ; Bactéries et Archaea, mais sont aussi représentés chez les Eucaryotes comme les Protozoaires et les Fungi. Les bactéries, les actinobactéries et les champignons représentent l'essentiel de la biomasse microbienne du sol (**KARABI, 2017**).

Les organismes vivant du sol sont des bactéries, des champignons, des algues, les parties souterraines des plantes ainsi que des animaux très variés. Tous participent d'une manière ou d'une autre à la formation et à l'évolution du sol (**DARI, 2013**).

I. 2. Bactéries

I.2.1.Définition

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires allongés ou sphériques, appartenant au sous-règne des Procaryotes, ce qui les rapproche des algues bleues. La membrane est parfois prolongée par un flagelle (**CLEMENT et LOZET, 2011**), constitué d'une seule molécule d'AND, sans histones ni membrane nucléaire (**BERAUD, 2001**). Les cellules procaryotes ne possèdent pas un vrai noyau mais un appareil nucléaire diffus, non isolé par une membrane, avec en général un seul chromosome. Elle est dite haploïde. Le cytoplasme contient des éléments figurés en nombre réduit, les ribosomes, et des inclusions ou substances de réserve (**MEYER et al., 2010**).

I. 2. 2. Taille

La taille des bactéries est variable, depuis 500 nm pour les plus petites (mycoplasmes) extrêmes, les entérobactéries ont un diamètre de 0.5 µm pour 2 à 3 µm de longueur (**BERAUD, 2001**).

I. 2. 3. Forme

La forme peut revêtir les aspects suivants : sphérique plus ou moins parfait ou coque (coccus), cylindrique ou bacille : ceux-ci peuvent être droits à bouts arrondis (entérobactéries), à bouts carrés (spirochètes, leptospire). Ces bacillus, parfois très courts, deviennent des coccobacilles (*Listeria*). D'autres aspects peuvent être rencontrés : filaments plus ou moins ramifiés (mycobactéries, actinomycètes), trichome (file de cellules engainées comme *Sphaerotilus*), cellules appendiculées comme *Caulobacter* (BERAUD, 2001).

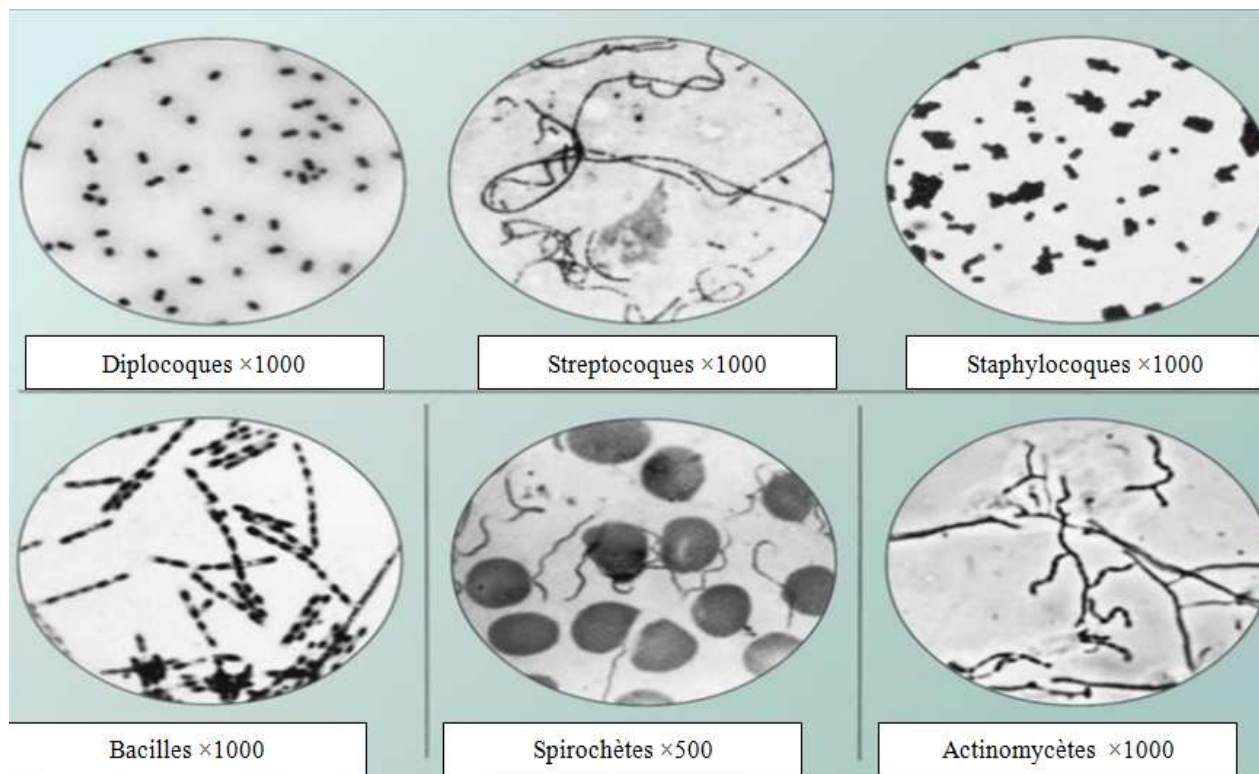


Figure 01. Exemple des diverses formes des bactéries sous microscope avec grossissement (OLIVA, 2014)

I. 2. 4. Classification

Selon LEYRAL et NOEL JOFFIN (1998), les bactéries appartiennent au règne des *Procaryotae* qui comprend quatre divisions :

Division 1: Gracilicutes (paroi de type Gram négatif)

Division 2 : Firmicutes (paroi de type Gram positif)

Division 3 : Tenericutes (absence de paroi)

Division 4 : Mendosicutes

Les bactéries sont classées en bactéries autotrophes, utilisation de carbone sous forme minéral, et bactéries hétérotrophes utilisation de carbone sous forme organique (**CLEMENT et LOZET, 2011**). Quelles soient autotrophes, hétérotrophes, aérobies ou anaérobies, toutes exigent des conditions abiotiques assez strictes : un pH neutre, une humidité moyenne, une température plutôt basse (bactéries psychrophiles) et différents oligoéléments (**AMEUR, 2014**).

L'énergie nécessaire à la synthèse de la matière vivante est fournie par :

- La lumière pour les bactéries dites phototrophes
- L'oxydation d'une substance chimique minérale ou organique dans le cas des bactéries chimiotrophes (**FIGARELLA et al., 2007**).

I. 2. 5. Importance des bactéries

Dans le sol les bactéries jouent un rôle important, en particulier dans les cycles biogéochimiques. Parmi celles intervenant dans le cycle de l'azote, on peut citer les bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*), nitriques (*Nitrobacter*) et réorganisatrices qui utilisent les nitrates pour synthétiser des molécules organiques azotées. Certaines bactéries dénitrificatrices respirent les nitrates en anaérobiose en libérant le N₂. Les bactéries semi-autotrophes assimilent une source d'azote minérale et une source de carbone organique et fixent l'azote. Certaines sont libres dans les sols (*Azotobacter*, *Clostridium*), d'autres vivent en symbiose, par exemple avec les légumineuses (*Rhizobium*) (**AMEUR, 2014**).

I.3. Champignons

I.3.1. Définition

Les mycètes communément appelés champignons sont des Eucaryotes, c'est-à-dire des organismes dont les cellules possèdent un noyau distinct contenant le matériel génétique (plusieurs chromosomes formés d'ADN) (**GERARD et al., 2012**), sans chlorophylle et dont l'appareil végétatif dépourvu de tige, de racine et de feuille est appelé thalle (**BOTTON et al., 1990**). Ils appartiennent au règne des *Fungi* et leur nombre est évalué à ce jour à environ 75 000 (**BERAUD, 2001**).

I.3.2. Forme

Généralement constitué par un mycélium formé de filaments tubulaires cylindriques ramifiés, à croissance linéaire apicale, dont le diamètre varie selon les espèces de 1 à 2 µm jusqu'à plus de 50µm (**GUEMMOULA et BEN HAMIDA, 2017**).

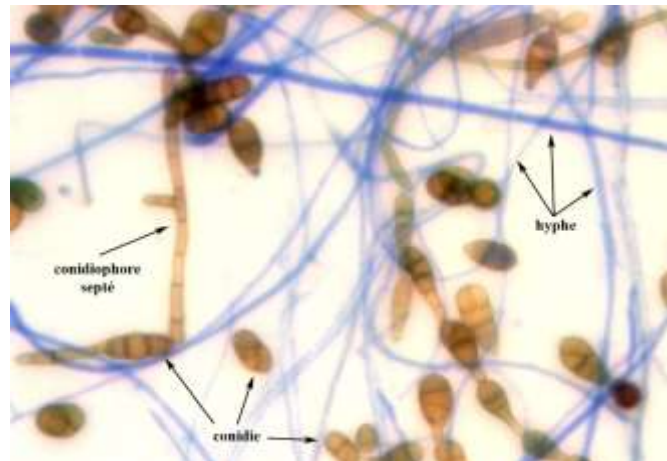


Figure 02. Champignons (*Alternaria alternata*) sous microscope à grossissement (×40) (DUTRON, 2012)

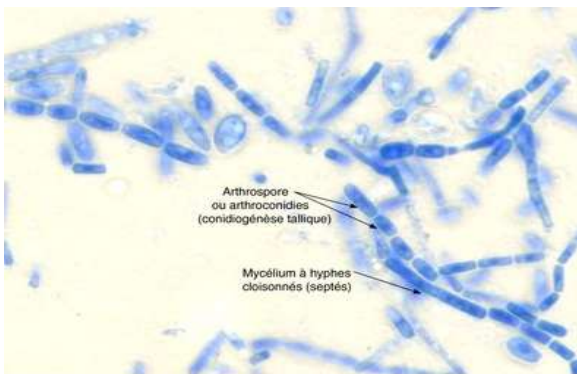


Figure 03. Champignons (*Geotrichum*) sous microscope à grossissement (×100) (DUTRON, 2012)

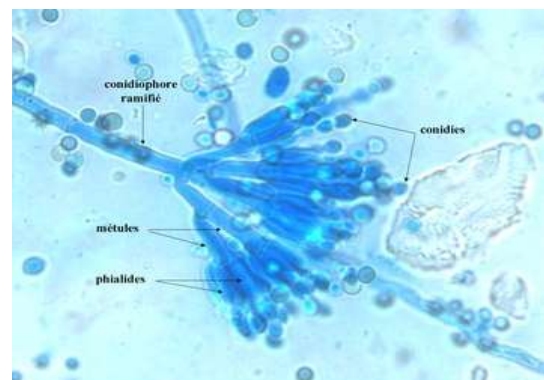


Figure 04. Champignons (*Penicillium roqueforti*) sous microscope à grossissement (×100) (DUTRON, 2012)

I. 3. 3. Mode de vie

La plupart des champignons vivent indépendants dans le sol ou dans l'eau et tirent leur énergie de la respiration ou de la fermentation des matériaux organiques présents dans leur milieu (BELLKACEM, 2006).

On distingue trois modes de vie :

Saprophytes : vivant aux dépens de la matière organique en décomposition.

Symbiose : entrent en relation avec des organismes vivants en formant une association à bénéfice réciproque

Parasites : D'autres vivent aux dépens d'êtres vivants (PILLOT, 2007).

I.3.4. Classification

La classification générale des champignons se fonde sur les caractéristiques du thalle (plasmode nu ou filament, cloisonné ou non ; présence éventuelle des cellules nues flagellées) ainsi que sur les modalités de leur reproduction sexuée (**BELKACEM, 2006**).

I. 3. 5. Rôle des champignons dans le sol

L'importance des champignons est dans la fertilisation du sol. Ainsi, on peut avoir d'une à deux tonnes de champignons par hectare de sol agricole. Ils représentent les deux tiers de la biomasse microbienne du sol.

Leur rôle le plus déterminant vient du fait qu'ils sont les seuls organismes sur la terre, à part quelques rares bactéries, à être capable de décomposer la lignine des plantes (est la principale source d'humus dans le sol) (**SOBTI, 2013**).

Les champignons participent à la stabilité structurale du sol à travers leur structure mycélienne ramifiée qui assure une cohésion particulière dans les couches superficielles du sol (**BEDJADJ, 2011**). Ils sont considérés comme des agents principaux de la décomposition de la matière organique dans les sols exondés. Leur rôle dans le cycle de l'azote est peu spectaculaire. Leur rôle essentiel est la minéralisation du carbone organique (**ROGER et GARCIA, 2011**).

Chapitre II
Généralités sur les produits
phytosanitaires

Chapitre II. Généralités sur les produits phytosanitaires

Introduction

Il existe un grand nombre d'organismes vivants nuisibles aux végétaux, aux animaux mais aussi à l'égard de l'homme et des bâtiments d'élevage et d'habitation. Beaucoup d'activités sont confrontées à ces organismes mais les activités agricoles sont probablement parmi les plus exposées et donc demandeuses de moyens de prévention et de la lutte. Ces moyens très variés vont des mesures prophylactiques aux traitements chimiques généralisés en passant par des interventions mécaniques, des interventions biologiques et des traitements localisés. De nombreuses substances chimiques sont ainsi utilisées, ce sont les pesticides (**CALVET et al., 2005**)

II. 1. Définition de pesticides

Selon le code de conduite de la FAO sur la distribution et l'utilisation des pesticides (Version novembre 2002), «un pesticide est une substance ou association de substances destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines et animales, et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux ».

Le terme de « produits biocides » (directive 98/8/CEE) désigne « les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique ». Ne sont pas concernés par cette définition, les produits spécifiques pour la protection des plantes ou produits végétaux quelle que soit l'application.

Plusieurs termes et expressions définissent les produits phytosanitaires. Ainsi, pesticides, produits anti-parasitaires à usages agricoles, produits pour lutter contre les ennemis des cultures, produits de protection des plantes, produits agrisanitaires, produits agropharmaceutiques, produits phytopharmaceutiques sont les autres dénominations de ce terme. Dans la suite, il sera généralement employé le terme anglais courant pesticides ou produits phytosanitaires sans aucune distinction (**DOMANG, 2005**)

II. 2. Classification des pesticides

Les pesticides disponibles aujourd'hui sur le marché sont caractérisés par une telle variété de structure chimique, de groupes fonctionnels et d'activité que leur classification est complexe. D'une manière générale, ils peuvent être classés en fonction de la nature de l'espèce à combattre mais aussi en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose (**MERHI, 2008**).

- La nature de l'espèce à combattre (premier système de classification)
- La nature chimique de la principale substance active (deuxième système de classification (**AYAD-MOKHTARI, 2012**)).

II.2.1. Premier système de classification

Il repose sur le type de parasites à contrôler. Il existe principalement trois grandes familles d'activité :

✓ Herbicides

Ce sont les plus utilisés dans le monde en tonnage et en surface ; ils permettent d'éliminer les mauvaises herbes des cultures.

✓ Insecticides

Ce sont les premiers pesticides utilisés et les plus utilisés en Algérie. Ils sont destinés à détruire les insectes nuisibles.

✓ Fongicides

Ils permettent de lutter contre les maladies cryptogamiques qui causent de graves dommages aux végétaux cultivés. Ils combattent la prolifération des champignons pathogènes.

II.2. 2. Deuxième système de classification

Le classement se fait en fonction de la nature chimique de la substance active.

On distingue:

II. 2. 2. 1. Pesticides organiques

Ils sont très nombreux et appartiennent à diverses familles chimiques, il existe actuellement plus de 80 familles ou classe chimique (CALVET *et al.*, 2005).

II. 2. 2. 2. Pesticides inorganiques

En général, ce sont des éléments chimiques qui ne se dégradent pas. Leur utilisation entraîne souvent de graves effets toxicologiques sur l'environnement par accumulation dans les sols. (AYAD-MOKHTARI, 2012). L'essentiel des pesticides inorganiques sont des fongicides à base de soufre et de cuivre (CALVET *et al.*, 2005).

II. 2. 2. 3. Biopesticides

Ce sont des substances dérivées de plants ou d'animaux. Elles peuvent être constituées d'organismes tel que les :

- Moisissures
- Bactéries
- Virus
- Nématodes
- Composés chimiques dérivés de plantes
- Pheromones d'insectes (AYAD-MOKHTARI, 2012).

Les produits phytosanitaires contiennent une ou plusieurs substances chimiques minérales ou organiques, synthétiques ou naturelles. Ceux utilisés aujourd'hui sont, la plupart, de nature organique dont un petit nombre est extrait ou dérivé des plantes. Les formulations sont, en général, composées d'une ou plusieurs substances actives et d'un ou plusieurs adjuvants. La substance active exerce une action générale ou spécifique sur les organismes nuisibles ou sur les végétaux ; c'est elle qui confère au produit l'effet désiré. L'adjuvant quant à lui est une substance dépourvue d'activité biologique jugée suffisante dans la pratique, mais capable de modifier des propriétés physiques, chimiques ou biologiques des produits phytosanitaires. Il renforce l'efficacité, la sécurité du produit et sa facilité d'utilisation (**BENSLAMA, 2014**).

Certains auteurs considèrent que 80 % des quantités de pesticide utilisées en agriculture le sont en pure perte, soit que la préparation manque sa cible, soit qu'elle se trouve entraînée par ruissellement ou lessivage, soit qu'elle est dégradée par le sol.

Les espèces non cibles de la faune et de la flore sont donc particulièrement exposées à ces molécules, le risque pour la santé des écosystèmes étant d'autant plus grand que la matière active est toxique, qu'elle est persistante, qu'elle est mobile et qu'elle est utilisée massivement (**BRUNO, 1996**).

Le tableau 2 montre les principales familles des produits phytosanitaires selon (**AIMEUR, 2017**).

Tableau 1. Les principales familles des produits phytosanitaires (AIMEUR, 2017)

Insecticides	Herbicides	Fongicides
Minéraux		
Composés arsenicaux Soufre Composés fluorés Dérivés de mercure Dérivés à base de silice Quartz, magnésie Huiles de pétrole	Sels de NH ₄ , de Ca, de Fe de Mg, K, Na Sous forme de sulfates, de nitrates Chlorures, Chlorates....	Sels de cuivre à base de soufre Composés arsenicaux Huiles minéraux
Organiques		
Organochlorés Organophosphorés Carbamates	Phytohormones Dérivés de l'urée Carbamates Triazines et Diazines Dérivés de pyrimidines Dérivés des dicarboximides Dérivés des L'oxyquinoleine Dérivés des thiadiazines et Thiadiazoles	Carbamates et Dithiocarbamates Dérivés des quinones Amides Benzonitriles Toluidines Organophosphorés
Divers		
Pyréthroïde de synthèse Produits bactériens Répulsifs	Dicamba Pichlorame Paraquat	Carboxines Chloropicrine Doguanide Formol

II. 3. Devenir des pesticides dans le sol

La plupart des produits phytosanitaires arrivent tôt ou tard au sol où ils sont soumis à un ensemble de processus conditionnant leur devenir et leur dispersion vers d'autres compartiments de l'environnement. Cette dispersion et leur accumulation dans les sols sont à l'origine de problèmes de contamination des milieux par les pesticides (**OUCHEBBOUK et ZIBANI - AMOKRANE, 2015**).

Il est bien connu que le type de sol a une influence très significative sur la persistance des pesticides et leurs produits de dégradation (**BOUSEBA, 2011**).

Une importante quantité des pesticides utilisés contre des organismes vivants nuisibles se retrouve sur le sol. De là, les molécules de pesticides sont entraînées par le ruissellement dans les cours d'eau, et par lixiviation dans le sol et la nappe phréatique. Le comportement global des pesticides dans le sol est complexe car il dépend d'une multitude de processus interconnectés et de la diversité des molécules actives (**LOMPO DESIRE, 2007**).

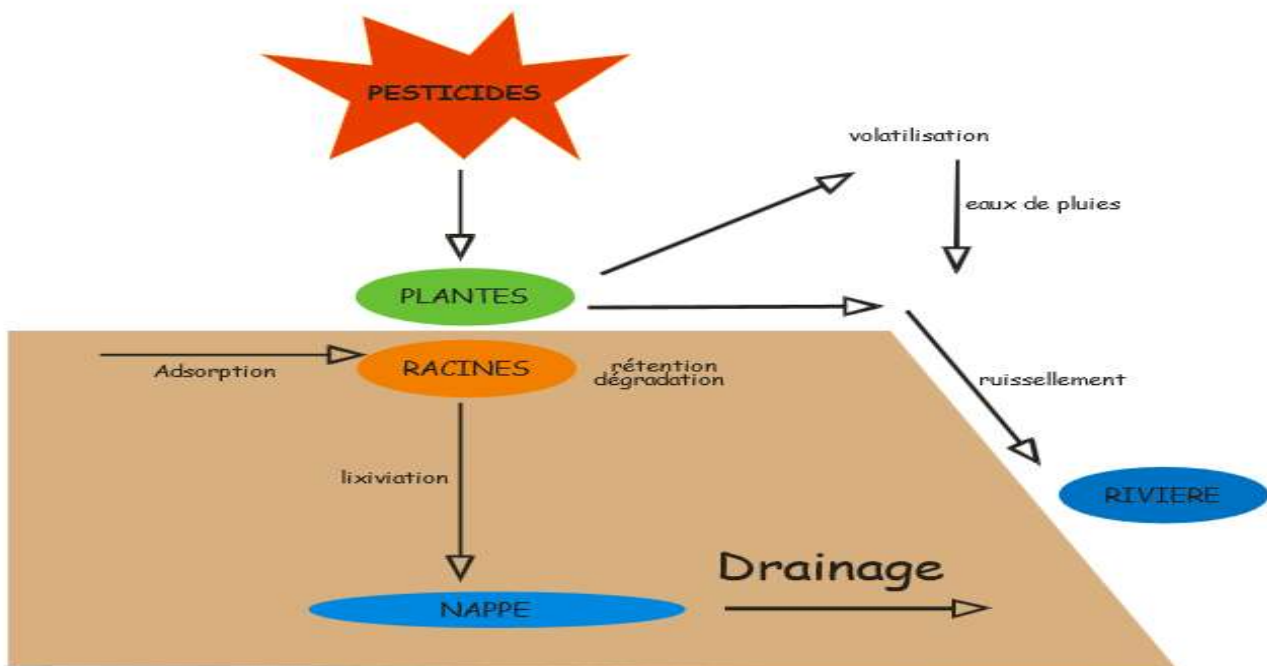


Figure 05. Comportement des pesticides dans le sol (**AYAD-MOKHTARI, 2012**)

Les pertes des pesticides dans le sol du fait de micro-organismes ou de réactions chimiques sont confondues sous le vocable de dégradation. Le taux de dégradation augmente généralement avec la température et avec la teneur en eau du sol (**HAYO et VAN DAR WERF, 1997**).

Certains processus tendent à fixer le pesticide ou ses métabolites sur la phase organo-minérale du sol: c'est la rétention du pesticide. D'autres, par contre, l'entraînent à se concentrer

dans la phase liquide du sol: c'est la persistance du produit. Une forte rétention du pesticide par les matières organo-minérales réduit les risques de pollution par les transferts hydriques, tandis que plus un produit est persistant, plus il est mobile et facilement transporté et donc les risques de pollution des eaux sont plus grands (**LOMPO DESIRE, 2007**)

La vitesse de dégradation est indiquée par la durée de demi-vie (DT50). Il faut ce pendant prendre aussi en compte les produits de dégradation de la matière active (métabolites) car ils peuvent avoir eux aussi des effets nocifs. Par exemple, le phénamiphos est oxydé très vite (DT50= 10 jours) en ses dérivés sulphoxyde et sulphone, sans que le pouvoir pesticide du produit soit affecté. La demi-vie mesurée pour le phénamiphos et ses deux métabolites est de 70 jours

De plus, les deux métabolites sont plus mobiles que la matière active initiale. Les DT50 mesurées au champ sont en général plus courtes que celles mesurées au laboratoire (**HAYO et VAN DAR WERF, 1997**) (**Tableau 02**).

Tableau 02. Rémanence de quelques pesticides dans le sol. Le temps nécessaire à une disparition dans le sol (**LOMPO DESIRE, 2007**).

Pesticide	Rémanence
DDT (organochloré)	4 -30 ans
Lindane (organochloré)	3 -10 ans
Endosulfan (organochloré)	2 mois à 2 ans
Carbofuran (carbamate)	6 mois
Parathion (organophosphoré)	3 – 6 mois
2,4, 5-T	3 - 5 mois
2,4-D	4 - 6 mois

II. 4. Impact des pesticides sur l'environnement et sur la santé

Les produits phytosanitaires peuvent diffuser dans les différents compartiments de l'environnement : air, sol et eau, comme ils peuvent aussi affecter d'une façon non négligeable des organismes non visés comme l'homme.

Ces molécules présentent un risque pour l'environnement, en général, lorsque sont mal utilisés, ou utilisés en trop grandes quantités, ou sont disséminés dans l'environnement de manière incontrôlée par dérive de pulvérisation, lixiviation ou ruissellement. Les substances chimiques peuvent contaminer l'eau, l'air et les sols. Ils exercent des effets néfastes sur les végétaux et les espèces sauvages, ainsi que sur la diversité biologique. La contamination de l'environnement peut se produire pendant et après l'application, lors du nettoyage de l'équipement ou en cas d'élimination non contrôlée et illégale des pesticides ou des récipients qui les contenaient (GAGAOUA et OUALI, 2012).

II. 5. Rôle et importance des pesticides

Les pesticides ont des risques sur la santé humaine par l'accumulation de ces derniers dans la chaîne alimentaire, et donc ils vont être consommés par l'être humain. D'une autre part, ils ont un impact sur la pollution des eaux, le sol, la vie de la faune et la flore et aussi la santé des agriculteurs. Malgré tous ces risques, on ne peut pas dépasser les avantages des pesticides, et parmi lesquels on peut citer :

- Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leurs actions.
- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (ex : les régulateurs de croissance).
- Assurer la conservation des produits végétaux, sauf si ces substances ou produits font l'objet de dispositions particulières concernant les agents conservateurs.
- Détruire les végétaux indésirables ou détruire des parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux (MERGHID *et al.*, 2017).

II. 6. Pesticides en Algérie

Dans notre pays, l'usage des insecticides, des fertilisants, des engrais, des détergents et autres produits phytosanitaires se répand de plus en plus avec le développement de l'agriculture.

En Algérie, la fabrication des pesticides a été assurée par des entités autonomes de gestion des pesticides: Asmidal, Moubydal. Mais avec l'économie du marché actuelle, plusieurs entreprises se sont spécialisées dans l'importation d'insecticides et divers produits apparentés. Ainsi, environ 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie, dont une quarantaine de variétés sont largement utilisés par les agriculteurs. C'est la loi n° 87-17 du 1^{er} août 1987, relative à la protection phytosanitaire, qui a instauré au départ les mécanismes qui permettent une utilisation efficace des pesticides (BOUZIANI, 2007).

II. 7. Interaction entre pesticides et micro-organismes du sol

D'une façon générale, le devenir des pesticides dans le sol met en jeu trois grands processus : la rétention, la dégradation et le transfert.

La dégradation des pesticides est un des processus clés de leur devenir dans le sol au cours du temps et joue un rôle majeur dans leur dissipation et leur élimination des milieux naturels. Cette dégradation est le résultat de diverses transformations chimiques qui modifient la composition et la structure des molécules apportées au sol.

La dégradation des produits phytosanitaires dans le sol par les microorganismes est liée à leur activité enzymatique, du niveau de matière organique, de la température et de l'humidité du milieu.

Les processus de dégradation on distingue sont :

· **Dégradation abiotique ou non biologique** : les transformations abiotiques sont dues à des réactions de photo-dégradations des molécules à la surface du sol et sur les parties aériennes des végétaux, sous l'effet des rayons solaires et les transformations chimiques dans la solution du sol et sur les surfaces des constituants de la phase solide du sol.

· **Dégradation biologique ou biodégradation** : la dégradation des pesticides dans les sols est réalisée essentiellement par voie microbienne. La grande diversité métabolique des microorganismes du sol (bactéries, champignons, algues et protozoaires). Leur capacité d'adaptation et de mutation leur permettent de se développer dans des conditions variées et d'être de puissants agents de dégradation des pesticides (**RAHATLFOUL et CHERIF, 2019**).

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre I
***Présentation de la région
d'étude***

Chapitre I. Présentation de la région d'étude

I.1. Localisation géographique

La Wilaya de Ouargla est située au Sud-Est du pays couvrant une superficie de 163.230 Km². Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle est limitée au nord par : les Wilayate de Djelfa, d'El-Oued et de Biskra, à l'Est par la Tunisie, au Sud par les Wilaya de Tamanrasset et d'Illizi, à l'Ouest par : la Wilaya de Ghardaia (**Fig 03**). Elle compte actuellement 21 communes regroupées en 10 Dairate. (**D.P.A.T., 2017**)

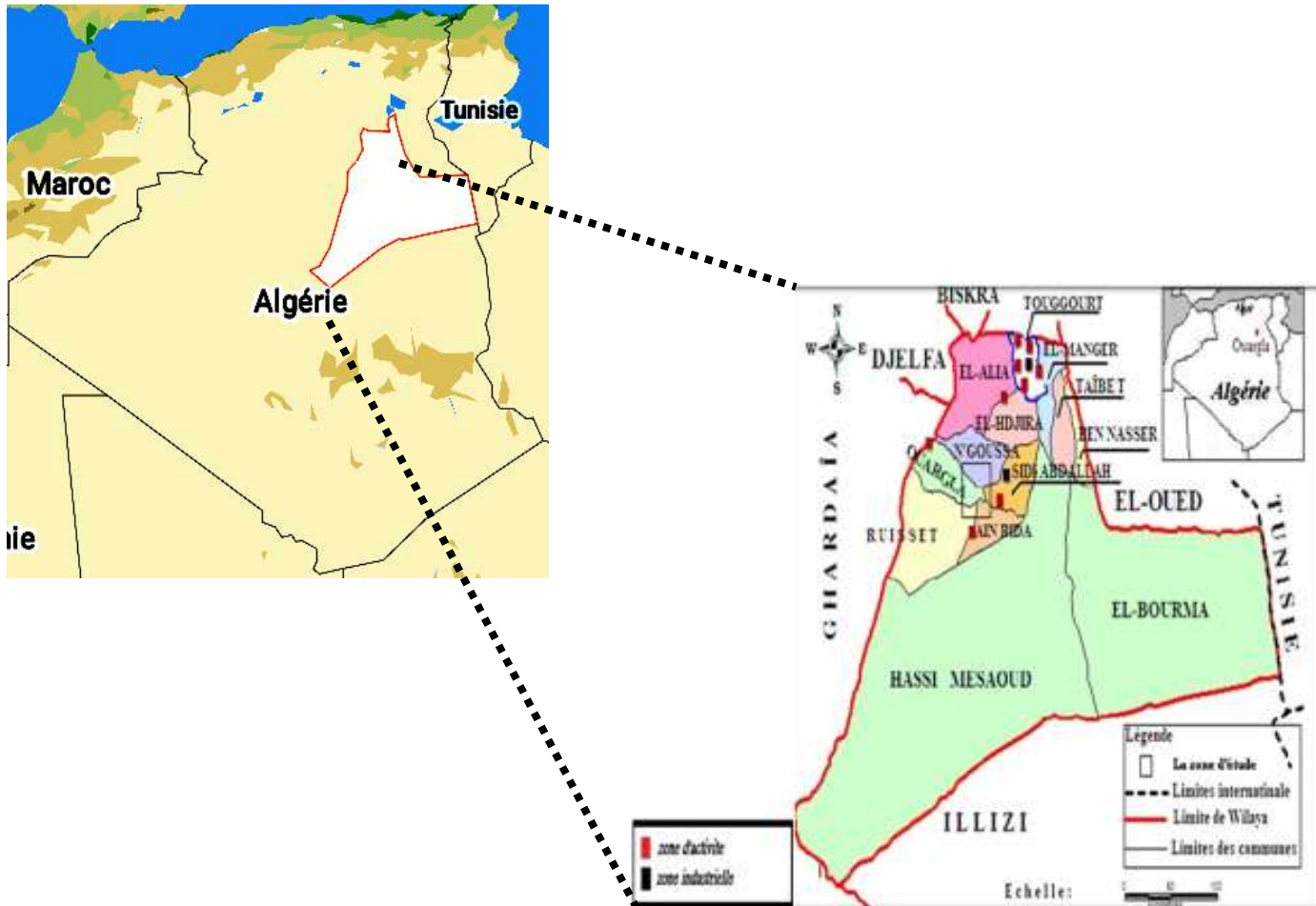


Figure 06. Situation géographique et limites géomorphologiques de la région d'Ouargla (**D.P.A.T., 2018**)

I.2. Climat

Le climat de Ouargla est saharien, à hiver doux, La région de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées, et des précipitations rares et irrégulières (**D.P.A.T., 2018**), une évaporation forte et plus importante (**OMEIRI, 2016**) par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème. Les vents dominants avec une vitesse dépasser 20 m/s. (**D.P.A.T., 2016**) et la luminosité est importante.

I. 3. Cadre pédologique

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération **(ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975 in DADDI BOUHOUN, 2010)**. D'après HAMDI-AÏSSA (2001), les sols dans la cuvette d'Ouargla sont à prédominance salsodique, hydro-halomorphe et minéraux bruts. La végétation naturelle est plutôt due au fait de la nature des sols et leur structure ainsi que le climat. Elle est plus ou moins présente suivant les régions **(D.P.A.T., 2018)**.

Chapitre II
Matériel et méthodes

Chapitre II. Matériel et Méthodes

II 1. Méthodologie de travail

Pour montrer l'impact des résidus de pesticides sur les microorganismes du sol, nous avons suivi une démarche (**figure 07**) qui consiste à tester l'effet de trois types d'insecticides sur la microflore bactérienne et fongique du sol. Des échantillons de sol seront prélevés avant et après traitement phytosanitaire.

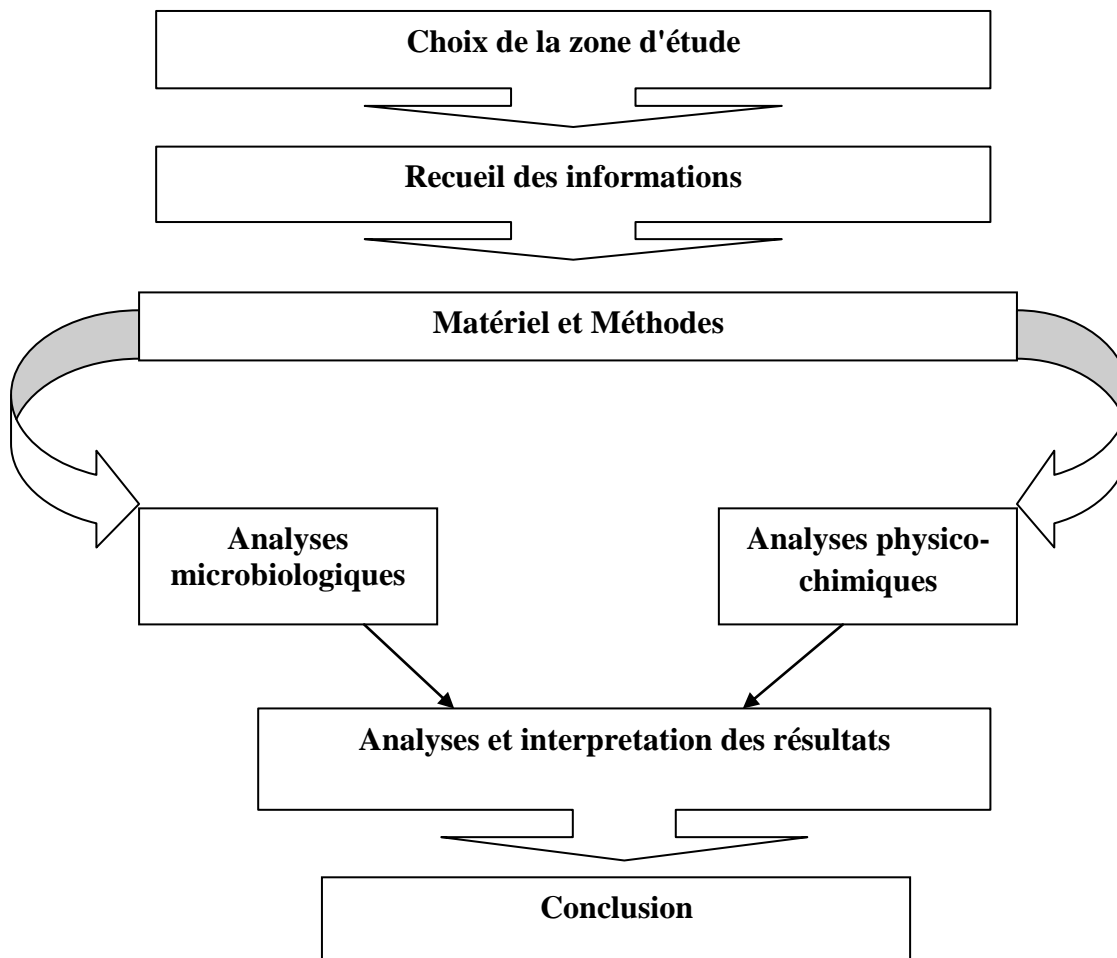


Figure 7. Méthodologie de travail

II. 2. Choix de la station d'étude

Le choix de la zone d'étude s'est porté sur cette palmeraie qui présente plusieurs avantages:

- ✓ une homogénéité texturale des sols caractérisée par une prédominance des sables (> 50 %) et une teneur en argile faible (< 10 %)

- ✓ la possibilité de pouvoir utiliser les données pédologiques préexistantes sur cette zone d'étude.
- ✓ Surveillance permanente du site d'étude.

II. 2. 1. Présentation du site expérimental

L'exploitation a été créée en 1959, par le service colonial pour la mise en valeur, sous l'appellation de périmètre de "GARET-CHEMIA". Elle se situe au Sud Ouest de Ouargla, à six kilomètres environ du centre ville (**MAHBOUB, 2008**).

Durant la première phase de la révolution agraire, le périmètre est passé en groupes de mise en valeur (G.M.V). En 1979, l'exploitation a été confiée à l'Institut Technologique d'Agriculture Saharienne (I.T.A.S). En 1992, l'exploitation est passée à l'Institut National Supérieur d'Agronomie Saharienne (I.N.F.S.A.S). En 1997, elle a été confiée au centre universitaire. Actuellement, l'exploitation est passée à l'université de Ouargla (**TEMMAR et KHENGAOUI, 2015**)

II. 2. 2. Situation géographique

L'exploitation se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Ces coordonnées géographiques sont:

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

L'exploitation s'étend sur une superficie initiale totale de 32 ha, dont 16 hectares sont aménagés et répartis en quatre secteurs, à savoir : A1, A2, C1 et D. Le reste des secteurs E, F, G et H correspond à l'extension non exploitée (**Fig. 06**). Actuellement, une partie de la superficie a été attribuée au pôle universitaire (**TEMMAR et KHENGAOUI, 2015**)



Figure 08. Carte satellitaire de situation et délimitation du site expérimental de l'exploitation de l'université d'Ouargla (image Google Earth, 2020).

II 2. 3. Sol du site expérimental

Les sols de cette palmeraie sont de texture sableuse. Ils sont classés selon la World Référence Base (WRB) (FAO, 2006) dans le groupe des Solonchaks (Salic, Aridic). Ils sont sujets à des fluctuations saisonnières de la nappe phréatique saline ($CE = 13 \text{ mS.cm}^{-1}$ en moyenne).

II. 3. But de l'essai

L'objectif de ce travail vise à étudier les effets de l'application de 3 insecticides sur la densité des principaux groupes microbiens à savoir les bactéries et les champignons, la biomasse microbienne et les paramètres physicochimiques des sols dans la région de Ouargla, à travers une étude comparative entre différentes doses des insecticides appliquées dans le sol de l'exploitation agricole.

Les trois types des insecticides utilisés sont les suivants : (decis **25 EC**, Cyrux **25 EC**, Rugby **10G**)

II. 4. Dispositif expérimental aléatoire

Trois types d'insecticide avec trois répétitions à un écartement de 1 m

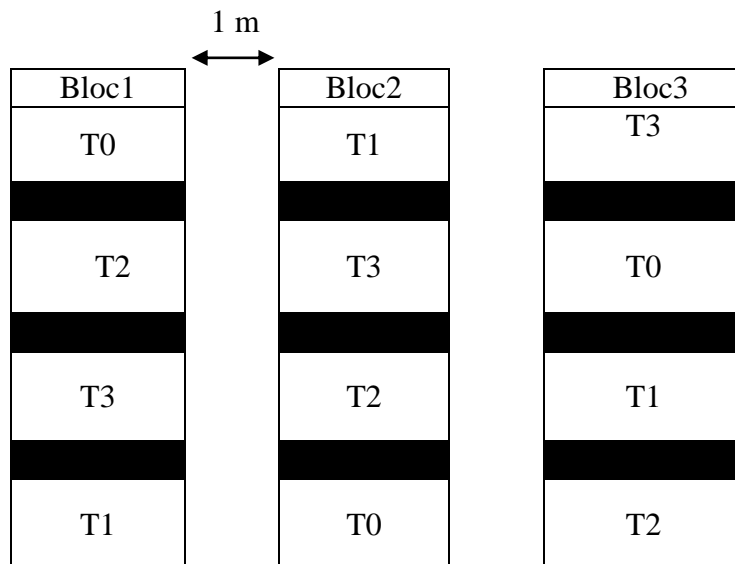


Figure 09. Schéma simplifié du dispositif expérimental de l'étude

II.5. Echantillonnage

II. 5. 1. Technique d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage est choisie en fonction de l'objectif d'échantillonnage, et est dimensionnée en fonction des objectifs recherchés et la méthode d'interprétation utilisée et la qualité des données, des moyens disponibles et des contraintes imposées par le site (PELLET et LAVILLE-TIMSIT, 1993).

Dans notre travail, nous avons choisi l'échantillonnage aléatoire pour augmenter la probabilité et les niveaux de confiance aux résultats d'échantillonnage.

II. 5. 2. Epoque d'échantillonnage

Le prélèvement de notre échantillon a été effectué le 10 Mars 2020.

II. 5. 3. Horizons de prélèvement

Les échantillons ont été prélevés à partir de l'horizon (0-20 cm). L'activité biologique est maximale dans l'horizon de surface et diminue plus ou moins rapidement avec la profondeur.

II. 5. 4. Prélèvements des échantillons du sol

Les échantillons sont prélevés avant et après traitement par les produits phytosanitaires. Ils sont transportés dans des flacons stériles en plastique pour être analysés au niveau du laboratoire.

Une partie de ces sols a été séchée à l'air libre pendant 02 jours pour subir certaines analyses physico-chimiques.

Le point difficile et en même temps essentiel pour la valeur des résultats de l'analyse c'est le choix et la qualité des échantillons dans le sol étudié.

La plupart des études sont basées sur un échantillonnage dit « composite », dans lequel on mélange plusieurs prélèvements élémentaires équipondérales effectués au sein de la zone d'étude.

Le prélèvement des échantillons a été effectué à l'aide d'une spatule dans des conditions de stérilité rigoureuse.

II. 5. 5. Conservation des échantillons

D'après (ITAB, 2002), les déterminations biologiques s'appliquent obligatoirement à des échantillons de sol "frais". Il convient donc de considérer l'échantillon de sol comme un être vivant, avec toutes les contraintes que cela suppose, en matière de transport et de stockage. Après le prélèvement, l'échantillon de sol doit être entouré de soins afin que les mesures biologiques qui seront réalisées au laboratoire. Pratiquement, les mesures doivent être effectuées dans les 48 à 72 heures qui suivent le prélèvement, les échantillons de sols devant être conservés au frais (environ 4°C).

Le séchage des échantillons tue une partie de la microflore et rend impossible la détermination de la biomasse.

II. 6. Analyses physico-chimiques

L'échantillon de sol sera séché à l'air libre pendant 02 jours, puis passé au tamis de 2 mm de diamètre pour éliminer la fraction grossière. La fraction fine du sol obtenue va subir les différentes analyses physico-chimiques, à savoir :

II. 6.1. Granulométrie

L'analyse granulométrique ou analyse mécanique consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules minérales inférieures à 2 mm et à déterminer, les proportions relatives de ces catégories, en pourcentage de la masse totale du sol minéral (MATHIEU et PIELTAIN, 1998)

La méthode utilisée est basée sur la loi de STOCKES. Différents traitements chimiques préalables servent à obtenir une bonne dispersion des particules élémentaires. Un premier traitement assure la destruction de la matière organique par l'eau oxygénée, un deuxième assure la destruction du calcaire par HCl, ensuite une longue agitation dans l'eau suffit en

présence d'un sel dispersant (hexaméta-phosphate de sodium). Après une sédimentation libre sous l'action de la gravité, les particules tombent avec des vitesses constantes, d'autant plus grandes qu'elles sont plus grosses. Ainsi la fraction fine (argile : 0 - 2 μm et les limons fins : 2- 20 μm) a été prélevée par la pipette de ROBINSON et la fraction grossière (sable grossier : 200 - 2000 μm , sable fins : 50 - 200 μm , limons grossiers : 20 - 50 μm) a été obtenus par tamisages successifs.

II. 6.2. Humidité

L'humidité du sol est mesurée parallèlement à la densité apparente par séchage des échantillons du sol à l'étuve à 70°C. Cette température de séchage est choisie en raison de la richesse des sols de Ouargla en gypse. En fait, le séchage à 105 °C permet l'extraction de l'eau de constitution du gypse. Les échantillons du sol sont tarés puis séchés dans l'étuve à 70 °C pendant 48 heures. Ensuite, ils sont refroidis puis pesés. La teneur en eau est calculée suivant la relation suivante :

$$\text{Hu (\%)} = \frac{\text{PF} - \text{Ps}}{\text{Ps}} \times 100$$

-PF : Poids frais

- PS : Poids sec

II. 6.3. pH

Mesuré avec un pH-mètre à électrode en verre, avec un rapport sol / eau (1/5). La lecture s'effectue à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné.

II.6. 4. Conductivité électrique (CE)

C.E.ec1:5 et C.E.ec1:5 : c'est la conductivité électrique à 25°C d'un extrait sol ou croûte / eau (1:5), mesurée au conductivimètre. Elle permet une estimation de la teneur globale en sels solubles, étant fonction de la concentration en électrolytes (DADDI BOUHOUN, 2010).

II. 6.5. Dosage du carbone organique et détermination de la matière organique

La teneur en matière organique totale du sol s'obtient généralement en dosant la teneur en carbone.

Le dosage du carbone organique est effectué par la méthode Anne (1945), dont le principe est que le carbone de la matière organique est oxydé par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique. A chaud, l'excès de bichromates est dosé par une solution titrée de sel de Mohr (sulfate ferreux), en présence d'indicateur coloré (diphénylamine). La teneur en matière organique est obtenue par la formule :

$$\text{MO (\%)} = \text{Carbone (\%)} \times 1.72 \text{ (DABIN, 1970)}$$

II. 6.6. Dosage de l'azote total

L'azote total c'est l'ensemble de toutes les formes d'azote minéral et organique présentes dans un échantillon de sol, excepté l'azote gazeux (essentiellement représenté par le diazote N_2) (BAISE, 2000).

Le dosage de l'azote est réalisé selon la méthode de **KJEDHAL** par attaque acide. H_2SO_4 concentré en présence de catalyseur au sélénium et de H_2O_2 , ce qui convertit l'azote organique en sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$. L'ion (NH) ainsi formé est dosé par colorimétrie automatique au SKALAR dont le principe est fondé sur la réaction modifiée de Berthelot : l'ammonium est chloré en chlorure d'ammonium qui réagit avec le Salicylate pour former le 5-amminosalicilate. Après oxydation par couplage il se forme un complexe vert dont l'absorbance est mesurée à 660 nm (GOUNTAN, 2013).

II .7. Analyses microbiologiques

II.7. 1. Préparation des suspensions dilutions

Les préparations des suspensions dilutions consistent à disposer sur un portoir une série de 9 tubes stérilisés, numérotés de 1 à 9, et contenant chacun 9ml d'eau distillée. Peser 1g du sol préalablement tamisé et homogénéisé, le verser dans le tube 1, agiter vigoureusement, c'est la suspension dilution 10^{-1} , puis transférer 0.1 ml dans le tube 2 contenant déjà de l'eau distillée (9ml), il s'agit de la suspension dilution 10^{-2} . Agiter vigoureusement et recommencer l'opération pour le restant des tubes en transférant 1ml de solution d'un tube à l'autre, afin de préparer les suspensions dilutions 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} (POCHON, 1954).

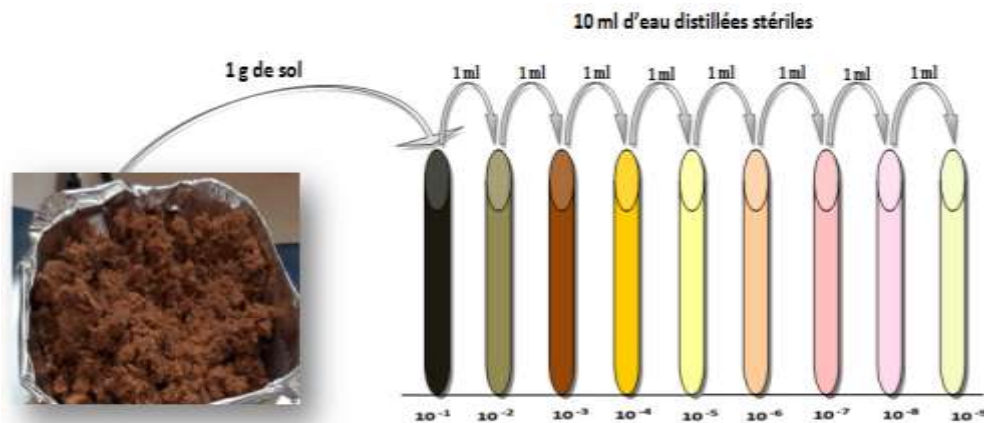


Figure 10. Méthode de préparation des suspensions dilutions

II. 7.2. Technique de dénombrement

II. 7.2. 1. Dénombrement de la microflore bactérienne

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

Les bactéries sont cultivées sur milieu solide et ensemencées avec des dilutions allant de 10^{-1} jusqu'à 10^{-9} . La lecture des résultats par le dénombrement des colonies apparues se fait après incubation pendant 24 heures par utilisation de compteur de colonies.

II. 7. 2. 2. Dénombrement de la microflore fongique

La méthode des suspensions dilutions, mise au point pour l'isolement des bactéries, est également utilisable pour les champignons.

Les champignons sont cultivés sur un milieu spécifique (OGA) (annexe), et ensemencés avec des suspensions dilutions du sol à raison de 3 gouttes de chaque dilution (10^{-1} à 10^{-9}) soit 0,2 ml sont déposées sur chaque boîte et aussi étalées avec soin sur toute la surface. La lecture des résultats se fait à partir du 7^{ème} jour d'incubation (28°C).

II.8. Biomasse microbienne

Le concept de la biomasse microbienne fait référence à la fraction vivante de la matière organique considérant l'ensemble des micro-organismes comme un tout (bactéries, champignons...).

Le carbone microbien ($C_{\text{microbien}}$) et l'azote microbien ($N_{\text{microbien}}$) sont les composants élémentaires primaires de la biomasse microbienne (CLEVELAND et LIPTZIN, 2007).

La biomasse microbienne est déterminée par la méthode de fumigation/extraction (VANCE *et al.*, 1987). L'exposition de la biomasse microbienne du sol à une atmosphère uniquement composée de chloroforme gazeux provoque sa mort par lyse cellulaire.

Après extraction des vapeurs de chloroforme, le carbone est extrait avec du sulfate de potassium. Le carbone dissous d'un sol témoin non fumigé est extrait de la même manière. Les extraits de sol sont filtrés et le carbone organique total des extraits est dosé par la méthode Anne. Le $C_{\text{microbien}}$ est déterminé par comparaison entre la quantité en carbone extraite d'un échantillon de sol fumigé et celle extraite du même échantillon de sol non fumigé.

Le dosage de l'azote total est fait selon la méthode de digestion Kjeldahl (BREMNER, 1965). Le $N_{\text{microbien}}$ est déterminé par le même principe que celui du carbone microbien, en comparant la quantité en azote extraite d'un échantillon de sol fumigé et celle du même échantillon de sol non fumigé.

II.9. Activité enzymatique

Tous les sols contiennent un groupe d'enzymes qui peuvent être synthétisées par les plantes, les animaux et les microorganismes. Les enzymes jouent un rôle vital dans l'agriculture et dans le cycle des nutriments.

Les espèces microbiennes libèrent des enzymes dans l'environnement afin de dégrader des molécules organiques complexes en molécules simples absorbables. Ainsi, les enzymes du sol

décomposent les résidus organiques, la transformation de la matière organique, la minéralisation des nutriments pour la croissance des plants

Les enzymes les plus largement utilisées pour évaluer les facteurs contrôlant la décomposition de la litière végétale et la qualité de sol : β -galactosidase, β -glucosidase, Phosphatase et Arylsulphatase, Uréase, Déshydrogénase (**ADETUNJI, 2017**).

L'activité de la phosphatase dans les sols est évaluée par la méthode de Tabatabai et Bremner (1969) qui implique la détermination du p-nitrophénol libéré par mélange de 1 g de sol avec 0,25 ml de toluène, 4 ml de tampon universel et 1 ml de substrat de 5 mm et incubés pendant 1 h à 37°C.

L'activité des déshydrogénases est déterminée par la méthode de **CASIDA *et al.* (1964)** cité par **FOTIO *et al.* (2009)**. Cette méthode est basée sur l'estimation de la concentration de 2, 3, 5-triphenyl formazan (TPF) libéré par les déshydrogénases lorsque le sol est incubé avec une solution tampon de chlorure de 2, 3, 5-triphenyl tétrazolium (TTC). La densité optique du TPF a été ensuite déterminée par colorimétrie à 485 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre III. Résultats et discussion

Suite à la crise sanitaire (Covid-19), toute notre expérimentation a été interrompue le 11 mars 2020.

Dans la présente étude, nous avons souhaité avoir des résultats similaires aux résultats suivants, qui ont été obtenus à partir de différentes sources d'études qui ont étudié l'impact des pesticides sur les microorganismes du sol et qui ont suivi le même principe et protocole.

III.1. Impact des pesticides sur les paramètres physico-chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques influencent fortement les propriétés biologiques des sols. Des relations étroites ont d'ailleurs été mises en évidence entre les caractéristiques physico-chimiques et biologiques, et ceci aussi bien pour la microflore que pour la faune (ITAB, 2002).

Tous les paramètres physico-chimiques concernant les sols peuvent avoir une influence à différents degrés, seule ou en association, rapide ou lente sur la concentration, l'adsorption, la mobilité, la dégradation, la transformation...des pesticides (BETTICHE, 2017).

L'étude réalisée dans le Nord-Est algérien par TAHAR *et al.* (2017) sur l'effet d'un fongicide (l'hymexazole) et un herbicide (la prométhryne) sur la qualité physico-chimique et biologique des sols agricoles non pollués, révèle que les paramètres physico-chimiques analysés montrent une grande variabilité dans les résultats (Fig 11, 12, 14, 15, 16, 17). Les valeurs enregistrées varient en fonction de la nature du pesticide et des doses employées.

III.2. Conductivité électrique

D'après l'analyse de TAHAR *et al.* (2017) (fig 11, 12), un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4 dS/m (CALVET, 2003). La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, c'est-à-dire son degré de salinité. Elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon (BENMAHDI, 2008).

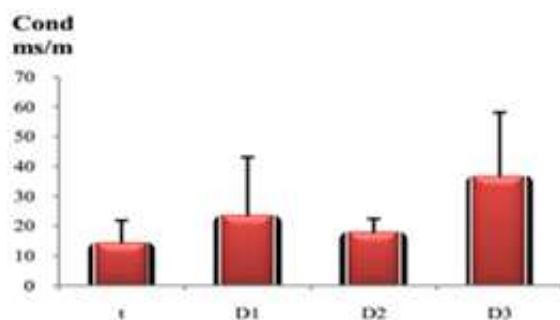


Figure 11. Conductivité électrique en présence des trois doses d'herbicide (prometryne)

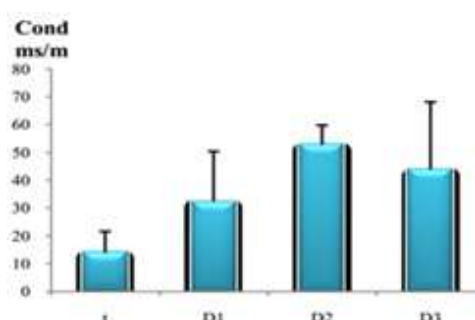


Figure 12. Conductivité électrique en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)

La salinisation des sols provoque une dégradation des propriétés biologiques, chimiques et physiques des sols. Les conséquences de cette dégradation des propriétés des sols est la diminution de leur fertilité qui entraîne une réduction des rendements des cultures. L'effet des sels solubles sur les propriétés physiques des sols est connu depuis longtemps (SAIDI *et al.*, 2004).

Les résultats de la conductivité électrique obtenus par NAILI (2014) sur l'évaluation de la rémanence de l'herbicide Glyphosate dans les cultures maraîchères de la wilaya de Jijel, sont représentés graphiquement dans la **figure 13**.

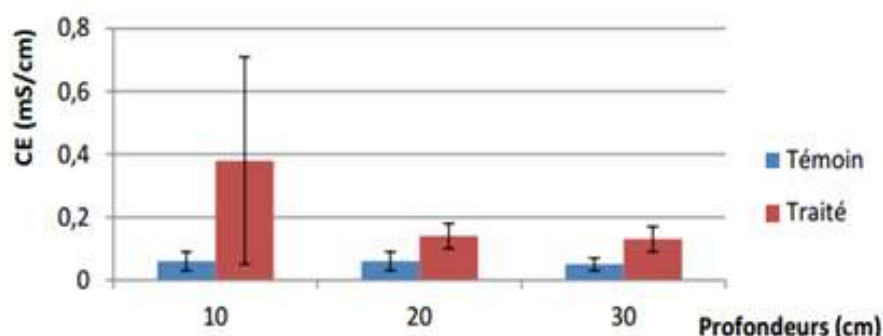


Figure 13. Variation des moyennes de la conductivité électrique dans des sols traités par le glyphosate et des sols témoins

D'après la représentation graphique en remarque que li ya une différence entre la variation des moyennes de conductivité électrique au niveaux de l'horizon 0-10 cm entre le sol témoin et le sol traité, mais il n' ya pas une grande différence entre le sol témoin et le sol traité au niveau de l'horizon 10-20 cm et l'horizon 20-30.

La forte valeur de la conductivité électrique dans le sol traité comparativement au sol témoin est probablement due aux résidus de pesticides dans ce sol après traitement.

III. 3. Matière organique

La MO joue un rôle fondamental pour les autres compartiments de l'environnement en participant au maintien de la qualité de l'eau (souterraine surtout) par sa forte capacité de rétention des polluants organiques (pesticides, hydrocarbures...) et minéraux (éléments traces métalliques), ainsi une corrélation positive est observée pour la majorité des pesticides entre rétention et teneur en matières organiques des sols.

La mobilité des composés non ioniques était inversement liée à l'adsorption de composés semblables, à la capacité d'humidité au champ, à la matière organique et aux teneurs en argile et à la capacité d'échange cationique (CEC) (BETTICHE, 2017).

La matière organique représente l'adsorbant préférentiel des pesticides et de leur métabolites ce qui permet leur fixation pour une longue période dans les profils du sol. Cependant, 20 à 70% de la quantité appliquée peut se lier aux colloïdes du sol et y persisté ce

qui peut attribuer une perte de l'activité biologique du produit avec le temps (OUCHEBBOUK et ZIBANI- AMOKRANE, 2015).

Le carbone total et l'azote sont d'une grande utilité pour les microorganismes et constituent une source d'énergie qui se transforme en nouveaux produits du métabolisme et, également, jouent un rôle dans la solubilité des pesticides (TAHAR *et al.*, 2017) (Fig 14. 15. 16. 17).

L'adsorption des pesticides dans le sol peut être reliée au taux de matières organiques (ANOUK, 1998).

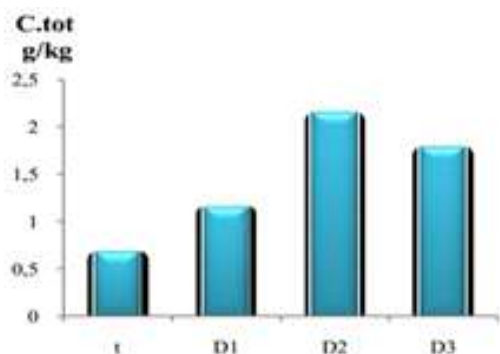


Figure 14. Taux de carbone en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)

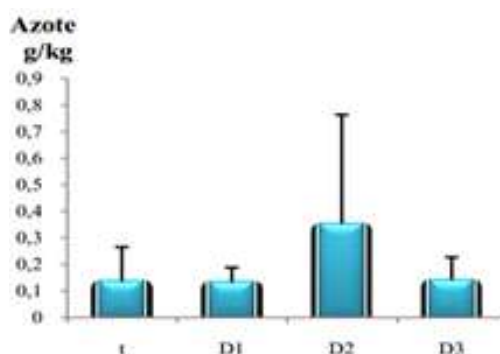


Figure 15. Taux d'azote en présence des trois doses de fongicides (Hemyxazole)

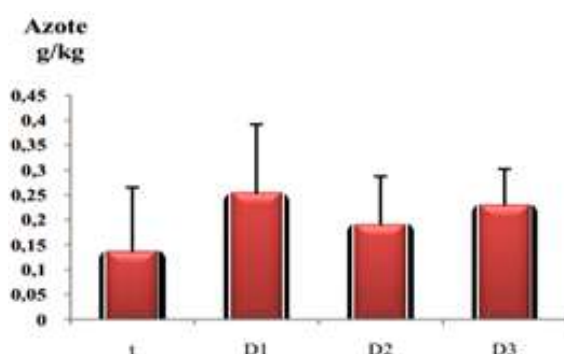


Figure 16. Taux d'azote en présence des trois doses de l'herbicide (prométryne)

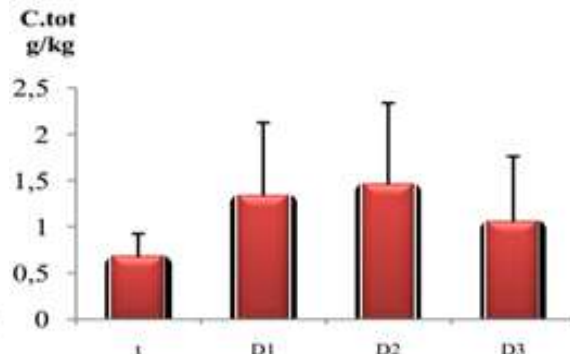


Figure 17. Taux du carbone total en présence des trois doses d'herbicide (prométryne)

Les résultats de **BENMAHDI (2008)**, travaillant sur trois sols algériens provenant de trois régions différentes à savoir : un sol agricole limono-argileux de la région de Batna, un deuxième sol agricole limoneux de la région d'Oran et du sable de la région de Ghardaïa, sont représentés dans le tableau 03.

Tableau 03. Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés (Horizon 0-20 cm)
BENMAHDI (2008)

Sol	Texture	Argile %	Limon %	Sable %	MO %	CEC (méq/100g)	CaCO ₃ %	pH (1:2,5)	Conductivité (μS.cm-1)
Batna	Limoneux fin	28.42	53.43	18.15	2.15	16	21.15	8.38	365.8
Oran	Limono-argileux	26.21	49.07	24.72	2.63	14	19.5	7.5	174
Ghardaïa	Sablo-limoneux	4.91	15.60	79.49	0.73	7	22.21	7.44	795

Ces résultats suggèrent que la métribuzine est potentiellement plus mobile dans le sol de Ghardaïa que le sol de Batna et le sol d'Oran.

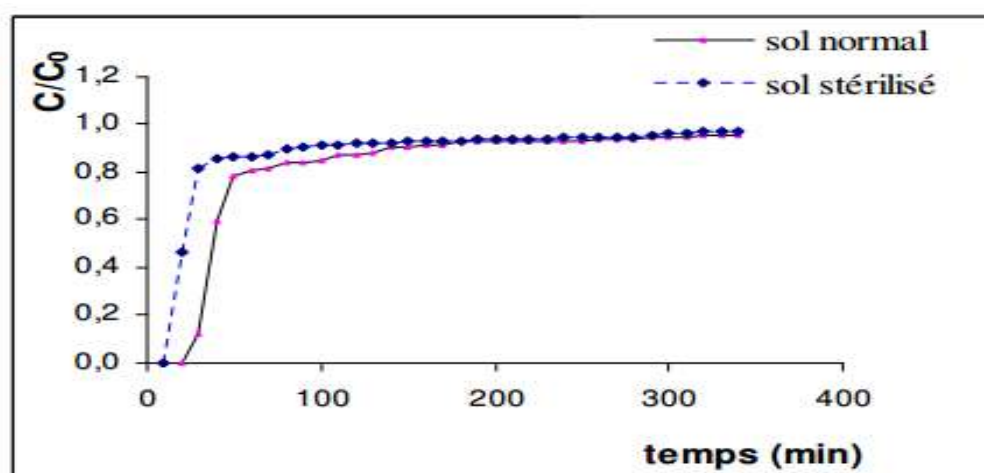


Figure 18. Courbe de percée sur un sol stérilisé et un sol témoin pour une concentration de 60 mg/l (BENMAHDI, 2008)

BENMAHDI (2008), révèle que la quantité de la métribuzine retenue dans le sol stérilisé est plus faible que la quantité retenue sur le sol témoin, le taux de diminution étant de 7.78 %. Ces résultats ont montré également que les quantités de la métribuzine retenues dépendent des propriétés physico-chimiques et de la composition des sols étudiés. En effet, plus les sols contiennent de l'argile et de la matière organique (cas des sols de Batna et d'Oran), plus la métribuzine sera retenue.

A partir des résultats des analyses physico-chimiques et des mesures des isothermes sur les trois sols, on peut dire que la fraction d'argile et la teneur en matière organique sont les composantes du sol responsables de la plus grande part de l'adsorption.

Il est à noter que le carbone organique est un facteur très important. Il peut favoriser la dégradation des herbicides, en particulier si leur quantité excède le 12% des constituants du sol. Ceci peut être lié à l'activité biologique du sol (BOUSEBA, 2011).

Les travaux de **BETTICHE (2017)**, dans la région de Biskra ont montré que l'adsorption des pesticides est mise en relation avec la fraction minérale, prédominée par la fraction argileuse, et la nature de la MO. Les sols riches en MO absorbent tous les pesticides non anioniques en grandes quantités.

Cependant, les résultats de **LOMPO DESIRE (2007)**, enregistrent une baisse du taux de matière organique totale après l'application des pesticides dans tous les sites. On retiendra que les résidus de pesticides pourraient avoir un effet négatif sur les caractéristiques physico-chimiques des sols mais qu'ils ne sont pas les seuls responsables de ces effets (**Tableau 04**).

Tableau 04. Caractéristiques physico-chimiques des sols avant et après les applications de pesticides (horizon 0-20 cm) (**LOMPO DESIRE, 2007**)

Caractéristique physico-chimique	Tiokouy		Tiébélé		Pama		Comin-yanga	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Argiles (g kg ⁻¹)	108	108	440	440	220	220	470	470
Limons (g kg ⁻¹)	453	453	363	363	220	220	438	438
Sables (g kg ⁻¹)	440	440	197	197	561	561	88	88
Matière organique (g kg ⁻¹)	11	10	20	17	16	12	17	16
C/N	14,2	13,8	13,9	13,5	22,1	16,8	12,0	14,1
Azote total	5	4	8	7	4	4	8	7
Phosphore total	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4	0,4
Potassium total	1,1	1,0	3,3	2,8	1,3	1,5	2,7	2,5
pH _{eau}	5,7	5,6	6,7	6,4	6	6,4	6,2	6,0
pH _{kcl}	4,8	4,7	5,5	4,7	4,7	4,5	5,3	5,2

BOUSEBA (2011), a montré également que dans les sols contenant une forte teneur en matière organique, les taux de dégradation du 2,4-D sont généralement plus faibles que ceux des sols à faible masse organique. Ceci a été attribué aux faibles taux de désorption et de croissance microbienne. Cependant d'autres chercheurs ont souligné l'augmentation de l'activité de la microflore dégradante dans les sols riches en matières organiques.

L'activité microbienne dépend non seulement de la masse organique mais aussi, et en même temps, des autres paramètres notamment la composition des sols en argile, en azote et en matière minérale (phosphore et magnésium).

Les résultats de **NAILI (2014)**, concernant les valeurs moyennes de la matière organique mesurées aux différents horizons dans une serre située au niveau d'**El-Kennar** dans la wilaya de Jijel sont représentées graphiquement dans la **figure 19**.

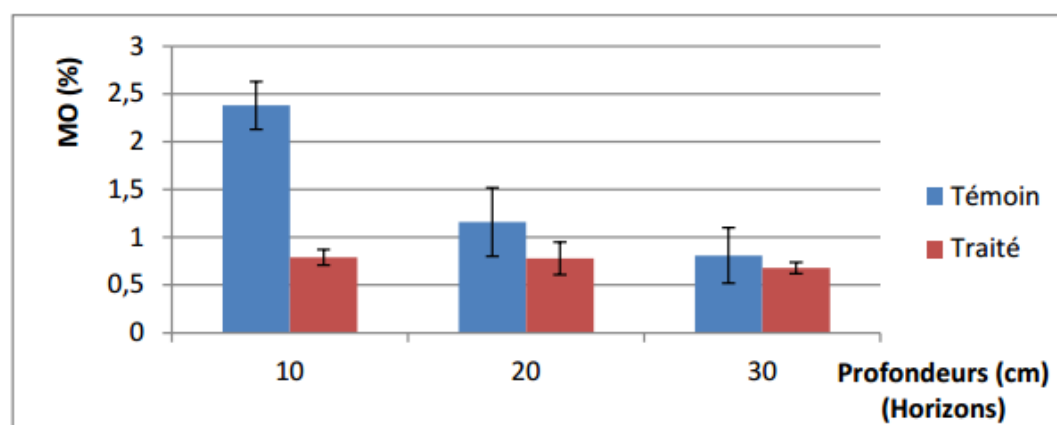


Figure 19. Variation des moyennes de la matière organique au niveau d'une serre à **El-kennar**

D'après les résultats on constate qu'il ya une différence entre la variation des moyennes de matière organique au niveaux des trois horizons (0-10), (10-20), (20-30) cm, entre le sol témoin et le sol traité.

On remarque qu'il ya une diminution des teneurs en matière organique dans le sol témoin d'un horizon à l'autre contrairement au sol traité où on constate une sensible stabilité des teneurs en matière organique à travers les horizons.

A partir de ces résultats, il ressort que le sol d'**Elkannar** est très pauvre en matière organique pour le sol traité, ce qui laisse infiltrer le glyphosate (**NAILI, 2014**).

III. 4. pH

La mesure du pH constitue le test le plus sensible aux modifications survenant dans l'évolution d'un sol (**BENMAHDI, 2008**).

L'activité microbienne est largement influencée par le pH, et par voie de conséquence, il peut affecter le processus de biodégradation. Pour maintenir la survie de la bactérie dans le milieu, il est nécessaire que le pH soit proche de la neutralité ou légèrement basique, ceci favorise évidemment la rupture des liaisons ester par hydrolyse.

La grande majorité des microorganismes se développe dans une zone de pH de 4,5-8,0 et les optima se situent entre 5,5 et 7,5 (**AIMEUR, 2017**).

Selon **ITAB (2002)**, le pH du sol influence également le type de populations microbiennes, ainsi dans les sols acides, on trouve plus de champignons. Plus le sol est acide, moins la biomasse microbienne est importante.

Les résultats de **AIMEUR (2017)**, sur les sols de la région de Ben M'Hidi-Echatt, située au Nord-Est algérien qui est une zone à vocation agricole et qui constitue une zone polluée par les pesticides, montrent que l'ensemble des souches bactériennes entraînent une acidification du milieu et ce, pour les deux molécules de pesticides. Les valeurs indiquent une baisse de pH pour tous les échantillons. L'acidification du milieu peut être engendrée par le processus de la biodégradation. Ce résultat est en accord avec les résultats de **FRISSEL et BOLT (1962)** cité par **BETTICHE (2017)**, qui montrent que l'adsorption des herbicides sur des argiles augmentait quand le pH baissait. En revanche, les résultats de **LOMPO DESIRE (2007)** au Burkina Faso dans quatre (4) sites de production dont deux sites sont principalement de type de sols ferrugineux tropicaux et deux sont des sols hydromorphes et des sols vertiques (vertisols), ont montré après 21 jours de la première application que les valeurs de pH sont inchangées. Concernant le pH_{eau} , les résultats indiquent que l'endosulfan à la dose 3 ppm n'a pas d'impact sur le pH des sols après 15 jours d'incubation. Cependant, la dose 6 ppm augmente le pH_{KCl} des sols mais n'affecte pas le pH_{eau} . Ces résultats sont en conformité avec ceux trouvés par **NAILI (2014)** sur l'évaluation de la rémanence de l'herbicide Glyphosate dans les cultures maraîchères de la wilaya de Jijel.

Les valeurs de pH mesurées aux différents horizons pour la serre située au niveau d'El-Kennar sont représentées dans la **figure 20**.

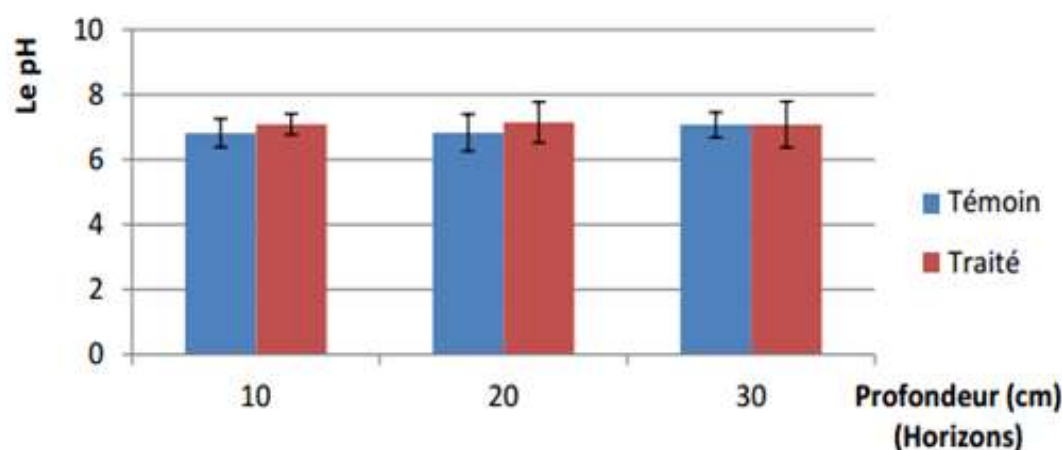


Figure 20. Variation des moyennes de pH en fonction des horizons au niveau de la serre d'El-Kennar

Ces valeurs s'échelonnent entre (6.82 et 7.07) au niveau du sol témoin et entre (7.08 et 7.15) au niveau du sol traité, et selon les normes d'interprétation du pH le sol d'El-Kennar est neutre.

Les valeurs moyennes de pH présentent une faible différence d'un horizon à l'autre, ce qui est bien vérifié par l'analyse de la variance qui a montré l'absence d'un effet horizon aussi bien chez le sol témoin ($F= 0.27$, $p = 0,76$) que chez le sol traité ($F= 0.01$, $p= 0,98$).

Ces résultats montrent qu'il y a une légère augmentation des valeurs de pH du sol traité par rapport aux valeurs du pH du sol témoin. En effet, les valeurs du pH sont généralement

inchangées, et c'est la composition chimique et la matière active des différents pesticides utilisés qui peuvent être la cause principale de cette augmentation du pH.

III.5. Température

La température : son rôle est très important en raison de son effet sur l'activité microbienne, puisqu'elle détermine la vitesse de métabolisation des nutriments. Le métabolisme de nombreux microorganismes (mésophiles) est ralenti à des températures, soit supérieures à 40°C, soit inférieures à 5°C (BENSLAMA, 2014)

La figure 21 montre les résultats de BENMAHDI (2008), sur les isothermes d'adsorption de la métribuzine obtenues entre les deux saisons :

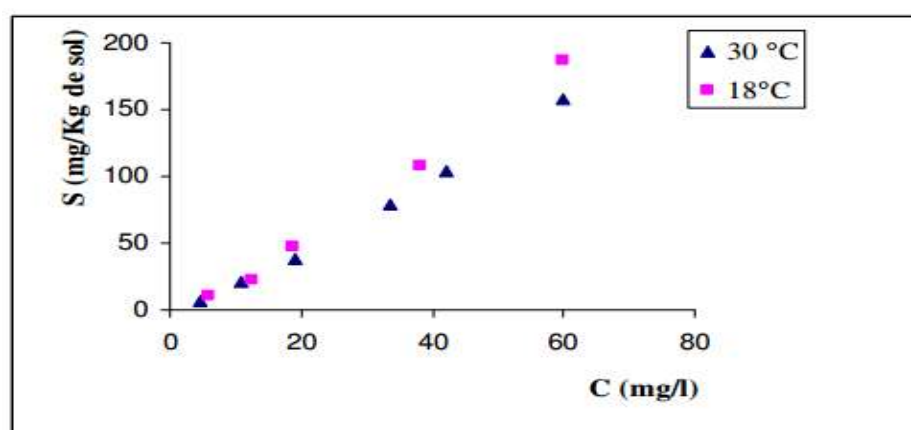


Figure 21. Isothermes d'adsorption de la métribuzine sur le sol de Batna. (30°C), (18°C) BENMAHDI (2008).

L'étude de l'influence des changements climatiques sur la rétention de la métribuzine a été réalisée en comparant l'isotherme d'adsorption par le sol de Batna à deux températures différentes, correspondantes à la température d'été (30°C) et à la température d'automne (18°C). On remarque une légère différence de la capacité d'adsorption de la métribuzine entre les deux saisons. En effet, l'adsorption de composés organiques en phase liquide par la matière organique naturelle dépend peu de la température.

Ces résultats sont en accord avec ceux de BETTICHE (2017). Une augmentation de température conduit à une décroissance de l'adsorption car lorsque la température augmente, le pesticide devient plus soluble et par conséquent moins retenu par le sol.

III.6. Impact des pesticides sur la microbiologie du sol

Les pesticides peuvent être toxiques pour les microorganismes du sol. Dans ce cas, l'activité microbienne est ralentie et on assiste à une sélection des microorganismes résistants aux pesticides ou pouvant l'utiliser comme source de carbone. Cela se traduit par des

réajustements microbiens pouvant être associés à des modifications de caractéristiques physiologiques de la microflore des sols et peut être aussi à une diminution de la diversité des microorganismes (LOMPO DESIRE, 2007).

III. 6.1. Effet des pesticides sur la biomasse microbienne

La biomasse microbienne est un indicateur de la qualité des sols. Elle augmente dans les sols forestiers, les tourbes et les sols des prairies et diminuent légèrement dans les sols désertiques (BROWN, 1968).

Les communautés de champignons et de bactéries ont des fonctions vitales dans l'environnement, car elles dégradent et minéralisent les composés organiques. La répartition de la microflore totale aussi bien bactérienne que fongique est généralement influencée par les caractéristiques du biotope qui se trouvent souvent dans les caractères physiologiques des souches isolées. Ces caractères sont variables selon les espèces et influencés par les paramètres physiques et chimiques de ce biotope.

De nombreuses études ont montré les capacités de survie des souches fongiques et bactériennes dans des milieux contaminées par les pesticides. Certains chercheurs ont constaté par ailleurs que le sol contaminé par des pesticides est éventuellement décontaminés par inoculation avec des micro-organismes spécifiquement adaptés (AIMEUR, 2017).

La présence de pesticides, et plus particulièrement de molécules herbicides, induit une diminution de l'activité photosynthétique, conduisant à une baisse de la biomasse et de la densité cellulaire (PESCE, 2006).

D'après CHARBONNIER *et al.* (2015), les tests de dénombrement ont permis d'évaluer les densités microbiennes de la microflore totale, bactérienne et fongique après 13 jours d'exposition. Une augmentation de la densité bactérienne à été observée sauf sur le sol sableux plus pauvre en matière organiques (1.1%). Les populations bactériennes et fongiques semblent être inhibées par la présence du pesticide et ce, avec toutes les doses (TAHAR *et al.*, 2017).

Les résultats de l'évaluation quantitative de la microflore totale (biomasse microbienne) analysés avant et après l'application des pesticides enregistrés par TAHAR *et al.* (2017), sont représentés dans les figures 22 et 23.

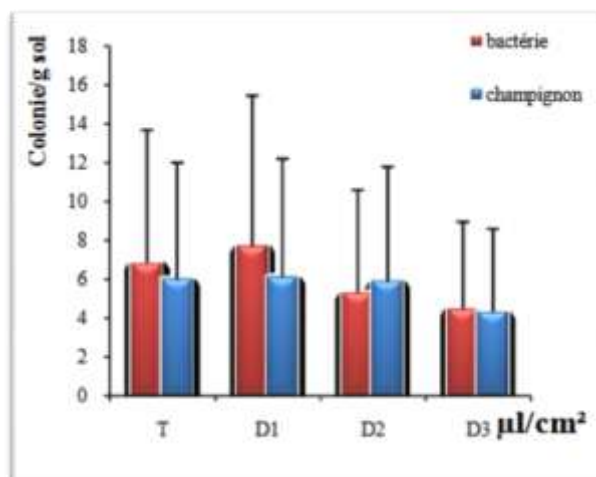
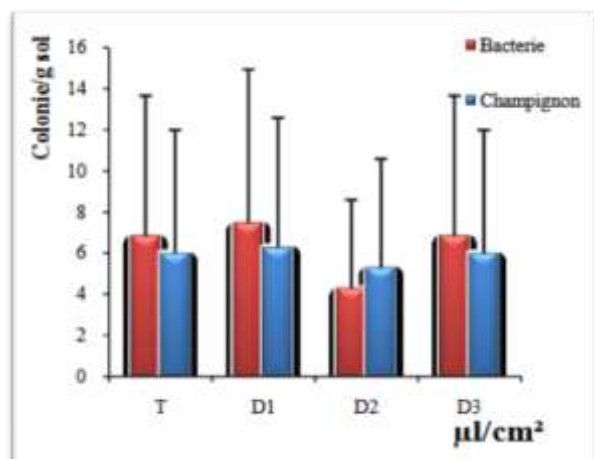


Figure 22. Biomasse microbienne en présence des trois doses de fongicide (Hymexazole)

Figure 23. Biomasse microbienne en présence des trois doses de l'herbicide (Prométryne)

Des résultats similaires ont été observés par **CHARBONNIER *et al.* (2015)** ; **CALVET (2003)** ; **GAMA (2006)**. Les sols riches en matière organiques présentent une bonne capacité d'accueil pour les micro-organismes, une activité globale importante et une meilleure résistance au stress que représentaient les apports de pesticides. À l'inverse, celles des sols plus pauvres en matière organiques ont montré moins de résistance à ce stress et se sont révélés sensibles aux effets directs des pesticides sur les champignons.

Les travaux de **BENSLAMA (2014)** sur l'effet de glyphosate dans trois sols algériens ; sol agricole situé à l'Institut des Grandes Cultures de El- Baârawiya (El-Khroub), sol forestier (forêt du campus Chaâb errssas, Université Constantine 1) et sol Saharien de la région de Biskra, ont montré les résultats indiqués dans le **Tableau 05**.

Tableau 05. Type et nombre de microorganismes détectés dans le sol saharien et forestier avant et après incubation pendant 30 jours avec et sans ajout de glyphosate.

Micro-organismes et type de sol	Unité formant colonie par gramme de sol		
	Jour 0	Jour 30	
	Sol sans glyphosate ajouté	Sol sans glyphosate ajouté (contrôle)	Sol supplémenté par 2,16 mg/kg de glyphosate
Bactéries			
Sol forestier	$1,90 \times 10^5$	$3,05 \times 10^5$	$3,10 \times 10^5$
Sol Saharien	$0,7 \times 10^3$	$3,24 \times 10^3$	$6,17 \times 10^3$

Champignons			
Sol forestier	$2,60 \times 10^3$	$4,41 \times 10^3$	$5,01 \times 10^3$
Sol Saharien	$1,03 \times 10^3$	$2,51 \times 10^3$	$0,07 \times 10^5$
Actinomycètes			
Sol forestier	$0,27 \times 10^4$	$2,12 \times 10^4$	$2,07 \times 10^4$
Sol Saharien	$0,41 \times 10^3$	$2,06 \times 10^3$	$4,31 \times 10^3$

Pour le sol forestier, aucun changement significatif dans la composition de la communauté microbienne n'a été observé entre le contrôle et l'échantillon traité par le glyphosate après 30 jours d'incubation.

Par ailleurs, dans le cas du sol Saharien, les populations bactériennes, actinomycétales et mycétales sont environ deux fois plus importantes dans l'échantillon traité par le glyphosate.

Ceci peut être expliqué par le fait que le glyphosate ajouté au sol est une source de nutriments et d'énergie enrichissant le sol Saharien naturellement pauvre en matière organique où il est immédiatement métabolisé conduisant à la stimulation de l'activité fonctionnelle et la diversité de la population microbienne hétérotrophe.

L'augmentation la plus importante pour le sol Saharien est observée pour les champignons. Des recherches ont révélé que les interactions antagonistes entre les espèces de champignons ont été éliminées par le glyphosate ce qui suggère que l'herbicide influence la structure globale de la communauté des champignons du sol.

III.7. Effet des pesticides sur l'activité enzymatique de sol

Le sol contient un grand nombre d'enzymes en raison de l'abondance et de la diversité des microorganismes qui sont la principale source comparée aux végétaux et aux animaux. Elles sont en très petites quantités dans la solution du sol où elles sont rapidement dégradées (BENSLAMA, 2014).

La plupart des activités enzymatiques soient principalement liées à la fraction active des microorganismes (GODDEN, 1998).

Selon CHARBONNIER *et al.* (2015), les tests enzymatiques permettent d'apprécier l'activité microbienne globale. Ainsi MBONIGABA *et al.* (2009) ont remarqué que dans le sol sableux plus pauvre en matière organiques (1.1%), le niveau d'activité est si faible qu'il n'a pas pu être détecté. Cependant, dans le sol limono- argileux, riche en matière organiques (3,3%), l'activité enzymatique est élevée. L'activité enzymatique est positivement corrélée avec la teneur en matière organique.

Les résultats des paramètres enzymatiques (Evaluation quantitative des activités enzymatiques) analysés avant et après l'application des pesticides d'après **TAHAR *et al.* (2017)**, sont représentés dans les graphiques 24. 25. 26 et 27.

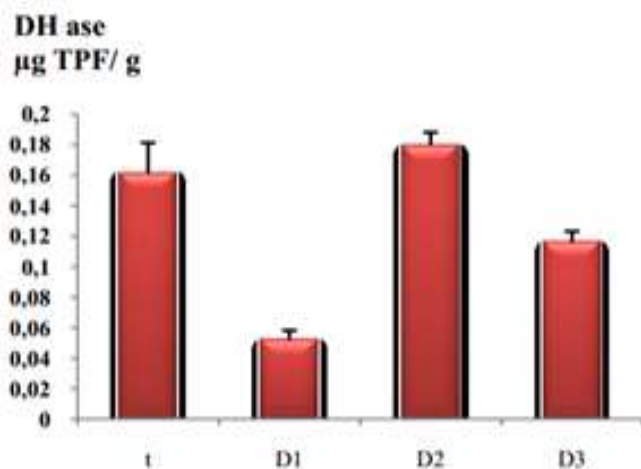


Figure 24. Teneur en Déshydrogénase en présence des trois doses d'herbicide (prométryne)

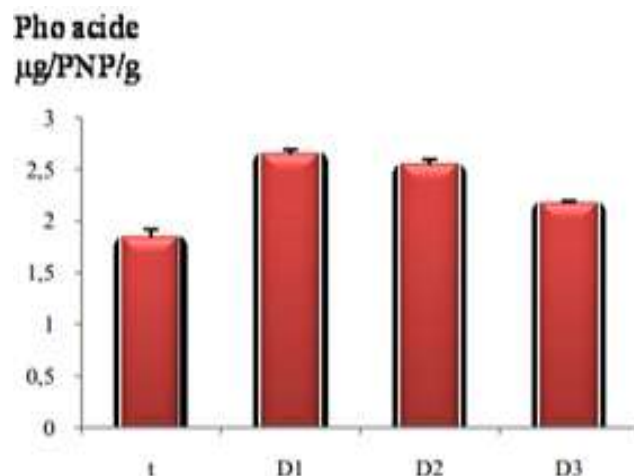


Figure 25. Teneur en Phosphatase Acide en présence des trois doses d'herbicide (prométryne)

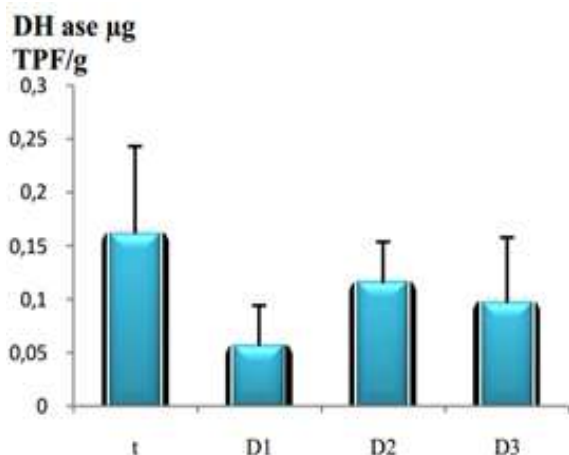


Figure 26. Teneur en Déshydrogénase en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)

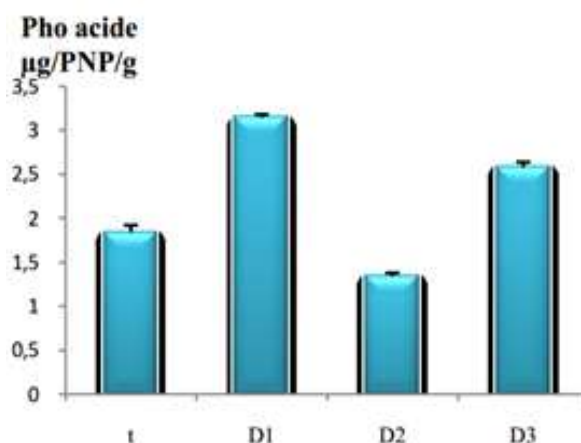


Figure 27. Teneur en phosphatase acide en présence des trois doses de fongicide (Hemyxazole)

Les résultats de **TAHAR *et al.* (2017)** sur l'évaluation quantitative des activités enzymatiques à partir des teneurs en déshydrogénase et phosphatase acide révèlent que les teneurs de la déshydrogénase sont faibles pour les trois doses testées du fongicide par rapport aux témoins (**Fig 26 et 27**). Des teneurs inférieures à celles des témoins ont été notées également pour les deux doses de l'herbicide. Quant aux teneurs de la phosphatase acide, elles semblent supérieures dans le sol traité par le pesticide (**Fig. 24. 25**).

L'étude de **MONKIEDJE** et **SPITELLER (2002)** sur l'effet des fongicides sur la microbiologie d'un sol sableux et d'un sol argileux sableux a montré que les pesticides ont des effets directs et indirects sur l'activité enzymatique du sol. L'activité de déshydrogénase est apparue plus sensible à tous les fongicides dans les deux sols, et l'ajout de fongicides, en général, a stimulé les activités des phosphatases et β -glucosidase dans les deux sols. En effet, les activités enzymatiques dans les sols sont sensibles aux modifications environnementales (**MBONIGABA *et al.*, 2009**).

Conclusion

Conclusion

La problématique de l'impact des pesticides sur les microorganismes du sol a été abordée dans cette étude. L'objectif global était de déterminer l'impact des résidus des pesticides sur la biomasse microbienne des sols.

Ce travail se propose de faire une synthèse des résultats des travaux réalisés par quelques chercheurs qui ont traité l'impact des pesticides sur les microorganismes du sol dans différentes régions.

C'est une conclusion théorique. Malheureusement en raison de la pandémie (Covid-19), nous n'avons pas pu obtenir de conclusion concrète à nos données.

Les résultats des études précédentes montrent que la plupart des paramètres physico-chimiques testés sont supérieurs dans les sols traités avec les différentes doses des pesticides utilisés :

- La salinité est relativement élevée dans le sol.
- Les valeurs indiquent une baisse de pH pour tous les échantillons. Les valeurs de pH diminuent après les traitements phytosanitaires.
- Le taux de carbone (**C**) et d'azote (**N**) augmentent après traitement avec les pesticides. Ils sont d'une grande utilité pour les microorganismes et constituent une source d'énergie qui se transforme en nouveaux produits de métabolisme.

L'adsorption des pesticides dans le sol peut être reliée au taux de matières organiques.

Les résultats ont montré également que dans les sols contenant une forte teneur en matière organique, les taux de dégradation de pesticides sont généralement plus faibles que ceux des sols à faible masse organique.

Les résultats ont indiqué que le type de sol et les teneurs en argiles et en matière organique et le C/N, influencent l'impact des résidus de pesticides sur la biomasse microbienne des sols.

Une augmentation de température conduit à une décroissance de l'adsorption car lorsque la température augmente, le pesticide devient plus soluble et par conséquent moins retenu par le sol.

Ces résultats révèlent que les populations bactériennes et fongiques semblent être inhibées par la présence du pesticide et ce avec toutes les doses. Cependant, on conclue que les sols riches en matière organique et en biomasse microbienne résistent mieux au stress que représentaient les apports de pesticides. À l'inverse, les sols pauvres en matière organiques ont montré moins de résistance à ce stress et se sont révélées sensibles aux effets directs des pesticides sur les champignons.

La quantification de l'activité enzymatique d'un sol vis à vis des pesticides paraît difficilement interprétable. Les résultats de l'évaluation quantitative des activités enzymatiques ont montré que dans les sols sableux pauvres en matière organiques, le niveau

d'activités est si faible qu'il n'a pas pu être détecté. Dans les sols limono- argileux, riches en matière organique, aucune différence d'activité n'a été observée ni pour le pesticides appliqué, ni pour la durée d'exposition.

On conclue que les activités enzymatiques dans le sol sont positivement corrélées avec la teneur en matière organique et sensible aux modifications environnementales.

C'est une conclusion théorique. Malheureusement en raison de la pandémie (Covid-19), nous n'avons pas pu obtenir de conclusion concrète à nos données.

Malgré tous les effets secondaires des pesticides, l'usage des pesticides pour la protection des cultures reste une pratique courante de l'agriculture moderne. Leur application permet de protéger les cultures des plantes adventices, des pathogènes et des ravageurs et d'assurer des rendements élevés pour répondre à la demande alimentaire, mais il apparaît que les activités de commercialisation et d'utilisation des pesticides par nos agriculteurs nécessitent un accompagnement rigoureux du pouvoir public. Si l'on veut développer une agriculture durable respectueuse de l'environnement, il est urgent d'apporter aux agriculteurs des méthodes alternatives de protection des cultures, comme la lutte biologique, pour diminuer la dépendance aux pesticides et limiter ses risques.

Pour ce qui est des **recommandations**, et en se basant sur les résultats de centaines de publications, les scientifiques montrent que l'agriculture biologique ne souffre pas du manque de pesticides. Mieux: il semble que ce mode d'exploitation soit plus efficace contre les bioagresseurs que l'agriculture dite conventionnelle.

Un des aspects importants de l'utilisation rationnelle des pesticides dans des programmes de lutte intégrée est la gestion de la résistance. La lutte intégrée est une méthode décisionnelle qui a recours à toutes les techniques nécessaires pour réduire les populations de ravageurs de façon efficace et économique, tout en respectant l'environnement. Elle consistera à combiner les moyens de lutte biologique, la sélection d'espèces résistantes et l'application de méthodes agricoles appropriées.

L'étude s'est limitée à l'évaluation de l'impact de l'utilisation des pesticides sur uniquement les bactéries et les champignons du sol. En guise de **perspectives**, une suite intéressante à ce travail serait d'étudier l'impact des pesticides sur la densité et la diversité fonctionnelle des populations bactériennes et fongiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ADETUNJI A., LEWU F.B., MULIDZI R., NCUBE B., 2017. Les activités biologiques de la B-glucosidase, de la phosphatase et de l'uréase en tant qu'indicateurs de la qualité du sol: un bilan. *In Journal de la science du sol et de la nutrition des plantes*. J. Soil Sci. Plant Nutr. Vol. 17 n° 3 ensemble Temuco. 2017
- AIMEUR N., 2017. *Effet des pesticides sur la microflore des eaux dans la région du Nord-Est algérien. Biodégradation par les souches isolées*. Mém de Doc. Univ. Badji Mokhtar Annaba. P : 5.6.51.73.74.77.93.
- AMEUR H., 2014. *Effet d'osmoprotecteurs naturels sur la restauration de croissance de Streptomyces et de plantes d'intérêt agricole sur sol salé ou aride*. Mém de Doc. Univ. Ferhat Abbas sétif. P : 1. P: 3. 4.
- AYAD–MOKHTARI N., 2012. *Identification et dosage des pesticides dans l'Agriculture et les problèmes d'Environnement liés*. Mém de Magister. Univ. d'Oran. P : 11.16, 17, 19. 32.
- Bachelier B., 2008. *Le nouveau contexte du développement de l'agriculture dans le monde*. FARM Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le Monde. P : 2.
- BAIZE D., 2000- *Guide Des Analyses En Pédologie*. INRA, Edit : Paris. P : 63.216.
- BARRIUSOE., 2004. *Estimation des risques environnementaux des pesticides*. Ed. INRA, Paris .P : 9
- BEDJADJ S., 2011. *Contribution à l'étude des caractéristiques microbiologiques des sols dans la région de Ouargla (Cas de l'exploitation de l'Université d' Ouargla)*. Mém d'ingénieur. Univ. Ouargla. P: 03.
- BELLKACEM H., 2006. *Contribution à l'étude des maladies fongiques du palmier dattier Phoenix dactylifera L. cas de la cuvette d' ouargla*. Mém. Ing. Agro. Univ. Ouargla. P: 4. 5.
- BENMAHDI F., 2008. *Etude de la rétention d'un herbicide dans un sol agricole*. Mém de Magister. Univ. Colonel Hadj Lakhdar Batna. P : 57. 61. 86. 91.
- BENSLAMA O., 2014. *Isolement et caractérisation des bactéries capables de dégrader l'herbicide Glyphosate et optimisation des conditions de culture pour une dégradation plus efficace*. Mém de Doc. Univ. Constantine. P : 1. P: 8. 9. 26. 112.113.
- BERAUD J., 2001, *le technician d'analyses biologiques*. LAVOISIER. Londres-Paris-Newyork. p: 855-856-1203.
- BETTICHE F., 2017. *Usages des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles*. Mém de Doc. Univ. Mohamed khider Biskra. P : 32.155.156.
- BLANCHOU H., BARRIUSO E., CHEVREUIL M., GUERY B., MOREAU-GUIGON E., SCHOTT C., THÉRY S., TOURNEBIZE J., 2011. Les pesticides dans les bassins de la Seine *In programme piren-seine.eau seine normandie*. P:07.
- BOTTON B. et BRETON A. et FEVRE M. et GAUTHIER S. et GUY PH. et LARPENT JP. et REYMOND P. et SANGLIER JJ. et VAYSSIER Y. et VEAU P., 1990. *Moisissures*

- utiles et nuisibles importance industrielle.* MASSON. Paris Milan Barcelone Mexico. P: 34.
- BOUSEBA B., 2011. *Etude de la biodegradation de l'herbicide acide 2,4 dichlorophenoxyacetique (2,4-d) dans des sols agricoles de la region de constantine.* Mém de Doc. Univ. Mentouri de Constantine. P : 27.81.82.
 - BOUZIANI M., 2007. *L'usage immodéré des pesticides : De graves conséquences sanitaires in Santé marghreb.com Le guide de médecin et de la santé en Algérie.*(<http://www.santemaghreb.com>) consultée le 27/01/2020.
 - BREMNER J.M.,1965. *Inorganique forms of nitrogen. In method's of analysis. Part 2.chemical and microbial properties* (C.A. Blak et al., Eds),1179-1237. American society of agronomy, Madison.
 - BROWN G.W., 1968. *Desert Biology: Special Topics on the Physical and Biological Aspects of Arid Regions.* Elsevier. P:72.
 - BRUNO A., 1996. *Données sur le comportement et les effets des produits phytosanitaires dans l'environnement. Direction de l'environnement et de l'Aménagement du Littoral.* P:16.
 - CALVET R. et BARRIUSO E. et BEDOS C. et BENOIT P. et CHARNAY –P M. et COQUET Y., 2005. *Les pesticides dans le sol Conséquences agronomiques et environnementales.* France Agricole. P: 21.49.50.51.52.
 - CALVET R., 2003. *Phénomènes physiques et chimiques Applications agronomiques et environnementales In Le sol propriétés et fonctions. France Agricole.* Institution National Agronomique Paris – Grigon.P: 289. 468.
 - CHARBONNIER E., RONCEUX A., CARPENTIER A-S., SOUBELET H., BARRIUSO E., 2015. *Pesticides Des impacts aux changements de pratiques.* Quae. France.P: 140. 142.
 - CLEMENT M. et LOZET J., 2011. *Dictionnaire encyclopédique de science du sol.* LAVOISIER, Londres-Paris-Newyork. P:65.
 - CLEVELAND C. and LIPTZIN D., 2007.*CNP Stoichiometry in Soil: is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass.* Biogeochemistry 85: 235–252p
 - CONINCK A DE., MARTIN T., OCHOU GO., et N'KLO HALA F., 1998. Devenir de deux insecticides dans le sol d'une culture cotonniere en côte d'ivoire. *In. Actes des Jownées coton du CIRAD-CA, Montpellier du 20 au 24 juillet 1998 .*P:203.
 - D.P.A.T., 2016. *Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire.* Ouargla.
 - D.P.A.T., 2017. *Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire .*Ouargla.
 - D.P.A.T., 2018. *Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire .*Ouargla.
 - DABIN B., 1970. *Analyse des matières organiques dans les sols In Laboratoire de chimie des sols et pédologie Appliquée.* ORSTOM, multigraphie. P:06.

- DADDI BOUHOUN M., 2010. *Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phreatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette d'Ouargla (sud estAlgérie)*.Mém de Doct. Univ. Badji Mokhtar Annaba. P:53.54.82.61.
- DARI R., 2013. *Dénombrement de la biomasse microbienne des sols arides exemple d'un sol salé sous deux types de cultures*. Mémd'ing. Agro. Univ Ouargla. P : 3.
- DOMANG N., 2005. *Etude des transferts de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle et du bassin versant viticole (Rouffach, Haut-Rhin)*.Mém de Doc. Univ. Louis Pasteur Strasbourg I.P: 23.
- DUTRON L., 2012. Morphologie de la levure *Alternaria alternata*.et etude de la morphologie de *Penicillium roqueforti*. Et morphologie de la levure *Geotrichum*.In *Département de biologie* (<http://biologie.ens-lyon.fr>) consultée le 04/09/2020.
- DVET P, 1996. *Vie microbienne du sol et production végétale* .INRA.Paris.P:124.
- EIVAZI F. and TABATABAI M.A., 1977. "Phosphatases in soils. Soil", Biol. Biochem., 9, .P : 168.
- FAO., 2002. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Les perspectives à long terme. Perspectives agricoles. *In : Agriculture mondiale: horizon 2015/2030* [Rapport abrégé].URL: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557f/y3557f00.htm>
- FIGARELLA J. et LEYRAL G. et TERRET M., 2007. *Microbiologie générale et appliqué*. Jacques Lanore. P: 36.
- Food and Agriculture Organisation, 2002. La distribution et l'utilisation des pesticides (Version novembre 2002) *In Code de conduite*.
- FOTIO D., SIMON S., NJOMGANG R., NGUEFACK J., NGUÉGUIM M., MANIEPI N. J. S., FEUJIO TÉGUEFOUET P., MFOPOU MEWOUO Y. C., 2009. *Impacts de la gestion du sol sur la biomasse microbienne et le statut organique du sol de la zone ouest du Cameroun*.P:05
- GAGAOUA Y. et OUALI F., 2012. *Suivi de la variabilité de l'utilisation des pesticides dans le bassin versant de la Soummam*. Mém Master. Univ. A. Mira de Bejaïa.P:17.
- GAMA A., 2006. *Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable* .Quae .P:50.
- GERARD J. TORTORA et BERDELL R. FUNKE et CHRISTINE L. Case, 2012. *Introduction à la microbiologie*, Edition du renouveau pédagogique inc (ERPI). P : 6. 624.
- GODDEN B., 1998. *L'activité microbiologique des sols*. Commission agronomie ITAB.Univ. Librede Bruxelles. N 32. P : 11.
- GOUNTAN A., 2013. *Effet des pesticides et de différents types de matière organique sur la macrofaune et la microflore d'un sol sous culture pluviale de tomate (lycopersicum esculentum Linné)*. Mém de Master. Univ. Polytechnique de Bobo-Dioulasso(U.P.B).P : 23.
- GUEMMOULA K. et BEN HAMIDA N., 2017. *Essai de caractérisation de la biomasse fongique sous palmier dattier*. Mém de Licence. Univ.Ouargla. P:09.

- HAMDI-AÏSSA B., 2001. *Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (Cuvette d'Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale.* Thèse de Doc.Univ. I.N.A. Paris-Grignon, Paris. P:315.
- HAYO M., et VAN DER WERF G. 1997. *Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement.* INRA, station d'Agronomie, BP 507, 68021 Colmar. Courrier de l'environnement de l'INRA n°31, août 1997.P : 7.
- ITAB, 2002. *Activités biologiques et fertilité des sols: Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles.* P: 7. 17.18.
- KARABI M., 2017. *Fonctionnement microbiologique des sols oasiens. Cas de quelques sols de la region d'Ouargla.* Thèse de Doct. Univ. Ouargla. P: 11.
- LAVELLE P., ALISTER M., MARTIN S.,BLANCHART E., GILOT C.,2003. *Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la faune du sol. In Savanes d'Afrique, terres fertiles. Ministre de la coopération et du développement-Cirad, Montpellier.* P:370-398.
- LEYRAL G. et NOEL JOFFIN J., 1998. *Microbiologie technique 2 Documentation technique.* Cndp.France. P: 11. 12.
- LOMPO DESIRE J., 2007. *Impact des résidus de pesticides sur les microorganismes des sols dans les agrosystèmes cotonniers du burkina FASO.* diplôme d'études approfondies (DEA), Univ. polytechnique de bobo-dioulasso, Burkina faso. P : 08.09. 11. 15. 25.27.28.
- MAHBOUB R., 2008. *Contribution à l'étude de réhabilitation de la palmeraie du département d'agronomie saharienne (EX: ITAS).* Diplôme d'Ingénieur.Univ.Ouargla :P30.
- MATHIEU C et PIELTAIN F., 1998. *Analyse physique des sols.* Lavoisier TEC et DOC. PARIS.P19.
- MATHIEU C., 2009.*Les principaux sols du monde.*LAVOISIER.Paris.P:05.
- MBONIGABA MUHINDA J.J., NZEYIMANA I., BUCAGU C., CULOT M. 2009. *Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité.* Biotechno.P: 34. 35.
- MERGHID M. et DEBBACHE M. et FOUGHALI I., 2017. *Impacts des pesticides utilisés dans la plasticulture sur la santé humaine En Algérie - Etude de cas la wilaya de Constantine.* Mém de Master. Univ.Frères Mentouri Constantine. P: 29.
- MERHI M., 2008. *Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses: caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin.* Mém de Doc. Univ. Toulouse. P:03.
- Ministère de la transition écologique et solidaire.1998.Directive n° 98/8/CE du 16/02/98 concernant la mise sur le marché des produits biocides. In La réglementation de la prévention des risques et de la protection de l'environnement <https://aida.ineris.fr/consultation_document/1021>consulté le 14/09/2020

- MONKIEDJE A. and SPITELLER M., 2002. Effects of the phenylamide fungicides, mefenoxam and metalaxyl, on the microbiological properties of a sandy loam and a sandy clay soil. *In Biol Fertil Soils* (2002). P:396. 397.
- NAAM S et FERHAT S., 2019. *Contribution à l'étude de la biomasse bactérienne et fongique tellurique de quelques biotopes dans la région d'Ouargla*. Mém de Master. Univ. Ouargla. P: 31.
- NAILI F., 2014. *Evaluation de la rémanence de l'herbicide Glyphosate dans les cultures maraichères de la wilaya de Jijel*. Mém de Mastre. Univ. Constantine 1. P:83. 84. 85. 86.
- OLIVA B., 2014. Les microorganismes dans l'alimentation. *In Projet professionnel 2013.214*. P:02.
- OMEIRI N., 2016. *Contribution a la definition d'une approche de lutte contre la degradation des sols des Oasis Algeriennes: cas de l'Oasis d'Ouargla*. Mém de Doc. Univ. Ouargla. P:26.
- OUATTARA B, SAVADOGO P. W., TRAORE O., KOULIBALY B., SEDOGO M. P., TRAORE A. S., 2010. *Effet des pesticides sur l'activité microbienne d'un sol ferrugineux tropical du Burkina Faso*. Cameroon Journal of Experimental Biology 2010 Vol. 06 N° 01, 11-20.
- OUCHEBBOUK D., ZIBANI- AMOKRANE N., 2015. *Contribution à l'étude de l'utilisation des pesticides dans quelques vergers des régions de Tizi-Ouzou, Bouira et Boumerdes*. Mém de Master. Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. P : 1. 6.7.
- PELLET M. et LAVILLE-TIMSIT L., 1993. *Echantillonnage de sols pour caractérisation d'une pollution : guide méthodologique*. BRGM (service géologique nationale). P : 24.
- PESCE S., 2006. *Effets de pesticides sur l'activité et la diversité des communautés microbiennes d'un milieu lotique récepteur. Etudes in situ et expérimentales*. Thèse de Doc. Univ. Blaise Pascal. P : 31.
- PILLOT J., 2007. Le rôle des champignons, ASS. Mycologique fereopontaione
- POCHON J., 1954. Manuel technique d'analyse microbiologique du sol [Technical Manual of microbiological soil analysis]. Masson, Paris
- PUSSEMIER L., STEURBAUT W., 2004. *Instruments de mesure de l'utilisation de produits phytosanitaires dans un contexte de développement durable*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. P : 177.178.
- RAHATLFOUL M. et CHERIF I., 2019. *Utilisation et risques des pesticides dans les perimeters de mise en valeur de la wilaya d'Adrar: cas de la région d'Aougrouit*. Mém de Master. Univ. Ahmed Draia-Adrar. P: 16. 17. 18.
- ROGER P. et GARCIA J.L., 2011. *Intoduction à la Microbiologie du sol du sol*. Univ de Provence et Univ de la Méditerranée et Ecole Superieure d'Ingenieurs de Luminy. P: 28.
- SAIDI D., LE BISSONNAIS Y., DUVAL O., DAOUD Y. ET HALITIM A., 2004. *Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Cheliff (Algérie) In étude et gestion des sols*, 11, 2, 2004. P:83.

- SOBTI S., 2013. *Isolement des bactéries telluriques résistantes aux effets de salinité*. Mém de Master.Univ. Ouargla. P: 3. 4.
- TAHAR W., BORDJIBA O., AIMEUR N., 2017. *Effet de l'hymexazole et de la prométhryne sur la qualité physico-chimique et biologique des sols agricoles*. P: 40. 41. 42. 43.
- TEMMAR A. et KHENGAOUI I., 2015. *Les Signes Hydro-édaphique de Dégradation de l'Environnement phoenicicole : Cas de l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla*. Mém de Master.Univ.Ouargla.P: 26.
- VANCE E.D., BROOKERS P.C., JENKINSON D.S., 1987. *An extraction method for measuring soil microbial biomass C*. Soil biology & biochemistry 19, 703-707
- WILD A., 1993. *Soils and the Environment* .Cambridge University Press. P: 300.
- YAROU B. B., SILVIE P., KOMLAN F. A., MENSAH A., ALABI T., VERHEGGEN F., FRANCIS F., 2017.*Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique)*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ.2017 21(4). P: 288. 304.
- ZINGER L., 2009. *Variations spatio-temporelles de la microflore des sols alpins*. Mém de Doc. Univ. Joseph Fourier, Grenoble I, France. P : 19.

Annexe**Milieux de culture****A- Milieu de culture pour Bactéries (POCHON, 1954)**

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

Dissoudre les constituants dans un litre d'eau distillée, puis autoclaver à 121°C pendant 15 min.

B- Milieu pour les champignons (O.G.A) (BIOKAR, 2014)

- OGA	30g
- Eau distillé	1000 ml

Dissoudre sous un bec bunsen les constituants du milieu dans une petite quantité d'eau distillée puis compléter le volume jusqu'à un litre. Ajuster le pH du milieu. Repartir le mélange dans des flacons fermés et autoclavés à 112 °C pendant 20 min. Conserver le milieu au réfrigérateur jusqu'au moment de l'utilisation

Résumé

L'impact des pesticides est en fonction de plusieurs facteurs dont la nature du pesticide, les pratiques culturales, les conditions climatiques et le type de sol. Plusieurs études ont porté sur les effets secondaires des pesticides mais celles intéressant les effets combinés des pesticides sur la biologie des sols restent limitées. Le travail entrepris a concerné cet aspect en vue d'étudier l'impact de l'utilisation des pesticides sur les microorganismes des sols.

La présente étude porte sur une synthèse des travaux réalisés par plusieurs chercheurs qui se sont intéressés à l'étude de l'impact des résidus de pesticides sur les microorganismes du sol. Les résultats de ces études ont montré que l'effet des produits phytosanitaires est nettement négatif sur la biomasse microbienne du sol, car les résultats obtenus au niveau des différents types de sol dans diverses régions sur la biomasse fongique et bactérienne du sol témoin sont différents de ceux des sols traités et aussi la plupart des paramètres (physico-chimiques) testés sont supérieurs dans les sols traités avec les différentes doses des pesticides utilisés. Les études ont également montré que l'activité enzymatique semble être inhibée par la présence des pesticides et l'augmentation de température conduit à une décroissance de l'adsorption de produit.

Mots clés : sol, impact, pesticides, microorganismes.

ملخص الدراسات حول تأثير المبيدات على الكائنات الحية الدقيقة في التربة

ملخص

تأثير المبيدات له علاقة بعدة عوامل بما في ذلك طبيعة المبيد، الممارسات الزراعية، الظروف المناخية، ونوع التربة. ركزت العديد من الدراسات على الآثار الجانبية للمبيدات ولكن تلك التي ركزت على التأثيرات المشتركة للمبيدات على بيولوجيا التربة تظل محدودة. وتناول العمل المنجز هذا الجانب بهدف دراسة تأثير استخدام المبيدات على الكائنات الحية الدقيقة في التربة. تتعلق الدراسة الحالية بالأعمال التي قام بها العديد من الباحثين الذين تناولوا موضوع تأثير بقايا المبيدات الكيميائية على الكائنات الحية الدقيقة في التربة، وأظهرت النتائج أن تأثير المنتجات الكيميائية سلبى على الكتلة الحيوية الميكروبية للتربة، لأن النتائج التي تم الحصول عليها على مستوى الأنواع المختلفة للتربة في مناطق مختلفة على الكتلة الحيوية الفطرية والبكتيرية للتربة الشاهد تختلف عن تلك الخاصة بالتربة المعالجة وأيضاً أن معظم المعايير (الفيزيائية والكيميائية) المختبرة أعلى في التربة المعالجة في كل تراكيز المبيدات الكيميائية المختلفة المستخدمة. كما أوضحت الدراسة أن النشاط الانزيم يثبط بسبب وجود المبيدات وأن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى انخفاض في امتصاص المنتج.

الكلمات المفتاحية: تربة، تأثير، مبيدات كيميائية، كائنات حية دقيقة

Summary of work on the impact of pesticides on soil microorganisms

Abstract

The impact of pesticides are a function of several factors including the nature of the pesticide, cultural practices, climatic conditions, and soil type. Several studies have focused on the side effects of pesticides but those on the combined effects of pesticides on soil biology remain limited. The work undertaken concerned this aspect with a view to studying the impact of the use of pesticides on soil microorganisms.

The present study concerns work carried out by several researchers who have dealt with the subject of the impact of pesticide residues on soil microorganisms. The results show that the effect of phytosanitary products is clearly negative on the microbial biomass of the soil, because the results obtained at the level of the different types of soil in various regions on the fungal and bacterial biomass of the control soil is different from that of the treated soil and also the most of the parameters (physicochemical) tested are superior in the soils treated with the different doses of the pesticide used. The study also showed that the enzymatic activity seems to be inhibited by the presence of pesticides and the increase in temperature leads to a decrease in the adsorption of the product.

Key Words: Soil, impact, pesticide, microorganisms.