



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE de TLEMCEN  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de  
l'Univers

**Département de Biologie**

## MEMOIRE

Présenté par

**Ayadi Fatima Zahra  
Merabet Sarra**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

En biologie

Option : Microbiologie et contrôle de qualité

**Thème**

**Biodégradation des pesticides par la  
microflore du sol**

**Soutenu le : 22/09/2020 devant le jury composé de :**

Président : Mr. Baghdad C.

Professeur à l'Université de Tlemcen

Examinatrice : Mme Brahimi-Kholkhal W.

MCB à l'Université de Tlemcen

Encadreur : Mme Bensalah F.

MCB à l'Université de Tlemcen

**Année universitaire : 2019-2020**

## *Remerciement*

Avant tous nous remercions Allah de nous avoir donné la force pour réaliser ce modeste travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères à :

Notre encadreur Mme Bensalah Fatima maitre de conférence B à la Faculté de SNV / STU (Université de Tlemcen), qui nous a beaucoup aidé et retenue la longue de la rédaction de ce mémoire et qui nous a orienté avec ses précieux conseils et surtout son soutien à tous les instant.

Mr Beghdad Choukri professeur à l'université de Tlemcen, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de notre profonde gratitude.

Mme Brahimi-kholkhal Wahiba maitre de conférence B au département de Biologie à l'Université de Tlemcen, d'avoir accepté de juger et d'examiner ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de notre entière reconnaissance.

On remercie également de tous nos cœurs tous les enseignants qui ont contribué à notre apprentissage depuis notre jeune âge à ce jour, et on leur adresse nos sentiments respectueusement reconnaissant pour tout le savoir qu'ils nous ont prodigués.

A toute la promotion «Microbiologie contrôle et qualité 2019-2020».

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin de quelque façons que ce soit, à la concrétisation de ce travail.

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents, sources de tendresse et de bonheur pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance, ma gratitude et tout mon amour.*

*A ma chère sœur **Amina** et son mari **Boumediene**, pour leurs encouragements et leurs conseils. Les mots sont insuffisants pour exprimer ma profonde estime.*

*A mon aimable frère **Mohamed Amine**, qui m'avez toujours soutenu et encouragé. Je trouve en toi le conseil du frère et le soutien de l'ami.*

*A mon adorable neveu **Charafeddinne**, que dieu le protège.*

*A ma chère famille, petit ou grand, proche ou lointaine, à mes oncles et tantes paternelle et maternelle.*

*A toutes mes amies **Farah**, **Nebia**, **Rahima** et surtout à mon binôme **Sarra** pour nos souvenirs inoubliables. Que notre amitié dure à jamais.*

*Fatima Zahra*

## *Dédicace*

*Merci Allah pour m'avoir donnée la santé, la force nécessaire et le courage pour mener à réaliser ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mon adorable père qui m'a soutenu sans relâche et m'a donné la force et la volonté de faire des efforts et ne jamais baisser les bras.*

*A ma chère maman qui m'a encouragé, et m'a toujours écouté, et pour son soutien moral, et ses précieux conseils.*

*A mes chers frères : **Walid, Imad et Adel** qui m'ont beaucoup encouragé.*

*A ma chère belle-sœur **Zahra**.*

*A toute ma famille.*

*A **Fatima Zahra**, chère amie avant d'être binôme.*

*A toutes mes amies, **Farah, Nebia et Rahima**, je leur souhaite tout le succès, tout le bonheur.*

*Merabet Sarra*

# Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction.....01**

## Partie I : synthèse bibliographique

### Chapitre I : les maladies des plantes

<b>I.1 Généralités sur les maladies des plantes.....</b>	<b>03</b>
I.1.1 Définition.....	03
I.1.2 Classification.....	03
I.1.2.1 Les maladies non parasitaires.....	03
I.1.2.2 Les maladies parasitaires.....	03
<b>I.2 Les types des maladies infectieuses des plantes.....</b>	<b>03</b>
I.2.1 Les maladies cryptogamiques.....	03
I.2.2 Les maladies bactériennes.....	07
I.2.3 Les maladies virales .....	10
<b>I.3 La lutte chimique contre les maladies infectieuses des plantes.....</b>	<b>11</b>
I.3.1 Contre les maladies cryptogamiques .....	11
I.3.2 Contre les maladies bactériennes.....	11
I.3.3 Contre les maladies virales.....	11

### Chapitre II: Les pesticides et leurs effets néfaste sur l'environnement

<b>II.1 Généralité sur les pesticides .....</b>	<b>12</b>
II.1.1Définition des pesticides .....	12
II.1.2Historique.....	13
<b>II.2 composition d'un pesticide .....</b>	<b>14</b>
<b>II.3 Formulation d'un pesticide.....</b>	<b>15</b>
II.3.1 Les présentations solides.....	15
II.3.2 Les présentations liquides.....	15
<b>II.4 Le Marché des Pesticides.....</b>	<b>16</b>
II.4.1 Dans le monde.....	16
II.4.2 En Algérie.....	17
<b>II.5 Domaines d'utilisation des pesticides.....</b>	<b>17</b>
<b>II.6 Classification des pesticides .....</b>	<b>17</b>
II.6.1 Classement selon la nature de la cible visée.....	18
II.6.2 Classement selon la nature chimique.....	18
II.6.3 Classement selon les risques .....	19
<b>II.7 Mode d'action des pesticides.....</b>	<b>20</b>
II.7.1 Les herbicides.....	20
II.7.2 Les fongicides.....	21

II.7.3 Les insecticides.....	22
<b>II.8 Impacts des pesticides sur l'environnement et la santé humaine.....</b>	<b>23</b>
II.8.1 Impact environnemental .....	23
II.8.1.1 Effets sur les sols .....	23
II.8.1.2 Effet nocifs sur la microflore du sol.....	25
II.8.1.3 Effet sur l'eau.....	25
II.8.1.4 Effet sur la faune et la flore .....	26
II.8.2 Impact sur la santé humaine .....	26
II.8.2.1 Toxicité aigue .....	27
II.8.2.2 Toxicité chronique.....	27
<b>II.9 Le devenir des pesticides dans l'environnement.....</b>	<b>28</b>
II.9.1 La rétention.....	28
II.9.2 La dégradation des pesticides.....	28
II.9.2.1 La dégradation abiotique .....	29
II.9.2.2 La dégradation biologique.....	29
<b>II.10 Transfert des pesticides.....</b>	<b>31</b>
II.10.1 Vers le sol.....	31
II.10.2 Vers l'air .....	31
II.10.3 Vers les eaux .....	31
<b>Chapitre III : les micro-organismes impliqués dans la biodégradation des pesticides</b>	
<b>III.1 Les actinomycètes en tant qu'agents de biodégradation.....</b>	<b>33</b>
III.1.1 <i>Streptomyces</i> sp .....	33
III.1.2 <i>Rhodococcus</i> sp.....	34
III.1.3 <i>Nocardia</i> sp.....	34
III.1.4 <i>Flavobacterium</i> sp.....	35
III.1.5 <i>Nocardioides</i> sp.....	35
III.1.6 <i>Micromonospora</i> sp.....	35
III.1.7 <i>Mycobacterium</i> sp .....	35
III.1.8 <i>Arthrobacter</i> sp .....	35
<b>III.2 Biodégradation des pesticides par les microorganismes autres que les actinomycètes..</b>	<b>36</b>
III.2.1 Les insecticides .....	36
III.2.1.1 Le parathion .....	36
III.2.1.2 Le malathion.....	36
III.2.1.3 Le chlorpyrifos.....	36
III.2.1.4 Le monocrotophos .....	37
III.2.1.5 Le coumaphos .....	37
III.2.1.6 Le fénamiphos .....	37
III.2.1.7 Le DDT .....	37
III.2.1.8 Les Carbamates .....	38
III.2.1.9 Les cyperméthrines.....	38
III.2.2 Les Herbicides.....	38

III.2.2.1 L'atrazine.....	38
III.2.2.2 la métribuzine .....	39
III.2.2.3 Le Glyphosate .....	39
III.2.3 Les fongicides.....	40
III.2.3.1 Le captan .....	40
III.2.3.2 Triazole propiconazole.....	40
III.2.3.3 Le PCP.....	40

## **Partie II : Matériel et méthodes**

<b>1. Prélèvement des échantillons.....</b>	<b>41</b>
<b>2. Isolement des souches dégradantes des pesticides.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Isolement des bactéries.....</b>	<b>41</b>
<b>2.2 Isolement des moisissures .....</b>	<b>41</b>
<b>3. Purification.....</b>	<b>41</b>
<b>4. Conservation des souches isolées.....</b>	<b>42</b>
<b>5. Identification des souches isolées.....</b>	<b>42</b>
<b>5.1 Identification bactérienne .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1.1 Observation macroscopique.....</b>	<b>42</b>
<b>5.1.2 Observation microscopique.....</b>	<b>42</b>
<b>5.2 Identification des champignons .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2.1 Observation macroscopique.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2.2 Observation microscopique.....</b>	<b>43</b>
<b>6. Etude de la biodégradation des pesticides.....</b>	<b>44</b>
<b>6.1. Les Pesticides utilisés et caractéristiques.....</b>	<b>44</b>
<b>6.1.1 Caractéristiques des herbicides utilisés.....</b>	<b>44</b>
<b>6.1.2 Caractéristiques des fongicides utilisés.....</b>	<b>44</b>
<b>6.2 Les Souches utilisées.....</b>	<b>44</b>
<b>6.3 Préparation du milieu de culture.....</b>	<b>45</b>
<b>6.4 Etude de la biodégradation des pesticides.....</b>	<b>45</b>

## **Partie III : Travaux antérieurs**

<b>Partie III : Travaux Antérieurs .....</b>	<b>46</b>
<b>Conclusion et perspective.....</b>	<b>51</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>52</b>
<b>Annexes</b>	

## *Liste des abréviations*

**2-4D:** Acide 2,4-Dichlorophénoxyacétique.

**DDD:** Dichloro diphényl dichloroethane.

**DDE:** Dichloro-diphenyl-Exachloroéthane.

**DDT:** Dichloro-diphényl-trichloroéthane.

**EC:** Les Concentrées Emulsionnables.

**FAO:** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**GN:** Gélose nutritive.

**Isolat:** Résultat de l'isolement en culture in vitro d'un agent pathogène à partir de plants.

**OGA:** Oxytétracycline-Glucose-Agar

**PCP:** PentaChloroPhénol.

**PDA:** Potato Dextrose Agar

**SL:** Les concentrés solubles.

**SC:** La suspension concentrée.

**UE:** Union européenne.

**UIPP:** Union des industries et de la protection des plantes.

**WG:** Les granulés à disperser.

**WP:** Les poudres mouillables.

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 01:</b> Les différentes étapes des découvertes des pesticides qui commencent avant 1900 jusqu'à nos jours.....	14
<b>Tableau 02:</b> Classification des pesticides selon les organismes vivants visés.....	18
<b>Tableau 03:</b> Les principaux groupes chimiques.....	19
<b>Tableau 04:</b> Les six catégories des pesticides classés selon leurs usages.....	20
<b>Tableau 05:</b> Classification des pesticides selon le mode d'action.....	22
<b>Tableau 06:</b> Le pourcentage de croissance des actinomycètes sur le milieu minimum de Vendermess contenant différents pesticides.....	47
<b>Tableau 07:</b> Le nombre des actinomycètes prélevés du sol agricole et des boues activées capables de se croître dans un milieu contenant différents pesticides.....	50

## *Liste des figures*

<b>Figure01</b> : Fusarioses sur épis.....	04
<b>Figure02</b> : Urédosores de <i>P. recondita</i> sur feuille de blé.....	04
<b>Figure03</b> : Symptômes de la pourriture grise causée par <i>B. cinerea</i> sur différents hôtes.....	05
<b>Figure04</b> : Symptômes du mildiou sur feuille et fruits de tomate.....	05
<b>Figure05</b> : (A) <i>Alternaria alternata</i> sur feuilles (B) <i>Alternaria alternata</i> sur tubercule.....	06
<b>Figure06</b> : Feuille de céréale affectée par l'oïdium.....	06
<b>Figure07</b> : Symptômes de l'antracnose du pois chiche .....	07
<b>Figure08</b> : les symptômes de feu bactérien.....	08
<b>Figure09</b> : chancre bactérien sur tomate.....	08
<b>Figure10</b> : Arbre infecté par <i>Pseudomonas syringae</i> , différents symptômes.....	09
<b>Figure11</b> : Symptômes de la jambe noire sur la partie aérienne du plant de pomme de terre.....	09
<b>Figure12</b> : Virus Y de pomme de terre.....	10
<b>Figure13</b> : Virus de la mosaïque de la tomate.....	10
<b>Figure14</b> : le marché mondial des pesticides dans le monde.....	16
<b>Figure15</b> : Quantité des pesticides importés en Algérie en tonnes de 1975 à 2007.....	17
<b>Figure16</b> : Principaux sites d'action des fongicides.....	21
<b>Figure17</b> : Schéma du devenir des pesticides dans l'environnement.....	24
<b>Figure18</b> : Résultat positif de la biodégradation du Glyphosate.....	47
<b>Figure19</b> : Résultat positif de l'isolat C1 et résultat négatif de l'isolat C2 sur le milieu minimum de Vandermess.....	48

## Résumer :

Notre travail avait pour objectif d'étudier la capacité de la microflore du sol à dégrader les pesticides. L'étude de la biodégradation de bactéries et champignons isolés à partir d'un sol agricole traité se fait par ensemencement des souches testées sur milieu minéral contenant le pesticide comme seule source de carbone. D'après les travaux antérieurs, Les actinomycètes du genre *Streptomyces* et *Nocardia* sont les plus efficaces dans la dégradation de certains herbicides comme le Granstar 75DF et le Mustang 360 SE. Les actinomycètes de genre *Micromonospora* et *streptosporangium* ont montré une croissance importante dans le milieu minéral additionné de l'Apyros comme seule source de carbone et d'énergie.

Des bactéries comme *Rhodanobacter spathiphillum* et *Geobacillus stearothermophilus* sont capables de dégrader le Diuron et le linuron. D'autres souches de *Pseudomonas sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Acinetobacter sp* et *Aspergillus sp.* sont capables d'utiliser le 2,4-dichlorophénol comme élément nutritif, ce fongicide est un polluant des sols agricoles.

Les bactéries appartenant au genre *Pseudomonomonas spp*, *Rhizobium sp.*, *Bacillus sp* et quelques champignons : *Trichoderma*, *Aspergillus*. sont capables de dégrader des herbicides : Apyros, Glyphosate et Munuron, et les fongicides : Hexonate et Duoplus, très utilisés en Algérie.

La dégradation biologique par les microorganismes est un moyen efficace pour éliminer les pesticides du sol grâce à leur système enzymatique très performant.

**Mots clés :** Biodégradation, sol agricole, pesticide, microorganismes.

## الملخص:

ان الغرض من عملنا هو دراسة قدرة النباتات الدقيقة في التربة على تحلل المبيدات. أما التحلل البيولوجي للبكتيريا والفطريات المعزولة عن التربة الزراعية المعالجة فيدرس عن طريق سلالات بذر البنور التي تم اختبارها على وسط معدني يحتوي على مبيد كمصدر وحيد للكربون. استناداً إلى اعمال سابقة، فان les actinomycètes من جنس Streptomyces و Nocardia أكثر فعالية في تحلل مبيدات أعشاب معينة مثل le Granstar 75DF و Mustang 360 SE. أظهرت الدراسة ان les actinomycètes من جنس Streptosporangium و Micromonospora نموًا كبيرًا في وسط المعدن حيث أن الأبيروس هي المصدر الوحيد للكربون والطاقة.

البكتيريا مثل Diuron Rhodanobacter و starthermophilus Geobacillus قادرة على خفض Diuron و linuron. سلالات أخرى مثل Aspergillus sp, Pseudomonas sp., Alcaligenes sp., Acinetobacter sp. تستطيع أن تستعمل 2-4, dichlorophénol, كمغذي، علما ان هذا مبيد للفطريات ملوث للتربة الزراعية. البكتيريا التي تنتمي إلى جنس Pseudomonas spp، rizobium، sp، Bacillus sp وبعض الفطريات : Aspergillus، Trichodarma قادرة على تقليل سمية مبيدات الأعشاب التالية : Apyros, Glyphosate و Munuron، وايضا مبيدات الفطريات Hexonate و Duoplus التي تستخدم على نطاق واسع في الجزائر. ان التحلل البيولوجي بواسطة الكائنات الدقيقة هو طريقة فعالة لإزالة مبيدات الآفات من التربة بفضل نظامها الإنزيمي عالي الكفاءة.

**الكلمات المفتاحية:** التحلل البيولوجي، التربة الزراعية، المبيدات والكائنات الدقيقة.

### **Abstract:**

The objective of our work was to study the ability of soil microflora to degrade pesticides. The biodegradation of bacteria and fungi isolated from treated agricultural soil is studied by seeding strains tested on a mineral medium containing the pesticide as the only source of carbon. Based on previous work, Actinomycetes of the genus *Streptomyces* and *Nocardia* are the most effective in the degradation of certain herbicides such as Granstar 75DF and Mustang 360 SE. The actinomycetes of the genus *Micromonospora* and *streptosporangium* showed significant growth in the mineral medium with Apyros as the only source of carbon and energy.

Bacteria such as *Rhodanobacter spathiphillum* and *Geobacillus stearothermophilus* are capable of degrading Diuron and linuron. Other strains of *Pseudomonas* sp. , *Alcaligenes* sp. , *Acinetobacter* sp and *Aspergillus* sp. are able to use 2,4-dichlorophenol as a nutrient, this fungicide is a pollutant of agricultural soils.

The bacteria belonging to the genus *Pseudomonas* spp, *Rhizobium* sp. , *Bacillus* sp and some fungi: *Trichoderma*, *Aspergillus*. are capable of degrading herbicides: Apyros, Glyphosate and Munuron, and fungicides: Hexonate and Duoplus, widely used in Algeria.

Biological degradation by microorganisms is an effective way to remove pesticides from the soil by their highly efficient enzymatic system.

**Keywords:** biodegradation, agricultural soil, pesticide, microorganisms.

# Introduction

Les plantes cultivés par l'homme sont atteintes de diverses maladies (viroses, bactérioses et mycoses) ou peuvent être attaquées par des ravageurs (insectes, oiseaux). Même si les causes exactes n'ont pas toujours été reconnues parfaitement, les dégâts furent mentionnés déjà par Theophraste (**III<sup>e</sup> siècle av. J. C**) et Pline l'Ancien (**I<sup>er</sup> siècle ap. J. C**) (**corbaz, 1990**). Certaines maladies, particulièrement, celles d'origine tellurique sont, sans doute, les plus redoutables et les plus difficiles à contrôler par les méthodes de lutte classique. Elles restent encore mal maîtrisées et continuent toujours à causer des dégâts et des pertes économiques appréciables (**Toua, 1996**).

Depuis la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, l'impact de l'environnement sur la santé humaine suscite un intérêt grandissant, parmi la diversité de notre environnement, celui chimique est l'un de ceux qui suscitent le plus d'appréhension. Parmi ces substances figurent les pesticides chimiques, qui sont largement utilisés dans la plupart des domaines de la production agricole pour minimiser les infestations de ravageurs, protéger les pertes de rendement des cultures et éviter de réduire la qualité des produits.

Ces substances ont été utilisées pour obtenir un supplément alimentaire ainsi que pour protéger les hommes contre certaines maladies (**Jenning, 1991**).

Les pesticides constituent un ensemble complexe de molécules aux propriétés physicochimiques différentes. Ils sont caractérisés par leur stabilité et leur résistance aux processus de dégradation dans l'environnement, ainsi que par leur tendance à s'accumuler dans les chaînes alimentaires (**MARLIERE, 2000**).

Dès la fin de la seconde guerre mondiale, ces produits furent très employés dans le secteur agricole non seulement pour augmenter les rendements de productions mais également pour protéger les plantes tout au long de leur croissance vis-à-vis des organismes nuisibles animaux et végétaux, pouvant causer des dégâts dont les conséquences économiques peuvent parfois être très importantes pour une exploitation agricole, une région ou un pays.

Leur comportement dans les sols conditionne donc leurs impacts sur d'autres compartiments de l'environnement. C'est pourquoi il est crucial d'étudier les sols et le devenir des pesticides sur différents sols en vue de comprendre, ou mieux de prédire leur répartition ultérieure dans l'environnement et les risques de contamination des eaux (**A.SAIBI**).

Une meilleure compréhension des facteurs qui contrôlent le devenir des pesticides est donc toujours d'actualité pour améliorer la prévision des risques liés aux pesticides (persistance, mobilité) en agriculture. La dégradation des pesticides par les microorganismes du sol est une des voies de dissipation des pesticides. Cependant, la taille de la microflore dégradante et par conséquent le potentiel de biodégradation peuvent varier et notamment en fonction de l'historique de traitement des parcelles et de la fréquence des traitements (**Barriuso et Houot, 1996; Mahia et al, 2008; Cheyns et**

**al, 2012).** Ces microorganismes jouent un rôle très important dans la dégradation des pesticides, par des réactions d'oxydation, de réduction et d'hydrolyse. Mais très peu de données existent dans la bibliographie sur la rémanence et l'évolution des capacités de biodégradation microbienne de pesticides dans des parcelles après conversion en agriculture biologique (**Fernandes et al., 2012**).

La microflore dégradante des pesticides est plus importante dans les sols en agriculture conventionnelle où la pression phytosanitaire est récurrente, qu'en agriculture biologique ou en zéro pesticide.

Dans cette optique, l'objectif de notre travail était :

- Isoler et identifier des bactéries et champignons isolés de sols traités ou non par les pesticides.
- Tester la capacité de ces micro-organismes à dégrader les pesticides sur milieu minéral.

Mais vu les conditions sanitaires dues au Covid 19 et la fermeture des laboratoires et l'université durant le confinement, notre travail a été réalisé comme suit :

- Une étude bibliographique détaillée (maladies des plantes, pesticides, impact sur l'environnement et microorganismes impliqués dans la biodégradation).
- Méthodologie du travail
- Synthèse des travaux antérieurs sur la biodégradation des pesticides par la microflore du sol.

**Synthèse**

**bibliographique**

# Chapitre I: Les maladies des plantes

---

## **I.1 Généralités sur les maladies des plantes :**

### **I.1.1 Définition :**

Une maladie de plante peut-être définie par une succession de réponses invisibles et visibles des cellules et des tissus d'une plante, suite à l'attaque d'un micro-organisme ou à la modification d'un facteur environnemental qui provoquent des bouleversements de forme, de fonction ou d'intégrité de la plante. Ces réponses peuvent induire une altération partielle voire la mort de la plante ou de certaines de ses parties **(Akram, 2008)**.

### **I.1.2 Classification :**

Il y a des maladies non parasitaires (abiotiques) appelées aussi non infectieuses et des maladies parasitaires (biotiques) ou infectieuses.

#### **I.1.2.1 Les maladies non parasitaires :**

Les maladies non infectieuses résultent d'une inadéquation de conditions environnementales, qui ne sont pas favorables pour la plante, ils peuvent s'agir de problèmes liés en carence des conditions minérales du sol (azote, potassium, magnésium, fer...), inondation des sols, trop de soleil, exposition ou polluants atmosphériques (ozone, dioxyde de soufre), l'exposition accidentelle aux herbicides...**(Knudsen, 2013)**.

#### **I.1.2.2 Les maladies parasitaires :**

Une multitude d'organismes sont capables de causer des dommages dans un verger, on distingue les microorganismes : champignons, bactéries et virus, les insectes et nématodes et dans certains cas des mammifères **(Grabowski, 2008)**.

## **I.2 Les types des maladies infectieuses des plantes :**

### **I.2.1 Les maladies cryptogamiques :**

Les maladies cryptogamiques sont causées par des champignons phytopathogènes qui constituent un groupe d'organismes microscopiques hétérotrophes Ubiquistes, présentant des structures et des caractéristiques biologiques extrêmement diversifiées. **(Kirk et al, 2001)**.

# Chapitre I: Les maladies des plantes

---

## I.2.1.1. Fusariose :

La fusariose est une maladie des céréales dite « à petits grains » que l'on retrouve partout dans le monde. La fusariose peut être causée par une vingtaine d'espèces du genre *Fusarium* (Parry et al., 1995).

La fusariose de l'épi est une maladie fongique qui peut survenir chez toutes les céréales cultivées (Bailey et al, 2004 in Bérubé, 2010).



Figure01 : Fusarioses sur épis (Anonyme 02, 2013).

## I.2.1.2. La rouille brune des feuilles :

On la reconnaît par l'apparition de pustules de couleur café, arrangées de façon aléatoire sur la feuille et qui libèrent des spores sous formes de poudre brune salissante (Jlibene, 2011).

C'est une maladie qui apparaît généralement pendant et après l'épiaison (avril-mai), causée par l'agent pathogène : *Puccinia recondita f.sp. Tritici* sur le blé (Amrani, 2013).



Figure02 : Urédosores de *P. recondita* sur feuille de blé (Zillinsky, 1983).

# Chapitre I: Les maladies des plantes

---

## I.2.1.3. Pourriture grise :

*B. cinerea*, l'agent causal de la pourriture grise est un champignon phytopathogène avec un mode de vie nécrotrophique (Fekete et al., 2011).

C'est un champignon polyphagie capable d'attaquer plus de 220 hôtes (Walker et al., 2015).



**Figure03** : Symptômes de la pourriture grise causée par *B. cinerea* sur différents hôtes (Agrios, 2005).

## I.2.1.4 Mildiou :

Maladie cryptogamique des plantes due à des champignons appartenant aux genres *Phytophthora*, *Plasmopara* et *Peronospora* (Mazoyer, 2002).

Le mildiou, causé par *Phytophthora infestans*, est l'une des maladies les plus dévastatrices trouvées dans la culture de tomate à travers le monde (Céspedes, 2013).



**Figure04** : Symptômes du mildiou sur feuille et fruits de tomate (Kenneth, 2011).

## Chapitre I: Les maladies des plantes

---

### I.2.1.5 Alternariose :

Appelée brûlure alternarienne ou maladie des taches brunes ou encore maladie des taches noires (**GAUCHER, 1998**).

C'est une maladie très répandue chez la tomate de plein champ et parfois chez la tomate de serre élevée dans du sol et en substrats artificiels. *Alternaria solani* infecte aussi la pomme de terre, l'aubergine et des adventices de la famille des solanacées (**Vieira, 2004**).

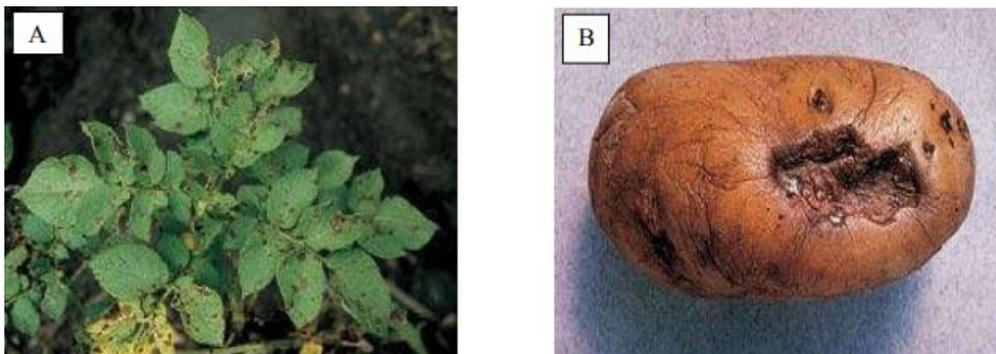


Figure05 : (A) *Alternaria alternata* sur feuilles (B) *Alternaria alternata* sur tubercule

(**Bouneghou, 2011**).

### I.2.1.6 Oïdiums :

Les champignons responsables des maladies désignées sous le nom d' "oïdiums" appartiennent à l'ordre des *Erysiphales* (famille des Erysiphaceae) au sein des ascomycètes (**Bolay, 2005**).

Toutes les céréales peuvent être attaquées par l'oïdium. Plusieurs formes de la maladie sont cependant spécifiques à des cultures précises, et ne provoquent pas d'infections croisées (**Anonyme a, 2014**).



Figure06 : Feuille de céréale affectée par l'oïdium.

# Chapitre I: Les maladies des plantes

---

## I.2.1.7 Anthracnose :

Maladie fongique causée par les espèces appartenant au genre *Colletotrichum*, est particulièrement dommageable (**Bailey and Jeger, 1992; Dickman, 2000**).

Les symptômes de la maladie anthracnose sur de nombreuses cultures, y compris les agrumes montrent des lésions nécrotiques enfoncées sur les feuilles, les tiges et les fruits, ainsi que la brûlure des plantules (**Cannon et al., 2012, Nelson, 2008, Agrios, 2005**).



**Figure07** : Symptômes de l'anthracnose du pois chiche : (a) premiers symptômes sur feuilles, (b) lésions sur tige rupture suite à la sévérité de l'attaque, (c) symptômes sur gousses, (d) dégâts finaux.(**Kanouni et al.2011**).

## I.2.2. Les maladies bactériennes :

### I.2.2.1 Le feu bactérien :

Le feu bactérien est une maladie provoquée par la bactérie à Gram négatif *Erwinia amylovora*, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* (**Van der Zwet et Keil, 1979 ;Vanneste, 2000**). Elle s'attaque à une gamme assez large de plantes hôtes de la famille des Rosacées à pépins, dont toutes les espèces de la sous famille des Maloidée et Pomoidée, comprenant le pommier et le poirier, avec différentes sévérités de symptômes (**Momol et Aldwinckle, 2000**).

## Chapitre I: Les maladies des plantes

---

La bactérie responsable du feu bactérien peut attaquer n'importe quelle partie de l'arbre des racines jusqu'aux feuilles (**Keith et al., 2012**).



**Figure08** : les symptômes de feu bactérien .A : dessèchement sur les feuilles. B noires sèment sur fruits : C l'exsudat sur fruits. D : portes –greffe infectés par des bactéries se déplaçant vers le bas à travers la tige ou à travers les drageons. (**Agrios, 2005;Delaunay-Cesbron, 2009**).

### 1.2.2.2 Le chancre bactérien :

Le chancre bactérien est causé par le *Clavibacter michiganensis*. C'est une maladie importante et répandue, causant des pertes économiques graves dans les cultures de tomates dans le monde, qu'elles soient en serre ou en plein champ (**Gartemann et al.,2003**).



**Figure 09** : chancre bactérien sur tomate.

# Chapitre I: Les maladies des plantes

## I.2.2.3 La moucheture bactérienne :

Cette maladie est causée par *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Dye et al., 1980).

Ses symptômes sont : petits points noirs habituellement inférieurs à 2 mm de diamètre, entourés d'une auréole jaune et par des taches noires rarement supérieures à 1mm de diamètre, entourées parfois d'un halo vert foncé, sur les fruits. (Blancard, 2009).



**Figure10** : Arbre infecté par *Pseudomonas syringae*, différents symptômes (A = Apparition des points de gomme en hiver ; B = Formation en été du chancre plus ou moins étendu) et méthode préventive (C = Badigeon cuprique). (Lemontey, J-M., 2004).

## I.2.2.4 La jambe noire (pourriture molle) :

Les phytopathogènes *Dickeya* et *Pectobacterium* disposent d'un arsenal enzymatique important (pectinanes, cellulases, protéases et xylanases) capable de dégrader la paroi végétale et de causer les maladies de la pourriture molle et de la jambe noire (Sjöblom, 2009).



A : Flétrissement et jaunissement du feuillage  
B : Pourriture molle de la tige  
C : nécroses sur tige

**Figure11** : Symptômes de la jambe noire sur la partie aérienne du plant de pomme de terre (HELIAS, 2008).

## I.2.3. Les maladies virales :

### I.2.3.1 PVY (Potato virus Y) :

Le virus Y de la pomme de terre (PVY ou Potato virus Y), les symptômes allant d'une mosaïque légère à sévère avec des nécroses foliaires et finalement la mort des plants infectés (**Stevenson et al., 2001**).



**Figure 12** : Virus Y de pomme de terre.

### I.2.3.2 ToMV (Tomato mosaic virus) :

Le symptôme dépendra de la variété, l'âge de la plante au moment de l'infestation, et l'état de l'environnement. Le virus provoque : marbrures et rugosité des feuilles, nanisme. Des rendements réduits et roussissement des fruits (**Benton, 2008**).



**Figure 13** : Virus de la mosaïque de la tomate

# Chapitre I: Les maladies des plantes

---

## I.3. La lutte chimique contre les maladies des plantes :

La lutte chimique est l'application d'un produit phytosanitaire en vue de détruire une population indésirable.

Parmi les produits chimiques utilisés on cite :

### I.3.1. Contre les maladies cryptogamiques :

**Le Cryptonol 98 WP**, Ce fongicide est très polyvalent et est utilisé surtout pour la désinfection des planches de semis contre *Alternaria*, *Botrytis*, *fusarium* .... Il est aussi employé habituellement sur les arbres fruitiers ou pour lutter contre la pourriture grises (**Couteux, Lejeune ,2003 ; DPV 1995**).

**Tébuconazole**, composé chimique appartenant à la famille des triazoles. Il est utilisé pour ses propriétés anti-fongiques comme substance active de produits phytosanitaires et biocides (**Fouillen, 2011**).

**Cyproconazole**, appartient à la famille des triazoles (**Fouillen, 2011**).

### I.3.2. Contre les maladies bactériennes :

Les grands nombres des produits chimiques a été testé contre la maladie de feu bactérien sont les antibiotiques tels que la gentamicine et l'oxytétracycline, (**Marutescu et al. 2009**).

Certains antibiotiques tels que QKasugamycine, neomycine, streptomycine, tétracycline et vancomycine) et les composés chimiques à base de cuivre à savoir le champ 2, le phyton-27, le cuivre analytique et le cuivre fixée sont efficaces contre les *Pectobacterium spp.* (**BLOM et BROWN, 1999 ; BARTZ, 1999 ; GRACIA-GARZA et al., 2002 et CUI et al., 2009**).

### I.3.3. Contre les maladies virales :

La lutte contre les pucerons vecteurs de virus, repose actuellement sur l'utilisation soit d'huile végétales, soit d'insecticides de synthèse. Les effets nocifs des produits chimiques sur l'environnement et la santé humaine ont conduit à des recherches visant à développer de nouvelles méthodes alternatives pour les producteurs (**Xiangyu et al., 2002 ; Cui et al., 2012 ab ; Zhou et al., 2013**).

### II.2 Généralité sur les pesticides :

#### II.1.1. Définition des pesticides :

Le terme de pesticide dérive de "Pest", mot anglais désignant tout organisme vivant (virus, bactéries, champignons, herbes, vers, mollusques, insectes, rongeurs, mammifères, oiseaux) susceptible d'être nuisible à l'homme et/ou à son environnement. Les pesticides, dont la traduction étymologique est "tueurs de fléaux" sont des molécules dont les propriétés toxiques permettent de lutter contre les organismes nuisibles.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) définit ainsi les pesticides : Les pesticides sont toute substance ou association de substances qui est destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisible durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois et des produits ligneux, ou des aliments pour animaux, ou qui peut être administrée aux animaux pour combattre les insectes, les arachnides et d'autres parasites exogènes et endogènes. Le terme comprend les substances destinées à être utilisées comme régulateurs de croissance des plantes, comme défoliants, comme agent de dessiccation, comme agent d'éclaircissage des fruits ou pour empêcher la chute prématurée des fruits, ainsi que les substances appliquées sur les cultures, soit avant, soit après la récolte, pour protéger les produits contre la détérioration durant l'entreposage et le transport. **(BATSCH, 2011).**

C'est une substance active ou préparation destinée à :

- Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, pour autant que ces substances ou préparations ne soient pas autrement définies ci-après,
- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives,
- Assurer la conservation des végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières,

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

---

- Freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux, par une action chimique ou biologique (**INDEX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES, 2015**).

La substance ou le microorganisme qui détruit ou empêche les organismes nuisibles de s'installer sur les végétaux est dénommée « substance active » à laquelle sont associés dans la préparation un certain nombre de «formulant» (mouillants, solvants, anti-mousses, ...) qui la rendent utilisable par l'agriculteur (**BOURBIA-AIT HAMLET, 2013**).

### II.1.2. Historique :

La lutte contre les ravageurs existe depuis des millénaires. Nos ancêtres ont d'abord utilisé des moyens dont ils disposaient pour protéger leurs récoltes. Les cendres, l'huile d'olive, certaines plantes furent les premiers «produits» vers lesquels ils se sont tournés. Au moyen âge, sont connues des plantes comme : les aconits (utilisés contre les rongeurs), le tabac (utilisé comme insecticide dès la fin du XVIe siècle), le neem (*Azadirachta indica*), les racines de Derris (*Paraderris elliptica*).

**Selon Calvet (2005)**, la lutte contre les organismes nuisibles aux cultures a certainement été de tous temps une préoccupation de l'agriculteur. Pendant longtemps, l'essentiel des moyens étaient de nature physique : ramassage des larves, des œufs, des insectes adultes, destruction des plantes malades par le feu, désherbage manuel puis mécanique. L'utilisation des produits chimiques est malgré tout assez ancienne comme l'indique l'emploi du soufre et celle de l'arsenic. L'efficacité de ces moyens était souvent limitée et générait parfois un profond sentiment d'impuissance qui explique la place qui était occupée par les superstitions et autre diverses croyances comme le montre la pratique des rogations par exemple.

L'ère des pesticides de synthèse débute dans les années 1930, profitant du développement de la chimie organique de synthèse et de la recherche sur les armes chimiques durant la première guerre mondiale. Le DDT (Dichloro-diphényl-trichloroéthane) sera commercialisé dès 1943 ouvrant la voie aux autres organochlorés (**Boland et al., (2004)**).

**Schiffers (2012)** nous informe que dans les années 50, le DDD (Dichloro diphényl dichloroéthane) et le DDT sont utilisés en grande quantité pour détruire les moustiques

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

vecteurs de la malaria, et pour combattre le Doryphore (ravageurs de pomme de terre). Dans cette période, apparaissent de très nombreuses molécules comme les herbicides de la famille des urées substituées, les paraquat, diquat et triazines. Dans les années 1960, se développent de nombreux fongicides (imidazoles, triazoles). Puis dans les années 1970, les insecticides carbamates et pyréthrinoïdes.

En 1945 à 1985, l'industrie agrochimique mondiale a mis sur le marché environ 1.000 substances actives, insecticides, fongicides, herbicides, rodenticides, les limaces, les tiques, les mouches (**Bonnefoy, 2012**).

Peu à peu les applications se diversifient et des biocides sont élaborés pour l'industrie textile et du bois, pour les usages domestiques (aérosols tue-mouches...), pour l'entretien des routes et élimination des vecteurs de maladie par exemple le paludisme (**Pflieger, 2009**).

**Le tableau01** : Résume les différentes étapes des découvertes des pesticides qui commencent avant 1900 jusqu'à nos jours (**Severin, 2002**).

	HERBICIDES	FONGICIDES	INSECTICIDES
<b>Avant 1900</b>	Sulfate de cuivre Sulfate de fer	Soufre	Nicotine
<b>1900-1920</b>	Acide sulfurique		Sels d'arsenic
<b>1920-1940</b>	Colorants nitrés		
<b>1940-1950</b>	Phytohormones...		Organochlorés
<b>1950-1960</b>	Triazines, urées substituées,	Dithiocarbamates Phtalimides	Organophosphorés
<b>1960-1970</b>	Dipyridyles, Toluidines...	Benzimidazoles	
<b>1970-1980</b>	Amino-phosphonates Propionates	Triazoles Dicarboximides Phosphites Morpholines Phénylamides	Pyréthrinoïdes Benzoyl-urées (régulateurs de croissance)
<b>1980-1990</b>	Sulfanyl urées...	Diéthofencarbe	Imidaclopride
<b>1990-2000</b>	Isoxaflutole	Strobilurines	Fipronil

### II.2 composition d'un pesticide :

Un pesticide est composé d'un ensemble de molécules comprenant :

- **Une ou plusieurs matières actives** à laquelle est du tout ou en partie l'effet toxique.
- **Un diluant** qui est une matière solide ou liquide (solvant) incorporé à une préparation et destinée en matière active. Ce sont le plus souvent des huiles végétales dans le cas des liquides, de l'argile ou du talc dans le cas des solides.
- **Des adjuvants** qui sont des substances dépourvues d'activité biologique, mais susceptibles de modifier les qualités des pesticides et d'en faciliter l'utilisation (**Ayad-Mokhtari, 2012**).

### II.3 Formulation d'un pesticide :

La formulation d'un pesticide vise à présenter la matière active sous une forme stable et permettant son application en lui ajoutant des substances destinées à améliorer et faciliter son action. Ce sont les adjuvants. Ils comprennent des tensio-actifs, des adhésifs, des émulsionnants,...etc.

Un code international de 2 lettres majuscules, placées à la suite du nom commercial indique le type de formulation. Les principaux types de formulation sont les suivants :

#### II.3.1 Les présentations solides :

- Les poudres mouillables (WP) : la matière active est finement broyée (solide) ou fixée (liquide) sur un support adsorbant ou poreux (silice).
- Les granulés à disperser (WG) : granulés obtenus par l'agglomération avec un peu d'eau de matière active, de charge et d'agents liants et dispersants, suivi d'un séchage. Ces poudres doivent être dispersées dans l'eau au moment de l'emploi (**Devaut, 2007**).

#### II.3.2 Les présentations liquides :

Concernant les formulations liquides trois types sont utilisés (**Amatropé, 2000**) :

- Les concentrés solubles (SL) : c'est une solution de matière active à diluer dans l'eau, additionnée d'agents tensio-actifs.
- Les concentrées émulsionnables (EC) : les matières actives sont mises en solution concentrée dans un solvant organique et additionnée d'émulsifiants chargés de stabiliser les émulsions obtenues au moment de l'emploi par dilution dans l'eau.

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

➤ La suspension concentrée (SC) : composés de particules solides dispersées dans le produit.

### II.4 Le Marché des Pesticides :

#### II.4.1 Dans le monde :

Le marché mondial des pesticides représente environ 40 milliards de dollars. Il est stable depuis les années 2000.

Les Etats-Unis sont le premier consommateur de pesticides, suivi de l'Inde et de Malte, premier consommateur européen devant Chypre et l'Italie.

La France est en 2012 le troisième utilisateur mondial de pesticides à usage agricole, après les États-Unis et le Japon et le Premier utilisateur de pesticides en Europe. Selon l'Union des industries de la protection des Plantes (**UIPP**).

En Europe et en Amérique du Nord, les herbicides représentent 70 à 80% des produits utilisés tandis que sous les tropiques, 50% des produits appliqués sont des insecticides (**UIPP, 2011**).

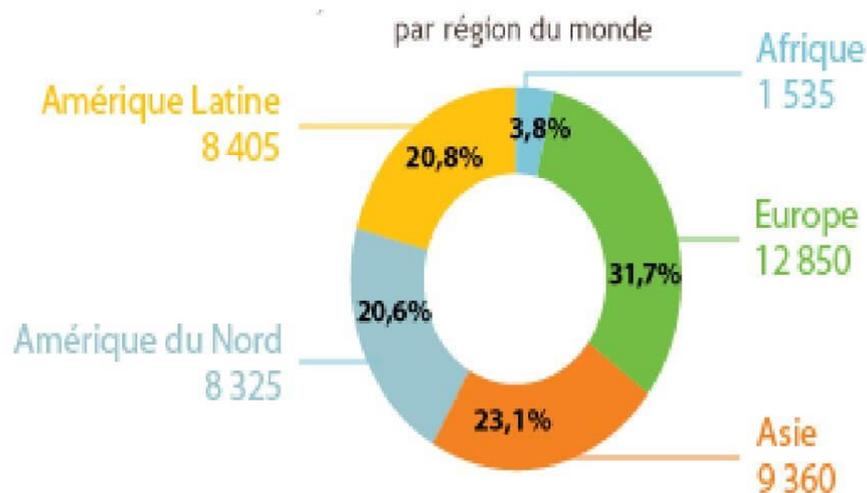
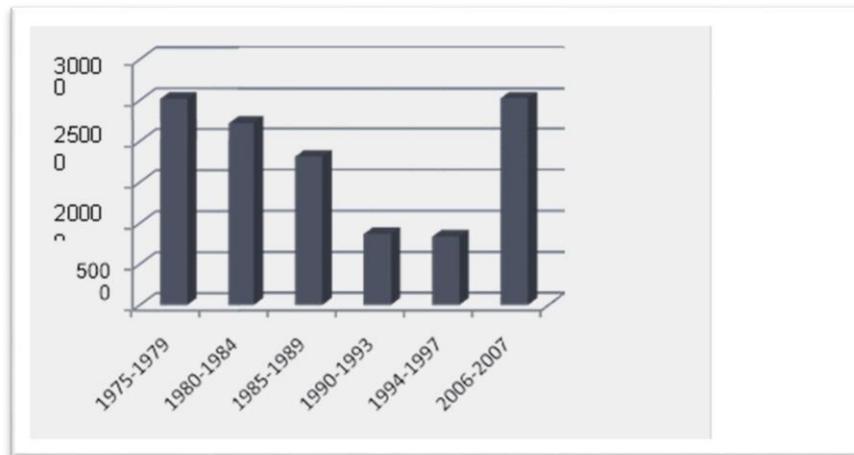


Figure14 : le marché mondial des pesticides dans le monde (**UIPP, 2011**).

### II.4.2 En Algérie :

Le marché algérien en pesticides ne cesse pas d'augmenter ; en 2009 l'Algérie a importé 67 millions US \$ de pesticides et en 2008 77 millions US \$ contre 49,5 millions US \$ en 2007 (**Douanes, 2010**).



**Figure15:** Quantité des pesticides importés en Algérie en tonnes de 1975 à 2007 (**Douanes, 2010**).

### II.5 Domaines d'utilisation des pesticides :

Le domaine d'application des pesticides est très large. Majoritairement utilisés par les agriculteurs (90 % des tonnages vendus), les pesticides sont aussi employés par les collectivités ou les entreprises publiques (pour l'entretien des espaces verts, le désherbage des infrastructures, des voiries et des voies ferrées), par les industries (textile, bois) et par les particuliers (jardins amateurs, usages domestiques) (**Montestrucq et al., 2016**).

### II.6 Classification des pesticides :

Les pesticides disponibles aujourd'hui sur le marché sont caractérisés par une grande variété de structures chimiques, de groupes fonctionnels et d'activité qui rendent leur classification relativement complexe. D'une manière générale, ils peuvent être classés en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose.

On Distingue :

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

### II.6.1 Classification selon la nature de la cible visée

Plusieurs catégories de pesticides selon les organismes vivants visés, dont les principales sont consignées dans le tableau suivant (**INSERM, 2013**):

**Tableau02** : Classification des pesticides selon les organismes vivants visés.

Les pesticides	L'utilisation	Exemple
Les fongicides	utilisés contre les champignons phytopathogènes ou vecteurs de mycoses animales ou humaines.	Moncozèbe, hexaconazol, chlorothalonil
Les insecticides	utilisés contre les insectes nuisibles	Dichlorodiphényltrichloroéthane., déltamethrine.
Les herbicides	qui détruisent les plantes adventices des cultures et, de façon plus générale, toute végétation jugée indésirable.	2-4D, glyphosate
Les rodenticides	qui tuent les rongeurs comme les rats	Warfarine, phosphure de zinc
Les molluscicides	ou hélicides qui détruisent les gastéropodes.	Methiocarbe, mercaptodiméthur
Les avicides	destinés à éliminer les oiseaux ravageurs	strychnine
Les nématicides	employés contre les nématodes phytoparasites.	Bromomethane, chloropicrine
Les acaricides	qui détruisent les acariens.	Abamectine, nicotine

### II.6.2 Classification selon la nature chimique :

Ce classement se fait en fonction de la nature chimique de la substance active. La présence de certains groupements fonctionnels et/ou atomes confère aux pesticides certaines propriétés physico-chimiques (ionisabilité, hydrophobie, solubilité, persistance). Il est important de souligner que la connaissance de la famille chimique à laquelle un pesticide appartient ne suffit pas à elle seule à la définition de ses propriétés ni à la prédiction de son comportement dans l'environnement (**BOULAND et al., 2004**).

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

Les pesticides regroupent plus de 1000 substances appartenant à plus 150 familles chimiques différentes. (Clive et Tomlin, 2006).

**Tableau03** : Les principaux groupes chimiques (EL BAKOURI, 2006).

	Insecticides	Herbicides	Fongicides
Minéraux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composés arsenicaux</li> <li>• Soufre</li> <li>• Composés fluorés</li> <li>• Dérivé de mercure</li> <li>• Dérivé de sélénium</li> <li>• Composé de base de silice, quartz, manganèse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sel de cuivre</li> <li>• A base de soufre</li> <li>• Composés arsenicaux</li> <li>• Huiles minérales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sel de NH<sub>4</sub>, de Ca, de Fe de Mg, K, Na</li> <li>• Sous forme de sulfates, de nitrates</li> <li>• Chlorures, Chlorates</li> </ul>
Organique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organochlorés</li> <li>• Organophosphorés</li> <li>• Carbamates</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbamate et Dithiocarbamates</li> <li>• Dérivés des benzènes</li> <li>• Dérivés des quinones</li> <li>• Amides</li> <li>• Benzonitriles</li> <li>• Touluidines</li> <li>• Organophosphorés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phytohormones</li> <li>• Dérivés de l'urée</li> <li>• Carbamates</li> <li>• Triazine et Diazines</li> <li>• Dérivés de pyrimidines</li> <li>• Dérivés des dicarboximides</li> <li>• Dérivés des thiadiazine et thiadiazoles</li> </ul>
Divers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pyrithrinoïde de synthèse</li> <li>• Produits bactériens</li> <li>• Répulsif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carboxines</li> <li>• Chloropicrine</li> <li>• Doguanides</li> <li>• Formol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dicamba</li> <li>• Pichiorame</li> <li>• paraquat</li> </ul>

### II.6.3 Classification selon les risques :

Selon Calvet et al (2005), les pesticides sont utilisés dans plusieurs domaines d'activité pour lutter contre des organismes vivants nuisibles, d'où des usages différents.

Il existe six catégories des pesticides classés selon leurs usages dans le tableau suivant :

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

Tableau04 : Les six catégories des pesticides classés selon leurs usages.

Les cultures	Les bâtiments d'élevages	Les locaux de stockages des produits végétaux	Les zones non agricoles	Les bâtiments d'habitations	L'homme et les animaux
ce sont les pesticides utilisés en agriculture pour maintenir un bon état sanitaire des sols et des végétaux.	il s'agit surtout d'insecticides et des bactéricides. Les locaux de stockages des produits végétaux ; ce sont des insecticides et des fongicides	ce sont des insecticides et des fongicides.	il s'agit principalement d'herbicides utilisés pour désherber les voies de circulation routières et ferrées, les aires d'aéroports et les aires industrielles.	ce sont des insecticides, des rodenticides, des bactéricides et des fongicides	il s'agit d'insecticides et de fongicides utilisés pour l'hygiène humaine et vétérinaire.

### II.7 Mode d'action des pesticides :

Les modes d'action des pesticides sont ainsi très variés et évoluent au gré des innovations de l'industrie phytosanitaire (**Bonnefoy, 2013**).

Selon **Errami (2012)**, le mode d'action des pesticides est comme suit :

#### II.7.1 Les herbicides :

Selon (**Louchahi, 2015**) les herbicides suivant leur mode d'action, leur dose et leur période d'utilisation, ces composés peuvent être sélectifs ou non sélectifs en possédant différents modes d'actions sur les plantes, ils peuvent être :

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

- Perturbateurs de la photosynthèse.
- Inhibiteurs de la division cellulaire.
- Inhibiteurs de la synthèse des lipides et de cellulose.
- Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés.

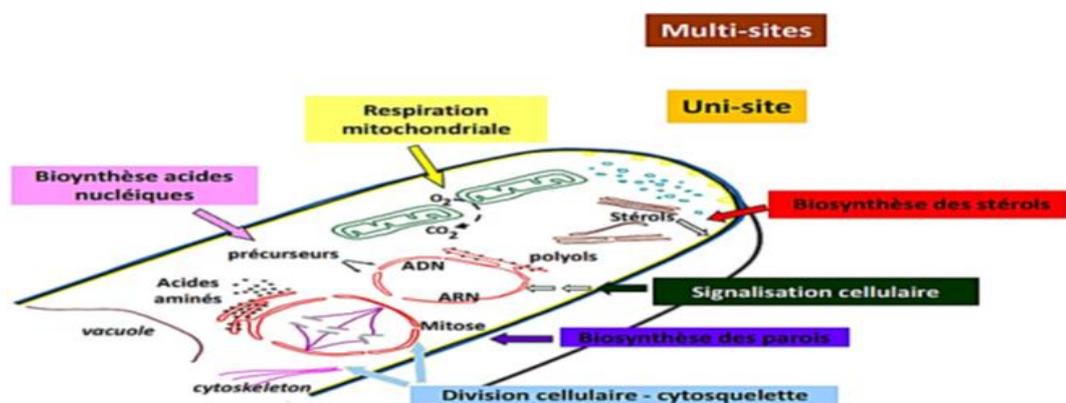
### II.7.2 Les fongicides :

Permettent de combattre la prolifération des maladies des plantes provoquées par les champignons ou les bactéries. Ils peuvent agir différemment sur les plantes comme étant :

- Des fongicides affectant les processus respiratoires.
- Des inhibiteurs de la division cellulaire.
- Fongicides affectant la synthèse des acides aminés ou des protéines.
- Fongicides agissant sur le métabolisme des glucides.

Leur mode d'action, peut être observé sur un seul site et on, ou sur plusieurs cibles et on parle dans ce cas de fongicide multi-sites (**Figure 16**) (**Batsch, 2011**).

La plupart des fongicides utilisées n'ont qu'un seul site de d'action pour stopper ou altérer le bon fonctionnement d'une réaction nécessaire à la survie du champignon, ce qui engendrera la mort de la cellule. Les fongicides multi-sites sont des alliés de choix puisque l'acquisition d'une résistance par le pathogène doit passer par la mutation de plusieurs cibles, ce qui n'est encore jamais arrivé (**Aprifel, 2004**).



Figures 16 : Principaux sites d'action des fongicides (INRA, 2019).

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

### II.7.3 Les insecticides :

Ils sont utilisés pour la protection des plantes contre les insectes. Ils interviennent en les éliminant ou en empêchant leur reproduction. Différents types existent :

- Insecticides agissant sur le système nerveux.
- Insecticides agissant sur respiration cellulaire.
- Insecticides de type régulateurs de croissance.

Certains insecticides agissent en perturbant la physiologie de la reproduction de l'insecte (perturbateurs de mue) alors que d'autres inhibent la production de chitine, élément constitutif majeur de l'exosquelette des insectes (**Batsch, 2011**). Les insecticides peuvent également cibler les larves et les œufs d'insectes.

Le **tableau05** : suivant résume la classification des pesticides selon le mode d'action (**Socorro, 2015**).

Herbicide	
<b>De contact</b>	Agit sur les parties de la plante avec lesquelles il entre en contact.
<b>Systémique</b>	Absorbé par la plante, se déplace à l'intérieur de celle-ci.
<b>Sélectif</b>	Ne contrôle que certaines plantes traitées.
<b>Non-sélectif</b>	Contrôle toutes les plantes traitées.
<b>Résiduaire</b>	Se dégrade lentement et contrôle les plantes sur une longue période.
<b>Non-résiduaire</b>	Est rapidement inactif après son application et ne contrôle les plantes que sur une courte période
Fongicide	
<b>Préventif</b>	Protège la plante en empêchant que la maladie ne se développe
<b>Curatif</b>	Réprime une maladie qui est déjà développée
Insecticide	
<b>De contact</b>	Agit lorsque l'insecte entre en contact avec le produit.
<b>D'inhalation</b>	Agit lorsque l'insecte respire le produit.

### II.8 Impacts des pesticides sur l'environnement et la santé humaine :

Lorsque les pesticides 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 (**Commission Européenne, 2007**), Du fait de leur écotoxicité, de leur potentiel de bioaccumulation et de leurs actions endocriniennes, ces molécules présentent un risque pour l'environnement en général (**Schrack & Coquil et al., 2009**). Ils peuvent aussi affecter d'une façon non négligeable l'homme. Pour cela, les pesticides posent un réel problème de santé publique puisque l'ensemble de la population est susceptible d'être exposée (**Camard & Magdelaine, 2010**).

#### II.8.1 Impact environnemental :

Selon **Queyrel (2017)**, l'entrée des pesticides dans l'environnement se fait généralement lors de l'application en plein champ, des pertes peuvent se produire. En effet au cours d'une pulvérisation, une partie du traitement se transfère par le vent ou l'évaporation et constitue les pertes appelées « dérives » (**Figure 17**). L'impact des pesticides sur l'environnement varie en fonction d'un grand nombre de facteurs dont :

- La persistance du pesticide dans l'environnement (durée de demi-vie).
- Le temps d'exposition.
- La dose et la toxicité.
- La sensibilité relative des organismes ou de l'écosystème exposés.
- L'âge de l'organisme exposé.

##### II.8.1.1 Effets sur les sols :

La cause la plus répandue de la contamination des sols résulte d'une pollution diffuse due à l'usage systématique des pesticides en agriculture (**Ramade, 2005**). Sachant que ces derniers peuvent affecter la fertilité du sol à long-terme mais leur action est mal connue et elle dépend de plusieurs facteurs, ces substances affectent aussi les vers de terre, le mycorhize symbiotique et d'autres organismes (**Isenring, 2010**).

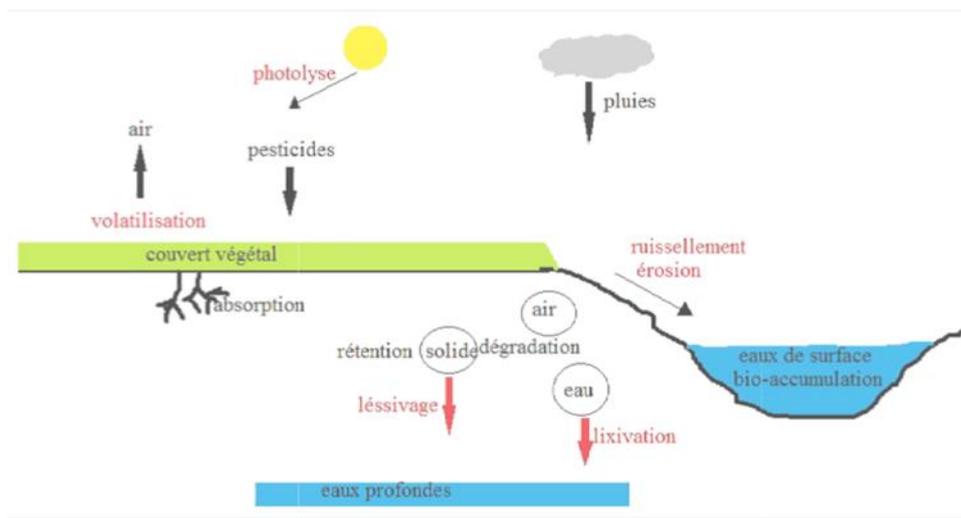
## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

Des millions d'hectares sont traités et les produits phytosanitaires se retrouvent éventuellement dans la couche d'humus, la nappe phréatique et l'aquifère. Il peut paraître surprenant qu'il ait fallu attendre 1987 pour que les scientifiques reconnaissent que les produits chimiques agricoles et industriels ne pouvaient se dégrader rapidement dans le sol, ni s'en évaporer facilement (**Morgan, 1992**).

La contamination du sol peut endommager les plantes ou laisser des résidus, nuire aux bactéries du sol et aux vers de terre, contaminer l'eau potable et d'irrigation.

Les processus suivants déterminent le comportement des pesticides dans les sols :

- Dégradation par les micro-organismes
- Dégradation chimique (hydrolyse ou oxydoréduction par exemple)
- Rétention par des composants organiques et minéraux
- Absorption par les racines des plantes
- Volatilisation
- Effet de dilution par les mouvements de l'eau (**Anonyme, 2006a**).



**Figure 17** : Schéma du devenir des pesticides dans l'environnement (**El Mrabet et al., 2008**)

### II.8.1.2 Effets nocifs sur la microflore du sol :

Les micro-organismes du sol sont les principaux agents du recyclage des éléments dans le sol et, plus généralement, de la fertilité des sols agricoles. Ces derniers sont aussi la voie de passage obligée de nombreuses molécules xénobiotiques dont certaines représentent une menace en raison de leur impact écotoxicologique (**Soulas, 1999**).

La microflore est essentielle pour le maintien de la fertilité du sol. Or, même si les traitements sont les plus souvent appliqués sur les parties aériennes des plantes, plusieurs études ont montré que l'emploi massif des pesticides peut avoir des répercussions majeures sur les autres invertébrés (**Relyea, 2009**).

De nombreuses études montrent que les produits phytosanitaires peuvent avoir des effets néfastes plus ou moins marqués sur ces organismes. Ces effets peuvent être le résultat d'une exposition à de fortes concentrations et/ou à des contacts prolongés avec la substance à de faibles concentrations (**Calvet & Charnay, 2002 ; Alix et al., 2005**).

Le nombre, les caractères physiques et chimiques et la diversité de la flore microbienne peuvent être aussi modifiées par les pesticides (**Kucharski et al., 2016**).

La toxicité des pesticides vis-à-vis des organismes du sol varie avec la dose, la formulation, le type de traitement, le type de sol, les techniques de travail du sol, les conditions climatiques et bien sûr de l'espèce elle-même (**Severin, 2002**).

### II.8.1.3 Effet sur l'eau :

Comme il ne peut y avoir de vie sans eau, la présence des pesticides organiques de synthèse dans cette composante essentielle de tout être vivant est donc une préoccupation majeure (**Reagnault-Roger & Fabres et al., 2008**).

Une des conséquences environnementales majeures de l'agriculture intensive actuelle est la dégradation de la qualité des eaux de surfaces et souterraine, les pesticides peuvent facilement pénétrer dans le sol et les sources d'eau (**Mehri, 2008**). Cela peut se faire suivant trois voies d'écoulement soit par ruissellement où la concentration est en générale maximale, soit par le drainage artificiel des sols, soit par lixiviation (**BATCH, 2011**).

## **Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement**

---

En 2006, l'Institut Français de l'Environnement a publié que les derniers résultats de la contamination des eaux par les pesticides qui avait été détectée dans 90 % des eaux de surface analysées et dans 53 % des eaux souterraines, avec des niveaux de contamination variables. Pour les eaux superficielles, environ 42 % des points de mesure ont une qualité moyenne à mauvaise.

### **II.8.1.4 Effet sur la faune et la flore :**

Lorsqu'ils se retrouvent dans les milieux naturels (rivières, etc.), les pesticides peuvent avoir différents impacts sur la biodiversité **(Tellier et al., 2006)**.

Les pesticides agissent à différents niveaux d'organisation biologique : individus et populations, assemblages d'espèces et communautés, écosystème dans son ensemble **(Aubertot et al., 2005)**. Tous les organismes sont susceptibles d'être exposés aux pesticides et d'en subir des effets néfastes. Les effets sur les oiseaux, les poissons et les mammifères ont été souvent décrits. Les insectes non visés n'y échappent pas également et le cas le plus médiatisé est celui des abeilles **(Clavet et al., 2005)**. Les animaux absorbent les produits phytosanitaires via la nourriture ou l'eau d'alimentation, via l'air respiré ou au travers de leur peau. Ayant franchi diverses barrières, le toxique atteint le site du métabolisme où il est stocké. Cette exposition peut engendrer chez les mammifères toute une gamme d'effets toxiques dont les baisses spectaculaires de fertilité **(Aissaoui, 2013)**.

Les champignons et les bactéries jouent un rôle dans la nutrition des plantes mais certains champignons et certaines bactéries sont sources de maladies pour celles-ci. Dans le cas du traitement avec des fongicides et bactéricides, le remède est bien pire que le mal car on élimine une partie des populations fongique et bactérienne, ce qui aboutit à une perturbation de la nutrition des plantes, et de ce fait à une diminution du rendement moyen **(Maunoury, 2010)**.

### **II.8.2 Impact sur la santé humaine :**

L'homme peut également être exposé aux pesticides, soit directement lors de l'utilisation, soit indirectement, par la présence de résidus dans les différents milieux (air, eau et sol) et dans l'alimentation **(Dugeny, 2010)**.

## **Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement**

---

La contamination de l'homme par les pesticides peut se faire par différentes voies. Il peut les absorber via les aliments et l'eau ou par contact avec la peau ou encore par inhalation (**Ayad Mokhtari, 2012**). La maladie de Parkinson, a été reconnue en 2012 maladie professionnelle en lien avec les pesticides.

Les enfants semblent être plus vulnérables aux pesticides que les adultes. Leur comportement et leur système en développement font en sorte qu'ils sont plus exposés et plus sensibles aux effets potentiels des pesticides. La connaissance des effets à court terme (toxicité aiguë) soit en progression, les risques à long terme (toxicité chronique) restent difficiles à apprécier (**Pflieger, 2009**).

### **II.8.2.1 La toxicité aiguë (à court terme) :**

Elle se manifeste généralement pendant ou peu après exposition, généralement quelques minutes à quelques heures après l'exposition à une dose unique d'un pesticide (**Manono, 2016**). Selon la voie de pénétration et la dose du produit appliqué, différents symptômes peuvent se traduire des signes généraux (fatigue, fièvre,...), des signes cutanés (rougeurs, brûlure), des signes oculaire (démangeaison, rougeur oculaire, troubles visuels,...), des signes neurologiques (céphalées, vertiges, ...), des signes digestifs (nausées, vomissement, diarrhées,...) et des signes respiratoires (toux, gêne respiratoire, douleurs thoraciques,...).

**Par exemple : le Paraquat :** Herbicide très utilisé notamment en Algérie (sous le nom de Gramoxone), qui détruit à la fois les dicotylédones et les graminées, le Paraquat est très toxique en cas d'ingestion accidentelle ou de contamination cutanée importante (**Conso et al., 2002**).

### **II.8.2.2 La toxicité chronique (à long terme) :**

Les effets chroniques des pesticides sur la santé se manifestent soit à distance d'une exposition unique et intense, soit à la suite d'exposition de faibles intensités mais répétées dans le temps (**Regnault-Roger et al., 2005**).

Les signes sont souvent difficiles à reconnaître et le délai avant l'apparition de la maladie peut être très long. Parfois, celle-ci survient alors que la personne n'est plus exposée aux pesticides depuis des années. Il peut, par ailleurs, être difficile de faire le

## **Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement**

---

lien entre l'exposition chronique aux pesticides et les symptômes observés en raison de cette période de latence caractéristique. Les symptômes peuvent se présenter sous forme de : fatigue, fréquents maux de tête, manque d'appétit, perte de poids (**SAMUEL et SAINT-LAURENT, 2001**).

### **II.9 Le devenir des pesticides dans l'environnement :**

Lors du traitement des cultures, la majeure partie des quantités de pesticides apportées n'atteignent pas le ravageur visé. Alors la connaissance du devenir des pesticides dans l'environnement est nécessaire à toutes estimations de leurs risques sur l'environnement et les êtres vivants. En raison de leur persistance dans les milieux naturels, l'utilisation de ces dernières poses des problèmes d'ordre agronomique et environnemental, considèrent que cette persistance est le résultat de tout un ensemble de processus physiques, chimiques et biologiques qui se déroulent simultanément ou successivement dans le sol (**Calvet & Charnay., 2002**).

D'une façon générale, le devenir des pesticides dans le sol met en jeu trois grands processus : la rétention, la dégradation et les transferts (**Tekaradellas et al., 1997, in Calvet & Charnay, 2002**).

#### **II.9.1 La rétention :**

La rétention est le passage des molécules sur la phase solide du sol à partir, soit de la phase gazeuse, soit de la phase liquide (solution du sol) (**Calvet & Charnay, 2002**). C'est un processus qui immobilise plus au moins longtemps les molécules de pesticides ou de leurs produits de transformation, qu'elles soient dissoutes ou à l'état gazeux ; c'est pourquoi certains auteurs parlent aussi d'immobilisation. Autrement dit, la rétention des pesticides dans le sol réduit leur mobilité et diminue ainsi, au moins temporairement, leur transfert vers l'air ou l'eau (**Aubertot et al., 2011**).

#### **II.9.2 La dégradation des pesticides :**

La dégradation est un processus clé dans le devenir des pesticides dans le sol. Elle est due à de nombreuses transformations abiotiques (physico-chimiques) ou biotiques (biologique). Ces modifications peuvent être partielles, par l'élimination d'un groupe

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

---

fonctionnel ou complète jusqu'à la production de molécules minérales (la minéralisation) (Calvet et al., 2005).

Il existe différents paramètres influençant la dégradation des pesticides : la nature du sol (structure, texture, flore microbienne, oxygénation, matières organiques), la teneur en eau, la température et le PH.

En Chine, **Xiu et al. (2011)** ont abouti à l'isolement et à la caractérisation d'une souche, *Azospirillum brasilense*, capable de dégrader le cerbendazime, et étaient capables d'utiliser ce fongicide comme seule source de carbone et d'azote. Ces chercheurs avaient mentionné que ce composant est biodégradable par d'autres bactéries comme : *Ralstonia* sp. 1-1, *Pseudomonas* sp, et *Bacillus pumilus* NY97-1.

On distingue :

### II.9.2.1 La dégradation abiotique :

C'est la dégradation de produits phytosanitaires par les interactions avec les produits chimiques du sol. Elle est plus importante dans les zones où l'activité biologique est réduite. Elle est faite par les réactions d'hydrolyse, de déshydrohalogénéation, d'oxydoréduction et de photolyse (Amalric al., 2003).

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 (Calvet et al., 2005).

### II.9.2.2 La dégradation biologique (la biodégradation) :

Pour la plupart des auteurs, la dégradation des pesticides dans les sols est réalisée essentiellement par voie microbienne (Severin, 2002).

C'est la voie de dégradation la plus importante qui conduit à la disparition ou à la transformation des pesticides en éléments de base (dioxyde de carbone, eau et sels minéraux (N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>...),...) sous l'action des micro-organismes du sol qui les utilisent comme une source d'énergie.

## Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement

---

La dégradation biologique dépend de plusieurs facteurs :

- Paramètres du sol tel que la température et l'humidité (plus le sol est humide et chaud plus la dégradation est rapide), le pH, la fertilité et la texture.
- Le nombre et le taux de l'activité des micro-organismes (qui dépend de la teneur du sol en éléments énergétiques).
- La composition et la structure chimique des pesticides (**Amalric et al., 2003**)

Selon leur matériel enzymatique, les microorganismes vont pouvoir dégrader partiellement ou totalement les pesticides présents dans le sol. Parmi les différents mécanismes de transformation, on distingue la dégradation métabolique et la dégradation co-métabolique (**Lucas et al., 2008**).

La dégradation métabolique concerne les organismes qui ont le matériel enzymatique nécessaire pour utiliser la matière active comme source de carbone et/ou d'azote entraînant la dégradation totale du pesticide (**Soulas, 1985**).

Dans le cas de la dégradation co-métabolique, les microorganismes utilisent un autre substrat dans le milieu pour dégrader la molécule. Ce processus génère une dégradation partielle du pesticide et entraîne la formation de métabolites (**Soulas, 1985**).

Les micro-organismes peuvent être impliqués dans la dégradation des pesticides selon cinq mécanismes d'action (**Bollag et Liu, 1990**) :

- Le métabolisme direct : qui fait des pesticides une source d'énergie utilisée pour la croissance des micro-organismes,
- Le Co métabolisme: il s'agit de transformations chimiques des pesticides mais ils ne sont pas une source d'énergie pour les micro-organismes,
- La conjugaison : ce sont des réactions chimiques, catalysées par des enzymes exocellulaires, entre les pesticides et d'autres pesticides ou d'autres molécules présentes dans la solution du sol,
- L'accumulation : les pesticides ou leurs métabolites sont stockés dans les corps microbiens ; il s'agit là, probablement d'une des causes de la stabilisation,
- Les effets secondaires dus à l'activité des micro-organismes qui peut entraîner des modifications de l'environnement chimique (consommation d'oxygène,

production de composés organiques) et de l'environnement physicochimique (pH) qui facilitent ou limitent les transformations chimiques des pesticides. Ils sont un des facteurs intervenant dans la dégradation.

### II.10 Transfert des pesticides :

Les processus de transfert impliqués sont divers et les quantités transférées sont en fonction des caractéristiques physico-chimiques des pesticides et des sols mais aussi des conditions climatiques (**Beigel et al., 1999**).

#### II.10.1 Transfert vers le sol :

Il s'agit, soit de l'entraînement d'un pesticide en solution par ruissellement, soit de l'entraînement de molécules à la phase solide par transport particulaire ou érosion (**Calvet & Charnay, 2002**). Selon les mêmes auteurs, Les facteurs les plus déterminants et qui ont une influence directe pour ces transferts sont liés au milieu, tels que la pente du terrain, présence et nature du couvert végétal, caractéristiques des précipitations (intensité, durée de la période entre le traitement et la pluie provoquant le ruissèlement), façons culturales, stabilité structurale du sol et durée de présence des substances à la surface du sol.

#### II.10.2 Transfert vers l'air:

Le transfert des pesticides dans l'air dépend de la nature du produit et de sa dimension (Il semble important d'éviter les gouttes de taille inférieure à 100µm car elles n'atteindront probablement pas leur cible (Charbonnel, 2003). La perte des pesticides par pulvérisation peut atteindre 30 à 50% vers l'air (**Aubertot & Barbier et al., 2005**).

#### II.10.3 Transfert vers les eaux :

Le transport des pesticides vers les eaux de surface est réalisé sous forme dissoute et sous forme particulaire. A la surface du sol, le ruissellement qui est responsable de ce transfert peut être déclenché lorsque la pluie dépasse la capacité d'infiltration du sol ou bien par le débordement de la nappe. Dans ce cas, le transfert s'effectue sous forme dissoute et particulaire. Dans le sol, il peut également y avoir un écoulement horizontal de subsurface (hypodermique). La présence d'une couche relativement

## **Chapitre II : les pesticides et leurs néfastes sur l'environnement**

---

imperméable à faible profondeur favorise ce genre d'écoulement et les caractéristiques du sol déterminent l'importance de cet écoulement (**Musy, 2005**).

La lixiviation est le processus de transfert, permet, en milieu non saturé en eau, de transférer des pesticides jusqu'aux nappes souterraines au cours de l'infiltration. Son importance est fonction du partage avec le ruissellement. Les modalités d'infiltration de l'eau dépendent des caractéristiques pédologiques et expliquent les différences observées entre les prélèvements dans des piézomètres voisins (**Calvet *et al.*, 2005**).

La biodégradation est réalisée essentiellement par des processus impliquant des microorganismes de toutes sortes (bactéries, champignons, telluriques) (**Regnault-Roger, 2014**).

Plusieurs microorganismes du sol, ont montré leurs capacités à biodégrader une variété importante de pesticides. Ces capacités métaboliques se traduisent généralement par la production d'enzymes extracellulaires. La liste de ces bactéries est très grande et les chercheurs tentent de trouver le microorganisme le plus efficace, le plus rapide et le plus adapté aux écosystèmes à dépolluer.

Parmi les genres fongiques qui jouent le rôle dans la décomposition de la matière organique : *Mucor*, *Mortierella*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria* et *Botrytis* (**Maier et al., 2000**). Parmi les Gram négatifs hétérotrophes, de très nombreuses espèces peuvent utiliser une grande variété de composés organiques comme source de carbone et d'énergie : *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Azospirillum*, *Klebsiella* (**Davet, 1996**). Parmi les bactéries à Gram positif, les actinomycètes jouent un rôle très important dans la biodégradation des matières organiques les plus divers (**Belfarkh et Meghoura, 2016**). Il a été aussi prouvé que les actinomycètes dégradent intensivement la chitine, la cellulose, l'amidon ou le xylane. Aussi certains dégradent activement les pesticides (**Djaballah, 2010 ; Boudemagh et Hocinat 2016**).

### III.1 Les actinomycètes en tant qu'agents de biodégradation :

Les actinomycètes ont un potentiel considérable pour la biotransformation et biodégradation des pesticides. Certains membres de ce groupe de bactérie gram-positif ont la capacité de dégrader les pesticides avec très différentes structures chimiques, y compris les organochlorés, s-triazines, triazinones, les carbamates, les organophosphorés, acétanilides, et sulfonilurées. Un nombre limité de ces pesticides xénobiotiques peut être minéralisée par des isolats simples, mais souvent des consortiums de bactéries sont nécessaires à la dégradation complète (**De Schrigver, 1999**).

#### III.1.1 *Streptomyces* Sp :

Le genre *Streptomyces* possède un pouvoir de dégradation considérable. Il a été démontré que 17 souches, identifiées comme *Streptomyces* sp. ont été capables de

dégrader le Diuron, qui est un puissant désherbant (**Castillo et al., 2006**). 93 colonies appartenant au groupe des actinobactéries ont été isolées à partir des eaux usées et ont été testés contre 11 pesticides organochlorés notamment l'Aldrin, chlordane, DDD, DDE, DDT, dieldin, heptachlor, l'éptachlorepoxydes, lindane et le methoxychlor (**Benimeli et al., 2003**). Parmi ces bactéries, quatre souches identifiées comme étant *Streptomyces* sp ont été sélectionnées pour leurs activités positives contre ces pesticides. Dans un autre travail mené par (**Benimeli et al., 2007**). Plusieurs souches appartenant à ce genre sont capables de dégrader : le lindane, le DDT, la simazine (**Anurag et al., 2005 ; Benimeli et al., 2007**).

### III.1.2 *Rhodococcus* sp :

Certains pesticides persistants comme le Thiocarbamate et le S-triazine peuvent être catabolisés par des actinomycètes appartenant aux genres *Rhodococcus* (**De Schrijver et De Mot, 1999**).

La dégradation du Bromoxynil est assurée aussi par la bactérie *Rhodococcus rhodocrous* (**Topp et al., 1992**). Les *Rhodococcus* sont des germes très intéressants par la diversité de leurs actions dépolluantes sur les hydrocarbures, les pesticides et les herbicides et bien d'autres molécules polluantes de la nature (**Crawford In Pelmont, 2005**).

La souche *Rhodococcus opacus* SAO101 pousse sur les milieux contenant le phénol, 4-nitrophénol, biphényl, naphthalène, dibenzofurane et dibenzo-p-dioxin qui font partie de la composition de certains pesticides (**Kimura and Urushigawa, 2001**).

### III.1.3 *Nocardia* sp :

Les actinomycètes du genre *Nocardia* sp est efficace dans la dégradation de certains pesticides, tel que : l'herbicide Dalapon (**Martin et al., 1998**) et le fongicide ortiva (**Hocinat et Boudemagh, 2015**). Ils sont capable de dégrader l'insecticide DDT en DDD par une réaction de dechlorination et le BCNB en pentachloraniline durant la phase de croissance. L'effet du fongicide azoxystrobine sur les microorganismes du sol capable de se développer sur les milieux pauvres. Ils ont rapporté que ce fongicide a stimulé la croissance de *Nocardia* (**Osman et al., 2005**).

### III.1.4 *Flavobacterium* sp :

Dans des travaux sur les actinomycètes ont prouvé que la dégradation des composés organophosphorés et de Coumaphos en 1973 il a été identifié comme étant *Flavobacterium* sp (Singh et al., 2006). Le Diazinon est également dégradés par une espèce appartenant à *Flavobacterium* (Sethunathan et Yoshida, 1973).

### III.1.4 *Nocardioides* sp :

En l'an 2000, Mulbry a démontré que *Nocardioides simplex* NRRL B-24074, possède un système d'enzymes capable de la dégradation du coumaphos. *Pseudaminobacter* et *Nocardioides* sp sont capables de dégrader l'atrazine. L'étude a montré que la minéralisation de l'atrazine est rapide chez *Pseudaminobacter*, alors qu'elle prend plusieurs jours chez *Nocardioides* sp et temps de demi-vie de l'atrazine est de 5 jours pour les *Pseudaminobacter* inoculé du sol et de 3 jours pour *Nocardioides* inoculé du sol (Topp, 2001).

### III.1.5 *Micromonospora* sp :

L'alachlore, le diuron, le lindane, le chlordane, le méthoxychlore et la cyperméthine peuvent être dégradés par *Micromonospora* sp (Giri et al., 2005). La croissance de *Micromonospora* s'est avérée être associée à l'application de l'insecticide endosulfan  $\beta$  (Elsaid et al., 2009).

### III.1.6 *Mycobacterium* sp :

Selon, (Elsaid et al., 2009), l'application de l'insecticide endosulfan plus l'urée et les engrais phosphatés ont augmentés le nombre de *Mycobacterium*.

### III.1.7 *Arthrobacter* sp :

Plus récemment, Huiling et al. (Huiling et al., 2014) ont révélé que certaines espèces d'*Arthrobacter* ont un rôle dans la dégradation de plusieurs pesticides et sont proposées pour le traitement des eaux usées. La dégradation du diazinon a été également signalée pour deux souches d'*Arthrobacter* sp (Barik et al, 1979).

### III.2 Biodégradation des pesticides par les microorganismes autres que les actinomycètes :

Plusieurs microorganismes sont décrits dans la littérature dégradant les pesticides. Parmi les bactéries reconnues pour leur pouvoir de dégradation, nous pouvons citer celles appartenant aux genres : *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Ralstonia*, *Pseudomonas*, *Mycoplana*, *Flavobacterium*, *Sporocytophaga*, *Sphingomonas*, *Burkholderia*, *Variovorax*, *Mesorhizobium* et *Bradyrhizobium* (Chaudhry et Chapalamadugu, 1991 ; Ka et al., 1994 ; Fulthorpe et al., 1996 ; Kamagata et al., 1997 ;Vallaeyes et al., 1998 ; Macur et al., 2007).

#### III.2.1 Les insecticides :

##### III.2.1.1 Le parathion :

*Pseudomonas* sp est capable d'hydrolyser le parathion pour donner le p-nitrophénol et le thiophosphate de diéthyle (Singh et Walker., 2006). Ces deux composés sont produits également chez *Pseudomonas stutzeri* après la dégradation du parathion co-metaboliquement (Kanekar et al., 2004).

Plusieurs espèces de *Bacillus* ont montrés la capacité de dégrader le parathion par la réaction d'hydrolyse (Nelson, 1982). La même chose est observée avec *Pseudomonas putida* utilisant le parathion comme source de carbone et d'énergie (kumari, 1994). Des travaux similaires ont montrés également la dégradation de ce pesticide par *Bacillus* sp (Sharmila et al., 1989).

##### III.2.1.2 Le malathion :

Dans une autre étude mené par (Zeinat et al., 2008), *Bacillus thuringiensis* peut dégrader le malathion dans des milieux minimum salins.

##### III.2.1.3 Le chlorpyrifos :

La souche *Pseudomonas desmolyticum* NCIM 2112 est capable de dégrader le chlorpyrifos en métabolite non toxique par la conversion de ce pesticide en 2-pyridinol ou en thiophosphate (kedar et al., 2013). La dégradation in vitro du chlorpyrifos a été rapportée aussi chez *Pseudomonas diminuta* (Serdar et al., 1982). Certains champignons comme *Phanerochae techryso sporium* sont capables de minéraliser le chlorpyrifos. (Yu et al., 2006).

#### III.2.1.4 Le monocrotophos :

*Pseudomonas aeruginosa* F10B et *Clavibacter michiganense* ssp. *insidiosum* SBL font partie des bactéries capables d'utiliser le monocrotophos comme source de phosphore, mais pas comme source de carbone (Singh et Singh, 2003).

Une étude réalisée par Bhadbhade et al., en 2002, ont montré que *Pseudomonas mendocina* est capable de dégrader le monocrotophos, les gènes responsables de cette biodégradation sont plasmidiques.

#### III.2.1.5 Le coumaphos :

*Rhodopseudomonas palustris* peut dégrader les acides cinnamiques et le 4-coumarique. *Ralstonia* sp LD35 dégrade également un composé analogue (Harwood et Gibson, 1988).

Horne et al., (2002) ont isolés un *Agrobacterium radiobacter* P230 capable d'hydrolyser le coumaphos à partir d'une culture d'enrichissement contenant ce dernier comme seule source de phosphore. Le Coumaphos est dégradé par *Pseudomonas diminuta* (Serdar et al., 1982), et *Enterobacter* sp. B-14 (Singh et al., 2004).

#### III.2.1.6 le fénamiphos :

*Brevibacterium* sp. MM1 hydrolyse le fénamiphos et ses produits d'hydrolyse, mais ne peut pas utiliser ces produits d'hydrolyse comme sources d'énergie (Megharaj et al., 2003).

La dégradation du sulfonate toluène (un métabolite de la dégradation du fénamiphos) est assurée par la bactérie *Comamonas testosteroni* T-2 (Hooper et al, 1990).

Les cyanobactéries interviennent aussi dans la transformation des fenamiphos en composants stables et non toxiques (Caceres et al., 2008).

#### III.2.1.7 Le DDT :

Il existe Plusieurs autres microorganismes capables de dégrader le DDT comme le cas d'*Escherichia coli*, *Enterobacter aerogens*, *Enterobacter cloacae*. *Klebsiella pneumonia*. *Pseudomonas aeruginosa*. *Pseudomonas putida*. *Bacillus species*. *Hydrogenomonas*,

*Saccharomyces cerevisiae*. *Phanerochaete chrysosporium*. *Trichoderma viridae* (**Chauhan et al., 2015**).

Plus récemment, **Pan et al., 2016** ont prouvés que 1,1,1-trichloro-2,2-bis (p-chlorophényl) éthane est capable d'utiliser (DDT) comme seule source de carbone et d'énergie a été isolée à partir d'un sol contaminé qui a été identifiée comme *Stenotrophomonas* sp.

### III.2.1.8 Les Carbamates :

Selon, (**Slaoui et al., 2007**), il existe en tout, plus de 30 différents microorganismes capables de dégrader ce pesticide.

Le groupe carbofuran qui fait partie des carbamates, peut être traité par *Paracoccus* sp. YM3, Cette bactérie utilise le carbofuran comme seule source de carbone (**Peng et al., 2008**).

Ainsi que La souche de *Sphingomonas yanoikuyae* peut dégrader les carbamates et les pyréthrinés (OP) avec une grande efficacité dans la méthode de culture enrichissante (**Ouyang et al., 2008**).

### III.2.1.9 Les cyperméthrinés :

Différentes bactéries possèdent le potentiel de dégrader les cyperméthrinés à des pourcentages ne dépassant pas les (1%) on cite : *Pseudomonas aeruginosa* , *Klebsiella* sp., *Escherichia coli*, *Bacillus* sp et *Corynebacterium* (**Murugesan et al., 2010**).

Dans une étude récente (**Tallur et al., 2008**), la souche *Micrococcus* sp possède la capacité de dégrader la cyperméthrine par une réaction enzymatique.

## III.2 Les Herbicides :

### III.2.2.1 L'atrazine :

Dans les sols, l'atrazine est dégradée par action microbienne aérobie et par hydrolyse, en ses résidus principaux, soit en ordre décroissant la biethyl -atrazine (DEA), la déisopropyl -atrazine (DIA), la diaminochloro-atrazine (DACA), ainsi que l'hydroxy-atrazine (**Berrah, 2011**).

La plupart des études ont porté sur l'Atrazine. Ils ont mis en évidence l'intervention des bactéries telles que le genre *Pseudomonas*, et de certains champignons (*Penicillium*, *Fusarium roseum*, *Aspergillus niger*) (Pelmont, 2005), ainsi que *Trametes versicolor* (Bastos et Magan, 2009).

### III.2.2.2 la métribuzine :

Diverses espèces de champignons ont été isolées provenant de sols contaminés par des pesticides. Les espèces les plus fréquemment isolées étaient *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *A. terreus*, *Absidia* et *Rhizopus microsporus*. Dans ce rapport, 53 des espèces isolées ont été notées pour leur capacité à dégrader l'herbicide métribuzine en milieu liquide. Il a été démontré, en même temps, que l'herbicide a favorisé la croissance des genres *Absidia* et *Fusarium* (Bordjiba et al., 2001).

Ces genres étaient capables d'éliminer les 50% du composé après 5 jours. Dans la même étude l'espèce *Botrytis cinerea* ainsi que plusieurs autres bactéries, pourraient éliminer presque complètement l'herbicides metribuzine.

### III.2.2.3 Le Glyphosate :

Parmi les herbicides qui altèrent la synthèse d'acides aminés aromatiques on retrouve le glyphosate qui est un herbicide de contact employé en post-levée sur les plantes annuelles, bisannuelles ou vivaces, les graminées (Aprifel, 2004).

Dans un autre travail, Une bactérie thermophile, *Geobacillus caldoxylosilyticus* T20 a été isolé à partir d'un système de chauffage central qui dégrade également le glyphosate, en utilisant le composé en tant que seule source de phosphore (Obojska et al., 2002 ).

La voie de conversion du glyphosate à l'acide amino-méthylphosphonique a été observée dans l'action d'*Alcaligenes* sp. (Tolbot et al., 1984), *Bacillus megaterium* souche 2BLW (Quinn et al., 1989), plusieurs espèces de *Rhizobium* (Liu et al., 1991), trois espèces d'*Agrobacterium* (Liu et al., 1991) et *Rhizobium meliloti* (Park et Hausinger, 1995 ).

Dans des travaux relativement anciens, la dégradation fongique du glyphosate a été signalée la première fois par *Penicillium citrinum* (Zboinska et al., 1992). Le premier rapport d'utilisation du glyphosate comme source d'azote par un microorganisme a été signalé pour

*Penicillium chrysogenum* (Klimek et al, 2001). La capacité de la dégradation du glyphosate existe aussi chez les souches de *Trichoderma harzianum*, *Scopulariopsis spand* et *Aspergillus Niger* (Krzysko et al., 1997).

### III.2.3 Les fongicides :

#### III.2.3.1 Le captan :

Le fongicide phthalimide captan a été largement utilisé pour contrôler les champignons pathogènes des plantes. Une souche de *Bacillus circulans* a utilisé le fongicide captan comme seule source de carbone et d'énergie (Veena et al., 2010).

#### III.2.3.2 Triazole propiconazole :

La biodégradation du fongicide triazole propiconazole a été réalisée in vitro par certaines souches de *Pseudomonas* isolées de la rhizosphère du thé. Un nombre total de douze souches ont été isolées et testés pour la tolérance au propiconazole (Sarkar et al., 2009).

#### III.2.3.3 Le PCP :

Le Pentachlorophénol ou PCP est un biocide organochloré. La biodégradation anaérobie PCP a été étudiée dans des bioréacteurs rotatifs composés de 200 g de sol et de 250 ml de milieu liquide. Les bioréacteurs ont été inoculés avec *Desulfitobacterium .frappieri* souche PCP-1 (1 04 à 107 bactéries PCP-1/ml), une bactérie possédant la capacité de déshalogéner le PCP en 3-monochlorophénol (3-MCP) (Lanthier, 1999).

La biodégradation du PCP est possible avec ou sans oxygène. Le chemin métabolique a été analysé en détail dans un *Burkholderia cepacia* (Allister et al., 1996).

# **Matériel et méthodes**

## 1. Prélèvement des échantillons :

Les échantillons utilisés dans cette étude, ont été prélevés à partir d'un sol agricole traité par des pesticides pendant plusieurs années, après avoir écarté les cinq premiers centimètres de sol, une quantité suffisante de terre est prélevée, jusqu'à 10 centimètres de profondeur, de plusieurs endroits de ce sol, puis déposée à l'aide d'une spatule stérile sur une feuille d'aluminium stérile. Les échantillons ont été broyés et tamisés à travers un tamis de 2 mm et ensuite ils sont récupérés dans un flacon stérile, puis transportés au laboratoire où ils sont immédiatement analysés.

## 2. Isolement des souches :

### 2.1 Isolement des bactéries :

Les ensemencements sont effectués par la méthode de suspension-dilutions. 10g de sol pollué sont mis dans 90ml d'eau physiologique stérile (NaCl 9 g.L<sup>-1</sup>), (dilution 10<sup>-1</sup> est réalisée). Après agitation pendant 20 min à l'aide d'un vortex, des dilutions décimales de 10<sup>-2</sup> jusqu'à 10<sup>-9</sup> sont réalisées (**Kitouni, 2007**). Ensuite 0,1 ml de chaque dilution (10<sup>-1</sup> à 10<sup>-9</sup>) est ensemencé en surface sur des milieux de culture.

Après ensemencement les boîtes sont incubées à 27°C pendant 24 à 48h.

### 2.2 Isolement des moisissures :

Les ensemencements sont effectués par la méthode de suspension-dilutions. On met en suspension 10g du sol pollué dans 90mL d'eau physiologique stérile (NaCl 9 g.L<sup>-1</sup>), (dilution 10<sup>-1</sup> est réalisée). Après agitation pendant 20 min à l'aide d'un vortex, des dilutions décimales de 10<sup>-2</sup> jusqu'à 10<sup>-9</sup> sont réalisées (**Kitouni, 2007**). Puis on étale 1mL de chaque dilution à la surface de milieu de culture.

Après ensemencement, les boîtes sont incubées à 25°C pendant 5 à 7 jours.

## 3. Purification :

Afin d'obtenir des souches pures, les différentes colonies obtenues sont repiquées et purifiées par la méthode des stries sur le milieu GN (**Annexe N°01**) pour les colonies bactériennes et sur milieu PDA (**Annexe N°01**) pour les colonies de moisissures.

#### 4. Conservation des souches isolées :

Les souches bactériennes isolées sont conservées sur milieu GN (**Annexe N°01**), en gélose inclinée par ensemencement en stries, après incubation à 27 °C pendant 24 à 48h, les cultures sont conservées à 4°C.

Les souches de champignons sont ensemencées sur milieu PDA (**Annexe N°01**), en gélose inclinée, après incubation à 25 °C pendant 7 jours, les cultures sont conservées à 4°C.

#### 5. Identification des souches isolées:

Les souches microbiennes isolées sont identifiées par les méthodes classiques, par la détermination de leurs caractères morphologiques.

##### 5.1 Identification bactérienne :

###### 5.1.1 Observation macroscopique:

L'observation de l'aspect macroscopique des colonies isolées permet d'effectuer une première caractérisation, avec une orientation possible des résultats au cours de l'identification.

D'après (**Joffin et Leyral, 2001**), les éléments d'identifications macroscopiques sont :

- **La forme des colonies** : punctiforme, irrégulières,...etc.
- **La taille des colonies par la mesures du diamètre** : petite ; moyenne ou grande taille.
- **La pigmentation** : couleur de la colonie.
- **L'élévation** : bossue, convexe, plane.
- **L'opacité** : opaque, translucides, transparente
- **Aspect** : lisse, rugueuse, sèche.

###### 5.1.2 Observation microscopique:

- **A l'état frais:** une préparation à l'état frais permet d'examiner la mobilité des microorganismes et d'en déceler la forme.

- **Coloration de Gram:** les souches isolées sont fixées et colorées selon la méthode de Gram. Cette coloration permet de différencier les bactéries en deux groupes, en fonction de la couleur obtenue: les Gram positifs et les Gram négatifs. **(Annexe N°03).**

## 5.2 Identification des champignons :

### 5.2.1 Observation macroscopique :

La détermination de l'aspect macroscopique des colonies est faite directement sur la gélose PDA, en observant la face et le revers des boîtes. Il s'agit de la détermination de la forme, la taille, la couleur, le contour et la texture de la souche **(Botton et al. 1990).**

L'identification se fait à l'œil nu et elle se base essentiellement sur les caractères suivants :

- La vitesse de croissance (rapide, moyenne, lente)
- La texture des colonies
- La couleur des colonies
- La couleur du revers de la culture
- Le mode de reproduction

### 5.2.2 Observation microscopique :

- **Méthode directe :**

Un fragment de la colonie est prélevé à l'aide d'une anse de platine et déposé sur une lame porte-objet dans une goutte de colorant lactophénol, puis recouvert avec une lamelle couvre-objet qui fait écrasée la préparation.

L'observation est réalisée sous microscope optique à différents grossissements (40X) **(Botton et al., 1990, Chabasse et al., 2002).**

- **Méthode de Ruban adhésif :**

Un petit morceau du ruban adhésif est appliqué par la face collante sur la colonie puis déposé sur une lame porte-objet. Puis observer au microscope à l'objectif (×40) **(Joffin, 2013).**

## 6. Etude de la biodégradation des pesticides :

### 6.1. Les Pesticides utilisés et caractéristiques :

#### 6.1.1 Caractéristiques des herbicides utilisés :

- L'Apyros (75% sulfosulfuron) sous sa forme commerciale, qui est largement utilisé en Algérie, il est obtenu à partir des revendeurs des produits phytosanitaires, c'est un herbicide de la famille des sulfonilurées et utilisé contre la lutte contre des adventices graminées et certains dicotylédones (**Annexe N°02**).
- Le glyphosate Il s'agit d'un herbicide systémique non sélectif, absorbé par les feuilles et véhiculé par la sève jusqu'à l'extrémité des racines et rhizomes. L'Herbasate est efficace sur pratiquement toutes les mauvaises herbes annuelles ou vivaces. (**Annexe N°02**).
- Monuron Fournis aimablement par C'est une substance à 99% pure. Cet herbicide est non-sélectif inhibant la photosynthèse. Il est utilisé contre plusieurs graminées et mauvaises herbes dans les surfaces de terre non cultivées (**Annexe N°02**).

#### 6.1.2 Caractéristiques des fongicides utilisés :

- Hexonate est un fongicide à large spectre pour la lutte préventive et curative, il contient 50g/l d'Hexaconazole et appartient à la famille chimique des triazoles systémiques. Il agit efficacement sur un grand nombre de champignons et parasites rencontrés dans les cultures arboricoles, maraichères et vignes. (**Annexe N°02**).
- Duoplus c'est aussi l'un des fongicides les plus utilisés en Algérie, utilisé sur les cultures de céréales contre la Rouille/ Septoriose et les Oïdium (**Annexe N°02**).

### 6.2. Les Souches utilisées :

#### 6.2.1 Les bactéries :

- *Pseudomonas* spp
- *Rhizobium* sp.
- *Bacillus* sp

### 6.2.2 Les champignons :

- *Trichoderma*
- *Aspergillus*

### 6.3. Préparation du milieu de culture :

Le milieu minimal MM (**Annexe N°01**) est utilisé pour tester la capacité des actinomycètes purifiés a utilisé cet herbicide comme SSCE (**Ying et al., 2011**).

Les milieux gélose nutritif GN et milieu PDA (**Annexe N°01**) sont utilisés pour le repiquage des colonies isolées.

### 6.4. Etude de la biodégradation des pesticides :

L'étude de la dégradation des pesticides a été réalisée en testant les bactéries et champignons sélectionnés. Ces souches sont également testées sur différentes concentrations de chaque pesticide (0.5 g/l, 1 g/l, 3 g/l, 6 g/l, et 12 g/l) (**Benslama et Boulahrouf, 2013**).

Les pesticides sous forme liquide sont ajoutés au milieu minimum après filtration sur membrane de type millipore (de 0,22 µm de porosité). Les pesticides sous forme solide sont ajoutés au milieu minimum avant stérilisation par autoclavage.

Les boites ainsi préparées sontensemencées par des stries, puis incubées à 28 °C pendant 10 jours. La croissance des actinomycètes est estimée nulle (-), faible (+), modérée (++) ou abondante (+++). Deux contrôles sont réalisés dans les mêmes conditions, l'un servant de contrôle positif (non inoculé), l'autre servant de contrôle négatif.

# **Travaux antérieurs**

Plusieurs travaux ont démontré que les pesticides utilisés dans l'agriculture peuvent être dégradés par certaines bactéries ou champignons du sol.

La capacité des souches à dégrader les pesticides se traduit par une bonne croissance sur le milieu, néanmoins une faible dégradation se manifeste par un nombre assez restreint de colonies, ceci est expliqué par la production des enzymes de biodégradation. L'absence totale de croissance sur le milieu est expliquée par l'incapacité de ces bactéries à produire des enzymes de biodégradation et à utiliser ces pesticides comme seule source de carbone **(Hocinat, 2018)**.

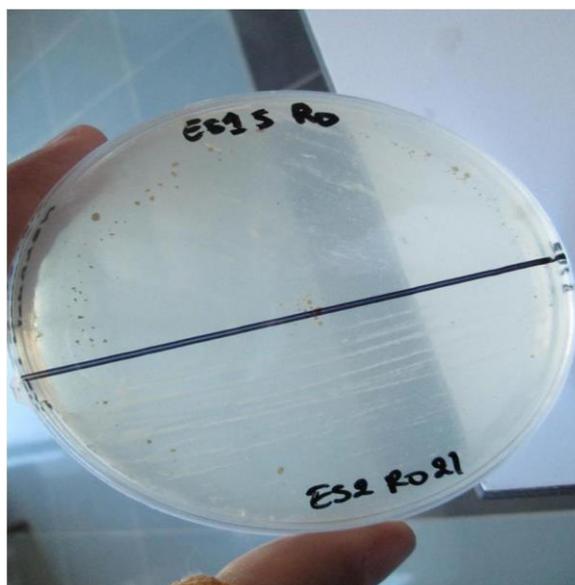
Plus récemment **Ramdani et Hadroug en 2017** se sont intéressés sur l'effet des pesticides sur les souches de *Rhizobium*. Ils ont trouvé que la plus part des souches se développent en présence de faible concentrations des différents pesticides.

D'après les résultats dans le cas de fongicide ARDAVO, la majorité des souches poussent à des concentrations de l'ordre de 700µg/ml. Par contre RIVAFOL, toutes les souches présentent une tolérance à 200µg/ml. Pour les autres souches tolèrent des concentrations de l'ordre de 1000 µg/ml d'insecticide DURSBAN.

Le test de biodégradation des différents pesticides (DURSBAN, ARDAVO, RIVAFOL...etc.), montre une augmentation importante de croissance de *Rhizobium* sur différents milieux.

Ils ont constaté que toutes les souches sont capables de dégrader les différents pesticides mais à des durées variables selon la souche et le pesticide.

Les travaux de **Belferkh et Megoura (2016)** ont été réalisés sur la biodégradation des pesticides par les actinomycètes isolés à partir d'un sol Saharien et d'une Sebkhha de la région d'El-Oued. La capacité de croissance des isolats d'actinomycètes a été mise en évidence sur le milieu minimum de Vendermess additionné des pesticides : Akopic 240 EC, Duoplus, Glyphosate, Hexonate, Lancelot 450 WG et le Monuron comme seule source de carbone et d'énergie. L'incapacité de dégrader ces pesticides se traduit par l'absence de croissance. Dans le cas contraire, il y a une bonne croissance des souches.



**Figure18:** Résultat positif de la biodégradation du Glyphosate.

**Tableau06 :** Le pourcentage de croissance des actinomycètes sur le milieu minimum de Vendermess contenant différents pesticides.

Pesticides	Bonne croissance	Croissance modérée	Faible croissance	Aucune croissance
<b>Glyphosate</b>	30%	20%	25%	–
<b>Akopic 240 EC</b>	5%	–	20%	75%
<b>Hexonate</b>	5%	15%	25%	–
<b>Lancelot 450 WG</b>	15%	15%	15%	–
<b>Monuron</b>	15%	5%	30%	–

À partir de ces résultats, ces chercheurs ont constaté que les herbicides : Glyphosate, Monuron et le fongicide Hexonate sont les plus dégradables.

Elles ont observé aussi que 25% des isolats n'ont pu croître sur aucun des six 6 pesticides testés dans leur étude, ce qui montre l'absence des enzymes de biodégradation de ces pesticides chez ces isolats.

Il est à signaler également, que seulement deux souches d'actinomycètes ont montré une aptitude à dégrader les 6 pesticides.

**Achoub et Sadoune (2017)** ont aussi travaillé sur les actinomycètes dont le thème est : la biodégradation des pesticides et recherche d'actinobactéries d'origine Saharienne présentant ces aptitudes métaboliques. Elles ont étudié la dégradation des pesticides (Granstar 75 OD, Mustang 360 SE, Pallas 45 OD, Cosack OD, Fluazifop, Cyrpa 25 EC, Deltaplan 12.5 ULV) en testant six actinomycètes sélectionnés sur différentes concentrations (0.5 g/l, 1 g/l, 3 g/l, 6 g/l, et 12 g/l). La capacité de croissance des six isolats d'actinomycètes sélectionnés a été mise en évidence sur le milieu minimum de Vendermess additionné des différents pesticides comme seule source de carbone et d'énergie.



**Figure19:** Résultat positif de l'isolat C1 et résultat négatif de l'isolat C2 sur le milieu minimum de Vandermess.

Les résultats obtenus montrent que parmi les souches testées 83,33% présente une croissance sur le Granstar 75 DF comme unique source de carbone et d'énergie, 2 souches présentent la dégradation de Granstar est relativement croissante avec les concentrations testées, 3 souches présentent une croissance modérée dans toutes les concentrations à l'exception de la dernière concentration (12 g/l). Ce qui explique que cet herbicide est biodégradable par la majorité des souches.

À partir de ces résultats, ils ont constaté que l'herbicide Granstar 75 DF est le plus dégradable presque pour toutes les concentrations testées, suivis par l'herbicide Mustang 360 SE qui présente une dégradation sauf pour les trois premières concentrations. Le Cossak

OD, le Pallas 45OD, le Deltaplan 12.5ULV, l'herbicide Fluazifop sont dégradés mais à des concentrations variables. L'insecticide cyrpa 25EC qui est le moins biodégradable.

Pour mieux comprendre la biodiversité microbienne impliquée dans la biodégradation des pesticides dans les milieux agricoles, l'étude de **Agoussar en 2017**, qui a trouvé que la dégradation de Diuron et Linuron est réalisée par des bactéries : *Rhodanobacter spathiphillum* dégradent le Diuron mieux que *Geobacillus stearothermophilus* dans un milieu minimum liquide. Les résultats après la cinquième semaine montrent que la concentration de Diuron a été diminuée de 40 µg / ml à 31,7 µg / ml dans le MM inoculé par *R. spathiphillum* et de 40 µg / ml à 37,3 µg / ml dans le MM inoculé par *G. stearothermophilus*. D'autre part la concentration de Linuron a diminué de 20 µg / ml à 0,9 µg / ml dans le MM inoculé par *R. spathiphillum* ou *G. stearothermophilus*.

L'identification des groupements microbiens impliqués dans la biodégradation du 2,4- dichlorophénol (Polluant le plus fréquemment rencontré dans les sols agricoles) dévoile la présence de : *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Acinetobacter* sp et *Aspergillus* sp. Ces quatre souches sont capables d'utiliser le 2,4-dichlorophénol comme élément nutritif (**Noumeur, 2008**). La dégradation de 2,4-dichlorophénol pourrait s'expliquer par certaines activités métaboliques spécifiques et qu'il serait utile de les déterminer.

**Foughali et Chial (2016)**, ont isolé des souches bactériennes résistantes à l'herbicide Apyros et capables de l'utiliser comme seule source de carbone.

Six souches seulement présentent une bonne croissance sur ce milieu, dont trois souches cocci à Gram positif : X1 appartient au genre *Micrococcus*, X2 rapprochée au genre *Arthrobacter* et X4 rapprochée au genre *Streptococcus*, et deux souches Gram négatif : X3 de forme cocci fait partir de genre *Acinetobacter* et X5 de forme bacille de genre *Pseudomonas*, et X6 qui a un aspect morphologique de moisissures de genre *Penicillium*.

*Pseudomonas* et *Arthrobacter* peuvent dégrader l'herbicide Apyros (sulfosulfuron) et l'utilisent comme seule source de carbone et d'énergie (**jan et jad., 2008**). *Streptococcus oralis* et *Micrococcus luteus*, sont capables d'utiliser les carbones des chaînes de l'atrazine comme source nutritive (**Monard, 2009**).

D'autres travaux de **Hocinat (2018)** ont étudié l'activité de 72 isolats d'actinomycètes du sol agricole, 18 isolats des boues activées, sur 7 herbicides : Roundup, Glyphosate, Mamba, Zoom, Traxos, Axial et Herbasate ; 2 fongicides : Ortiva et Rodazime et 4 insecticides : Karaté, Phoenix, Cypermethrine et Dursban).

**Tableau07** : Le nombre des actinomycètes prélevés du sol agricole et des boues activées capables de se croître dans un milieu contenant différents pesticides.

Pesticides	Sol agricole			Boues activés
	Bonne croissance	Faible croissance	Aucune croissance	Bonne croissance
<b>Roundup</b>	38	15	–	9
<b>Zoom</b>	41	21	–	9
<b>Glyphosate</b>	18	–	54	15
<b>Mamba</b>	43	–	18	12
<b>Traxos</b>	31	–	16	9
<b>Axial</b>	21	27	–	9
<b>Herbasate</b>	39	–	–	10
<b>Rodazime</b>	37	33	2	7
<b>Ortiva</b>	29	17	–	15
<b>Karaté</b>	36	17	–	12
<b>Phoenix</b>	35	15	–	15
<b>Cypermethrine</b>	11	–	48	13
<b>Dursban</b>	21	27	–	12

D'après les travaux antérieurs, la capacité de biodégradation des pesticides par les microorganismes est due à la production d'enzymes extracellulaires spécifiques capables de détruire les liaisons chimiques à l'intérieur de ces composés. L'incapacité de biodégradation est due soit à la composition complexe des pesticides ou que les bactéries testées ne seront efficaces que lorsqu'elles sont en culture mixtes.

# **Conclusion et perspective**

L'utilisation des pesticides sur les surfaces agricoles, dont certains sont toxiques et difficilement biodégradables est l'un des principaux problèmes environnementaux actuels. La dégradation biologique des pesticides est un moyen efficace pour éliminer la contamination réalisée par la microflore de sol et consiste en des transformations chimiques dues à leurs systèmes enzymatiques.

Notre travail avait comme but de mettre en évidence la capacité de microorganismes telluriques (bactéries et champignons) à dégrader les produits phytosanitaires.

Les tests de biodégradation sont effectués sur un milieu minimum contenant le pesticide comme seule source de carbone. La capacité des souches à dégrader les pesticides se traduit par une bonne croissance sur le milieu, ceci est expliqué par la production des enzymes de biodégradation.

Les travaux antérieurs ont prouvé que les actinomycètes sont efficaces, certaines souches comme *Streptomyces* et *Nocardia* sont capables de dégrader deux types d'herbicides : le Granstar 75DF et le Mustang 360 SE.

Les actinomycètes de genre *Micromonospora et streptosporangium* ont montré une croissance importante dans le milieu ISP9 additionné de l'Apyros comme seule source de carbone et d'énergie.

Des bactéries comme *Rhodanobacter spathiphillum* et *Geobacillus stearothermophilus* sont capables de dégrader le Diuron et le linuron. D'autres souches de *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Acinetobacter* sp et *Aspergillus* sp. Sont capables d'utiliser le 2,4-dichlorophénol comme élément nutritif, ce fongicide est un polluant des sols agricoles.

Des études approfondies sont encore nécessaires pour évaluer des mécanismes possibles de la biodégradation des pesticides par les microorganismes. Ce travail peut être repris-en :

- Réalisant l'identification moléculaire des espèces performantes.
- Etudiant les mécanismes utilisés dans la biodégradation.
- Etudier la capacité de biodégradation sur terrain (in vivo).

**Références**

**Bibliographique**



- Achoub A et Saadoune I. (2017).** Biodégradation des pesticides et recherche d'actinobactéries d'origine Saharienne présentant ces aptitudes métaboliques. Diplôme de Master, Université des Frères Mentouri, Constantine, p57-65.
- Agoussar A., (2017).** Effet des pesticides sur la diversité bactérienne des champs agricoles et la capacité des bactéries à les dégrader. Grade de Maîtrise en Microbiologie. Université de Montréal. p56-62.
- Agrios G.N (2005).** Plant pathology. Elsevier Academic Press, Oxford, UK, p. 922.
- Aissaoui A., (2013).** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage de hummam Grouz de la région de Oued Atmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles, mémoire de magistère, P: 26-28-29.
- Akram A (2008).** Elicitation de la résistance systémique induite chez la tomate et le concombre et activation de la voie de la lipoxygénase par des rhizobactéries non-pathogènes. Thèse de Doctorat. Université de Liège.166p.
- Allister K.A., L Ee R., et Trevors J.T., (1996).** Biodegradation 7 : 1-40p.
- Alix A., Barriuso E., Bedo S C., Bonicelli B., Caquet T., Dubus I., GaSCuel C., Gril J.J. et Voltz M. (2005).** Devenir et transfert des pesticides dans l'environnement et impacts biologiques. In Pesticides, agriculture et environnement : Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective ». Chapitre 3, 219 p.
- Amalric, L., Baran, N., Jeannot, R., Martin, J.C & Mouvet, C. (2003).** Les mécanismes de transfert des produits phytosanitaires du sol vers les nappes et les méthodes d'analyse des produits.
- Amrani B., (2013):** Maladie : Méthode et échelle de notation des maladies et accidents divers. Bulletin des grandes cultures. ITGC. 02. 5p.
- Anonyme, (2006a).** Série de manuels de formation sur l'utilisation des pesticides au Canada Atlantique. Base l'applicateur. Vol. 1 : 268 p.
- Anonyme, (2014 a).** Problématique de la fusariose des céréales en Algérie Identification des espèces et leurs répartitions dans les zones potentiellement céréalières. Bulletin d'informations phytosanitaires N° 33. Infos phyto. INPV. 3p
- Anurag P., Anupam S., et Majumdar S. K. (2005).** Utilization of Carbon and Nitrogen Sources by *Streptomyces kanamyceticus* M27 for the Production of an Anti-Bacterial Antibiotic. African Journal of Biotechnology 4, no 9 (2005): 909–910p.

**Aprifel (2004)** le cassis dans pesticides, risque et sécurité alimentaire édition Aprifel, Paris, 12p.

**Aprifel (2004)** le cassis dans pesticides, risque et sécurité alimentaire édition Aprifel, Paris, 20p.

**Arya R, Kumar R, Mishra N K, Sharma A K (2017)**. Microbial Flora and Biodegradation of Pesticides: Trends, Scope, and Relevance. In: Kumar R, Sharma A, Ahluwalia S. Advances in Environmental Biotechnology. Springer, Singapore 243-263 p.

**AUBERTOTJ-N et BARBIER J-M., CARPENTIER A, GRIL J-J, GUICHARD L., LUCAS P., SAVARY S., VOLTZ M., (2005)**. Pesticides, agricultures et environnement. Ed. Quae Versailles Cedex, France. 119p.

**AYAD MOKHTARI N. (2012)**. Identification et dosage des Pesticides dans l'Agriculture et les problèmes d'Environnement liés (en ligne). Diplôme de MAGISTER, faculté de Chimie Organique, université d'Oran, ALGERIE, pp13.

## **B**

**Bailey JA, Jeger MJ (1992)** *Colletotrichum*: Biology, Pathology and Control. C A B International.

**Barik S., Wahid P. A., Ramakrishnan C., et Sethunathan N., (1979)**. A change in degradation pathway of parathion in natural ecosystems. JE environ Qual 7:346–351.

**BARRIUSSO.E, C. BEDOS, P. BENOIT, M.-P. CHARNAY ET Y. COQUET. (2005)**.

**Bastos A. C., et Magan N., (2009)**. *Tremetes versicolor*: Potential for atrazine bioremediation in calcareous clay soil, under low water availability conditions. Int. Biodeterior Boidegradation. 63: 389-394.

**Batsch D (2011)** : L'impact des Pesticides sur la Santé Humaine, Thèse de Doctorat, Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Université Henri Poincaré - Nancy 1, Faculté de Pharmacie, p. 14,15.

**Batch D., (2011)**. L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré-Nancy1, 165 p.

**Beigel C., Di Pietro L., (1999)**. «Transport of triticoconazole in homogeneous soil columns: Influence of non equilibrium sorption,» Soil Science Society of American Journal, vol. P: 63. 1077–1086.

**Belferkh A et Megoura M., (2016)**. Isolement des actinomycètes à partir d'un sol Saharien et d'une Sebka de la région d'El-Oued et mise en évidence de leur capacité à dégrader

quelques pesticides. Diplôme de Master en Microbiologie Générale et Biologie moléculaire des Microorganismes, Université des Frères Mentouri, Constantine, p35-38.

**Benimeli C. S., Amoroso M. J., Chaile A.P., et Castro G.R., (2003).** Isolation of four aquatic *streptomyces strains* capable of growth on organochlorine pesticides. *Bioresour Technol.* 89: 133-138.

**Benimeli C. S., Castro G., Chaile A., et Amoroso M. J., (2007).** Lindane uptake and degradation by aquatic *Streptomyces sp.* Strain M7. *Int Biodeter. Biodegradation.* 59: 148-155.

**Benimeli C.S., Castro G.R., Chaile A.P. and Amoroso M.J. (2007).** Lindane Uptake and Degradation by Aquatic *Streptomyces sp.* Strain M7 ». *International Biodeterioration & Biodegradation* 59(2): 148–155.

**Benton J. (2008).** Tomato plant culture: In the field, Greenhouse, and home garden, deuxième édition. Edition: Taylor et Francis Group. New York. 399p.

**Berrah A., 2011.** Etude sur les pesticides, Master 2 en éco toxicologie appliqué, Université de Tbesa, Algérie, pp20.

**Bérubé, M., E ; (2010) :** effet du Gluphosate sur la fusariose de l'épi chez le blé et l'orge selon différents travaux du sol, mémoire pour l'obtention du grade de maitre en science, université lavel, Qubec.131p.

**Bhadbhade B. J., Dhakephalkar P. K., Sarnik S. S., et Kanekar P. P., (2002).** Plasmid-associated biodegradation of an organophosphorus pesticide, monocrotophos, by *Pseudomonas mendocina*. *Biotechol Lett* 24: 647–650.

**Blancard, D., 2009-** Les maladies de la tomate: identifier, connaître, maîtriser. Quae éditions, pp 679.

**Blom T.J., Brown W. 1999.** Preplant Copper-based Compounds Reduce *Erwinia* Soft Rot on Calla Lilies. *Hortechology* 9, 56-59.

**Bolay, A. (2005).** Les oïdiums de Suisse (Erysiphacées). *Cryptogamica Helvetica* 2005; 20: 1-176.

**Bollag J.M., Liu S.Y., 1990 -** Biological transformation processes of pesticides. In : Pesticides in the soil environment processes, impacts, and mode-ling, H.H. Cheng Ed., Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, USA, 169-211.

**Bonnefoy N (2012).** Les pesticides et leur impact sur la santé et l'environnement. 42:348 p.

**Bonnefoy N (rapporteur) (2013).** Les pesticides vers le risque 0. Mission commune d'information sur les pesticides et leur impact sur la santé Rapport d'information pour le rapport n° 42.

**Bordjiba O., Steiman R., Kadri M., Semadi A., Guiraud P., (2001).** Removal of herbicides from liquid media by fungi isolated from a contaminated soil. *Journal of Environmental Quality*, 2001; 30(2): 418-426. DOI: 10.2134/jeq2001.302418xVol.

**Botton B, Breton A, Fevre M, Gauthier S, Guy PH, Larpent JP, Reymond P, Sanglier JJ, Vayssier Y et Veau P (1990).** Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle. 2<sup>ème</sup> Ed. Masson. 426p.

**BOULAND J., KOOMEN I., VAN LIDTH DE JEUDE J. 2004.** Les pesticides compositions, utilisation et risque. Série Agrodok No .29, Ed Fondation Agromisa, wageningen.

**Bouneghou samia.** L'effet inhibiteur de *Pythium* sp sur la croissance mycélienne de *Fusarium roseum* et d'*Alternaria alternata*, mémoire master, Biotechnologie des Mycètes, fermentation et production des substances fongiques, Université Mentouri Constantine, **2011.**

**Bourbia Ait Hamlet S.2013-** Evaluation de la toxicité de mixture de pesticides sur un bioindicateur de la pollution des sols *H. aspersa*. Thèse Doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba, 110 p.

**Bruel F., & Garnier E. (2008).** Agriculture et biodiversité : rapport d'expertise de l'INRA. ESCO « Agriculture et biodiversité » - Chapitre 1. Les effets de l'agriculture sur la biodiversité, 139p.

## C

**Caceres T.P., Megharaj M., et Naidu R., (2008)** Biodegradation of The pesticide fenamiphos by ten diferents pecies of green algae and Cyanobacteria. *Current Microbiology*, vol.57, no. 6, P: 643– 646.

**Calvet R. & Charnay M.P. (2002).** Le devenir dans le sol des produits phytopharmaceutiques In Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement. Edition ACTA, Paris, 805-833 pp.

**Calvet R (2005).** les pesticides dans le sol. Edition France Agricole.

**CALVET R. BARRIUSO E. BEDOS C. BENOIT P. CHARNAY M P. COQUET Y., 2005 :** Les Pesticides dans le Sol, Conséquences Agronomiques et Environnementales. Référence Scientifique. Editions France Agricole, 641 p.

**Calvet R, Barriuso E, Bedos C, Benoit P, Charnay M P, Coquet Y (2005).** Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. Editions France Agricole, France. 637 p.

**Camard, J-P. & Magdelaine, C.2010.** Produits phytosanitaires: risques pour l'environnement et la santé. Etude réalisée par : l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme et l'Observatoire Régional de la Santé. 58 p.

**Cannon PF, Damm U, Johnston PR, Weir BS (2012)** *Colletotrichum* - current status and future directions. *Studies in Mycology* 73:181-213.

**Castillo M., Felis N., Aragon P., Cuesta G., and Sabater C., (2006).** Biodegradation of the herbicide diuron by Streptomycetes isolated from soil. *Int, Biodeter. Biodegradation* 58: 196-202.

**CENTRE ANTI POISON ALGER 2011.**

**Céspedes MC., Cardenas ME.,VargasM.,Rojas A., Morales JG.,Jiménez P.,Bernal AJ.Restrepo S.(2013).** *Revista Iberoamericana de Micología*.30(2) :81-87.

**Chabasse, D., Bouchara, J.P., Gentile, L., Brun, S., Cimon, B., Penn, P. (2002).** Les moisissures d'intérêt médical. (edn) Bioforma. Paris. p.160.

**Chaudhry G.R. and Chapalamadugu S.** « Biodegradation of Halogenated Organic Compounds ». *Microbiological Reviews*. 55, no 1 (1991): 59–79.

**Chauhan A., Singh J., (2015).** Biodegradation of DDT. *J Textile Sci Eng* 5: 183. doi: 10.4172/2165-8064.1000183.

**Chunyan X, Junbo L, Xiaosong P and Chuanwu C X. (2011).** Isolation and characterization of *Rhodococcus* BX2 capable of degrading bensulfuron-methyl. *African journal of microbiology research*. 5(25):4296-4302.j.

**CLIVE ET TOMLIN S. 2006.** The pesticides manual: a world compendium. BCPC, 14ème éd, pp1457.

**Clove S.** Étude en laboratoire de la dégradation photochimique de polluants organiques persistant et mesures de leurs constantes de Henry, **Janvier 2004.**

**Commission Européenne. 2007.** Politique de l'UE pour une utilisation durable des pesticides Historique de la stratégie. Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg. 28 p. ISBN : 92-79-03221-6.

**Conso F., Cormis L., Cugier J.P., Bouneb F., Delemotte B., Gingomard M.A., Grillet J.P. et Paireon J.C. (2002).** Toxicologie : impact des produits phytosanitaires sur la santé humaine. In

Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement. Edition ACTA, Paris, 659-693 pp.

**Corbaz , R .(1999).** Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. presses polytechniques et universitaires romandes. 9 : 167-255.

**Couteux A. ; Lejeune V.,(2003).** Index phytosanitaire. ACTA, France, 769 p.

**Cui L., Dong J., Francis F., Heuskin S., Lognay G., Chen J-L., Bragard C. & Liu Y., 2012a.** E- $\beta$ -farnesene synergizes the influence of an insecticide to improve control of cabbage aphids in China. Crop Protection, 35, 91-96.

**Cui L., Francis F., Heuskin S., Lognay G., Liu Y-J., Dong J., Chen J., Song X-M. & Liu Y., 2012b.** The functional significance of E- $\beta$ -Farnesene: does it influence the populations of aphid natural enemies in the fields. Biological Control, 60(2), 108-112.

**Cui W., Quan X., Tao K., Teng Y., Zhang X., Liu Y., Shi G., Hou T. 2009.** Mechanism of action of neomycin on *Erwinia carotovora subsp. carotovora*. Pesticide Biochemistry and Physiology 95, 85-89.

## D

**Davet, P., (1996).** Vie microbienne du sol et production végétal. INRA. (ed.), Paris.

**Delaunay-Cesbron S. (2009).** Interaction entre des mutants hrp d'*Erwinia amylovora*, agent du feu bactérien, le parent pathogène et la plante hôte : recherche de mécanismes modulant la compatibilité.

**De Schrijver A., et De Mot R., (1999).** Degradation of pesticides by actinomycetes. Crit.Rev. Microbiol. 25: P: 85-119.

**Devaut, (2007).** Approche, spatio-temporelle de la contamination par les herbicides de prélevée du biotope de la Garonne Moyenne, thèse, institue natonnalpolytechnique de Toulouse, P: 24-17.

**Dickman MB (2000) Colletotrichum.** In JW Kronstad, ed, Fungal pathology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp 127-148.

**Djbellah C., (2010).** Biodiversité des actinomycètes halophiles et halotolérants isolés de la sebkha d'Ain M'Lila. Thèse de Magister en Ecologie Microbienne. Université Mentouri Constantine.

**(DPV) Direction de la Protection des Végétaux,( 1995).** Index phytosanitaire de Madagascar, Antananarivo, 127p.

**DUBUS.I; E. BARRIUSO; R. CALVET. J.Chemosphere, 45(2001) 767-774.**

**Dugeny F., 2010** : Produits Phytosanitaires, Risques pour l'Environnement et la Santé - Connaissances des usages en Zone non Agricole, Livre, p. 9.

**Dye D.W., Bradbury J.F., Goto M., Hayward A. C., Lelliott R. A. et Schorth M. N. (1980).** International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains. Rev. Plant disease. 66 :993-994.

## **E**

**El bakouri H. 2006.** Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par utilisation des Substances Organiques Naturelles (S.N.O). Thèse de doctorat. Université Mohammed V-Agdal, Rabat, pp108.

**El bakouri H., 2006.** Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par Utilisation des Substances Organique Naturelles (S.O.N). Thèse de Doctorat. Université Ebdelmalek Essaadi, Tanger, 200p.

**El Merabet K., Charlet P., (2008).** Les pesticides. Laboratoire National de métrologie et d'Essai „LNE“, Janvier 2008. France.

**Elsaid O.E.G., Abdelbagi A.O., et Elsheikh E.A.E., (2009).** Effect of Fertilizers (Activators) in Enhancing the Microbial Degradation of Endosulfan in Soil. Res. J. Environ. Toxicol. P: 1-10.

**Errami M (2012).** Devenir atmosphérique de bupirimate et transfert de ses métabolites (les diazines) dans l'atmosphère, sa dissipation dans les fruits de tomate et sa dégradation électrochimique. Thèse de doctorat en science d'ingénieur et qualité de l'environnement, université Ibn Zohr et université de Reims Champagne-Ardenne, Agadir, 212 p.

## **F**

**Foughali I O et Chial H., 2016.** Isolement et caractérisation de microorganismes capables de dégrader l'herbicide Apyros (sulfosulfuron) à partir d'un sol agricole contaminé par le même herbicide. Diplôme de Master en écologie microbienne. Université des Frères Mentouri Constantine, 04-60 p.

**Fouillen migne, 2011.** Cyproconazole. Normes de qualité environnementale. P 6.

**Fouillen migne, 2011.** Tebuconazole. Normes de qualité environnementale. P 4.

**Fulthorpe R., et A.N.Rhodes and J. M. Tiedje.** « Pristine soils mineralize 3 chlorobenzoate and 2,4-dichlorophenoxyacetate via different microbial populations ». Applied and Environmental Microbiology. Apr. 62, no 4 (1996): 1159–1166.

## G

- Gartemann K.H., Kirchner O., Engemann J., Grafen I., Eichenlaub R. et Burger A. 2003.** *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*: first steps in the understanding of virulence of a Gram-positive phytopathogenic bacterium. *Journal of Biotechnology*. 106:179–191.
- Giri B., Giang P. H., Kumari R., Prasad R., Varma A., (2005).** *Microbial Diversity in Soils*. Buscot F, Varma A, editors. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Grabowski, M. (2008).** *Plant Pathology. Horticulture for the Home & Garden*. University of Minnesota Extension. HORT 1003, Item #08602.
- Gracia-Garza J.A., Blom T.J., Brown W., Allen W. 2002.** Pre- and postplant applications of copper-based compounds to control *Erwinia* soft rot of calla lilies. *Canadian Journal of Plant Pathology* 24, 274–280.
- Grébil G, Novak S, Perrin-Ganier C, Schiavon M (2001).** La dissipation des produits phytosanitaires appliqués au sol. *Journal of Hydrology*. 197-216.

## H

- Harwood C. S., et Gibson J., (1988).** Anaerobic and aerobic metabolism of diverse aromatic compound by the photosynthetic bacterium *Rhodospirillum rubrum*. *Appl Environ Microbiol* 54:712–717.
- Hélias V. 2008.** *Pectobacterium* spp. et *Dikeya* spp. de la pomme de terre : nouvelle nomenclature pour *Erwinia* spp., symptomatologie, épidémiologie et prophylaxie. *Cahiers Agricultures* 17, 349-54.
- Hocinat A. et Boudemagh A. (2016):.** Biodegradation of Commercial Ortiva Fungicide by Isolated Actinomycetes from the Activated Sludge. *Desalination and Water Treatment*. 1-7. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1022799>.
- HOCINAT A., (2018).** Biodégradation de quelques composés organiques volatils et certains pesticides par des actinomycètes provenant d'un sol agricole et de boues activées. Diplôme de Doctorat de 3ème cycle, Biotechnologies Microbiennes, Génomes et Environnement, UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI, CONSTANTINE, 106-110p.
- Hooper S. W., Locher H. H., Cook A. M., et Leisinger T., (1990).** Genetic and functional analysis of the 4-toluene sulfonate pathway of *Comamonas (Pseudomonas) testosteroni* T-2. *Annu Meet Am Soc Microbiol Anaheim California*.
- Horne I., Harcourt R. L., Sutherland T. D., Russell R. J., et Oakeshott J. G., (2002a).** Isolation of a *Pseudomonas monteilli* strain with a novel phosphotriesterase. *FEMS Microbiol Lett* 206: 51–55.

**Huiling F., Yanfei W., Yanyan Z., Mingzhi L., Fangyuan W., Jianrong C., Lixin Z., Zhiheng L., Linxian D., (2014).** Research Progress on the Actinomyces arthrobacter Advances in Microbiology, 2014, 4, 747-753.

## I

**INDEX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES, 2015.** Institut national de la protection des végétaux (I.N.P.V).

**Inserm (2013).** (Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale) Expertise collective. Pesticides, effets sur la santé, 2013. Disponible sur <http://editions.inserm.fr/zh5/109743>

**ISENRING R., 2010.** Les pesticides et la perte de biodiversité, Pesticide Action Network Europe, 28 p.

## J

**Jan kucharski ,jadwigawiszkowska.( 2008).** Biological properties of soil contaminated with the herbicide Apyros 75 WG, chair of Microbiology University of Warmia and in Olsztyn. J. Elementol,(13)3: 357-371.

**Jenning, A. L., 1991 .** « Some economic and social aspect of pesticide use ». In Pesticides and Food Safety ; Tweedy , B . G., Dishburger , H.J., Ballantine, L.G., McCarthy , J., Eds., American Chemical Society : Washington , chapitre II.

**Ji-ping M, Zhe W, Peng L, Hui-jie W, Shinawar W, Shun L and Xing H. (2009).** Biodegradation of the sulfonylurea herbicide chlorimuron-ethyl by the strain pseudomonasp.LW3.FEMSMicrobiol.296:203-209.

**Jlibene,M (2011) :** options génétiques d'adaptation du blé tendre au changement climatique. Variétés à résistance multiple : sécheresse, cécidomyie, septoriose , rouilles brune et jaune, INRA,maroc,62p.

**Joffin, J.N.,&Leryral ,G (2001).** Microbiologie. Dictionnaire des Techniques, 3ème ED., Collection biologie Technique .CRDP d'aquitaine, Bordeaux .105p.

**Joffin,N. (2013).** Les techniques de laboratoires utilisées en mycologie,p.1-20. <http://www.techmicrobio.eu/index.php/microbio/mycologie/laboratoire>.

## K

**Ka J.O., Holben W.E. and Tiedje J.M.. (1994):** « Genetic and Phenotypic Diversity of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid Degrading Bacteria Isolated from 2,4-d- Treated Field Soils ». Applied Environmental Microbiology. 60, no 4 1106–1115.

**Kamagata, Y., R.R. Fulthorpe, K. Tamura, H. Takami, L.J.Forney et J.M. Tiedje, (1997):** « Pristine Environments Harbor a New Group of Oligotrophic 2,4- Dichlorophenoxyacetic Acid-Degrading Bacteria ». Applied and Environmental Microbiology. 63, no 6 2266–2272.

**Kanekar P.P., Bhadbhade B., Deshpande M.N., et Sarnaik S.S., (2004).** Biodegradation of organophosphorous pesticides. Indian National Science Academy, 2004, 70: 57-70.

**KANONI H. TALEEI A. et OKHOVAT M. 2011.** Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab.) of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Breeding strategies for resistance. Intern. J. Plant Breeding and Genetics. 5(1) : pp01-22. Academics Journals Inc.

**Katagi T (2002).** Reviews of environmental contamination and toxicology. Abiotic hydrolysis of pesticides in the aquatic environment.175:79-261.

**Kedar B., Rokade et Gajanan V., Mali (2013).** Biodegradation Of Chlorpyrifos By *Pseudomonas desmolyticum* Ncim 2112 Int J Pharm Bio Sci 2013 Apr; 4(2): (B) 609 – 616.

**Keith, S., Douglas, G., Pfeiffer, J., Christopher, B., Mizuho, N. (2012).** Disease and insects, 8p.

**Kimura N. et Urushigawa Y. (2001):** « Metabolism of Dibenzo-p-Dioxin and Chlorinated Dibenzo-p- Dioxin by a Gram-Positive *Bacterium*, *Rhodococcus Opacus* SAO 101 ». J. Biosci. Bioeng. 92 138–143.

**Kirk, P.M. ; Cannon, P.F. ; David, J.C. ; Stalpers, J.A.. 2001 .** Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi, Ed. 9. :1-655.

**Kitouni, M. (2007).** Isolement de bactéries actinomycétales productrices d'antibiotiques à partir d'écosystèmes extrêmes. Identification moléculaire des souches actives et caractérisation préliminaire des substances élaborées. Thèse de Doctorat en Microbiologie appliquée. Université Mentouri-Constantine. Algérie. 170p.

**Klimek M., Lejck B., Kafarski P., et Forlani G., (2001).** Metabolism of the phosphonate herbicide glyphosate by a non-nitrate- utilising strain of *Penicillium chrysogenum*. Pest Mang Sci 57: 815–821.

**Knudsen G.R. (2013).** Phytopathologie : Etude de la santé des plantes. 1<sup>ère</sup> Edition, Université d'Idaho. Moscow. USA.

**Krzysko L. T., Stroff W., Kubs K. S., korupa M. Wieczorek P., Lejczka k. B., et Kafarski P., (1997).** The ability of soil borne fungi to Degrade organophosphonate carbon-to-phosphorus bonds. Appl Environ Microbiol 48:549–552.

**Kucharski J., Tomkie I. M., Bacmaga M., Borowi k. A., Wyszowska J., (2016).** Enzyme activity and microorganism"s diversity in soil contaminated with the herbicide Boreal 58WG. *J EnvironSci HealthB51* (7).P: 446–454.

## **L**

**Lanthier M., 1999,** Etude de la biodegradation anaerobique du pentachlorophenol dans le sol par *Desulfitobacterium* Ferappieri souche pcp-1, grade de Maître ès sciences (M. Sc.) en microbiologie appliquée, Université du Québec pp04.

**Liu C. M., Mclean P. A., Sookdeo C. C., et Cannon F. C., (1991).** Degradation of the herbicide glyphosate by members of the family Rhizobiaceae. *Appl Environ Microbiol* 57:1799–1804.

**Louachi M. 2015.** Enquête sur les conditions d'utilisation des pesticides en agriculture dans la région centre de l'algérois et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation. Diplôme de magistère, école national supérieur d'agronomie, Algérie, pp04.

**Lucas N., Bienaime C., Belloy C., Queneudec M., Silvestre F., Nava-Saucedo J-E., et al.** «Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques». *Chemosphere*. Vol. 73, 2008.

## **M**

**Macur E.R., J.T. Wheeler, M.D. Burr and W.P. Inskeep. (2007).** Impact of Application on Soil Microbial Community Structure and on Populations Associated with 2,4-D Degradation. *Microbiological Research*. 162: 37–45.

**Maier, R. M., Pepper I. L., Gerba C. P., (2000).** Environmental microbiology. Microorganisms in surface soils. In: Academic press. A Harcourt science and technology company. Canada, p.79-82.

**Majewski M S (2019).** Pesticides in the Atmosphere: Distribution, Trends, and Governing Factors. CRC Press. 215p.

**Manono B O (2016).** Agro-ecological Role of Earthworms (Oligochaetes) in Sustainable Agriculture and Nutrient Use Efficiency. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 8(1): 1-18.

**MARI N., 2018 :** Les Pesticides dans l'Air Ambiant, Observatoire des Résidus de Pesticides en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Synthèse des résultats 2012 – 2015, Publication, Site web : [www.airpaca.org](http://www.airpaca.org).

**MARLIERE F., 2000-** Mesure des pesticides dans l'atmosphère, Institut National de L'Environnement Industriel et des Risques INERIS, 55 p.

**Martin H., van A, Sytze K. and Dick B.J.** Handbook on Biodegradation and Biological Treatment of Hazardous Organic Compounds. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London, **1998**.

**Maunoury A., 2010-** L'impact négatif des pesticides sur la nutrition des plantes : L'exemple de la bouillie bordelaise, Institut Technique d'Agriculture Naturelle ITAN, 7 p.

**Mazoyer M. (2002).** Dictionnaire Larousse agricole. Edition ISBN. Canada.

**Mehri M. 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faible doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique marin. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, pp140.

**Megharaj M., Singh N., Kookana R. S., Naidu R., et Sethunathan N., (2003).** Hydrolysis of fenamiphos and its oxidation products by a soil *bacterium* in pure culture, soil and water. Appl Microbiol Biotechnol 61:52–256.

**MOMOL, M.T. et ALDWNCKLE, H. S. (2000).** Genetic diversity and host range of *Erwinia amylovora* (p p.55-72). Wallingford, UK : CABI Publishing.

**Monard C (2009).** Biodégradation des herbicides en sols tempérés – Contrôle des communautés bactériennes dégradantes par la bioturbation du sol thèse présentée devant l'université de rennes 1 pour obtenir le grade de docteur de l'université de rennes 1.

**Montestrucq Lucile, Lucie Anzivino, Martine Dreneau.,(2016).** Les dossiers sante environnement de L'ORS.p01-06.

**Morgan, D.R. 1992.** Pesticide and public health – a cause for scientific and medical concern? Pesticide Outlook, 3: 24-29.

**Moser V C, Liu Z, Schlosser C, Spanogle T L, Chandrasekaran A, McDaniel K L (2016).** Locomotor activity and tissue levels following acute administration of lambda- and gamma-cyhalothrin in rats. Toxicol Appl Pharmacol. 313 : 97-103.

**Mulbry W. W., (1992).** The aryldialkylphosphatase –encoding gene adp B from *Nocardia* sp. Strain B-1: cloning, sequencing and expression in *Escherichia coli*. Gene 121:149–153.

**Murugesan A.G., Jeyasanthi T., Maheswari S., (2010).** Isolation and characterization of cypermethrin utilizing bacteria from Brinjal cultivated soil. African Journal of Microbiology Research 4: 10-13.

**MUSY A. Hydrologie Générale, 2005.** Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL): <http://hydram.epfl.ch/e-drologie/> (**2006**).

**N**

**Nelson, S. C. (2008).** Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), University of Hawai'i at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Cooperative Extension Service. Plant Disease, 1-9.

**Nelson L. M., (1982).** Biologically induced hydrolysis of parathion in soil: isolation of hydrolyzing bacteria. Soil Biol Biochem 14: P: 223–229.

**Noumeur S. (2009).** Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). Diplôme de Magister en Microbiologie appliquée et Biotechnologies microbiennes. Université Mentouri, Constantine.54p.

## O

**Obojska A., Lejczak B., et Kubrak M., (1999).** Degradation of phosphonates by *Streptomyces* isolates. Appl Microbiol Biotechnol 51:872–876.

**Osman A.G., Kalinin V.A., Emtsev V.T., et Bikov K.V., (2005).** Effect of New Broad Spectrum Fungicide Amistar on Soil Microorganisms in Field Conditions. J. Sci. Tech. 6: 207-213.

**Ouyang Z. C., Wang Y. H., Li X. N., et al., (2008).** Test of pesticide degradability by *Sphingomonas yanoii* kuyae XJstrain, Huanan Nongye Daxue Xuebao, vol.29, no.2, P: 47–49.

## P

**Pan X., Lin D., Zheng D., Zhang Q., Yin Y., Cai L., Fang H., et Yu Y., (2016).** Biodegradation of DDT by *Stenotrophomonas* sp. DDT-1: Characterization and genome functional analysis Sci. Rep. 6, 21332; doi: 10.1038/srep21332.

**Park I. S., et Hausinger R. P., (1995).** Requirement of carbon dioxide for in vitro assembly of the urease nickel metallocentre. Science 267:1156–1158.

**Parry. D., Jenkinson.P., Mcleod. L.** « Fusarium Ear Blight (scab) in Small-Grain Cereals - a Review ». Plant Pathology. avril 1995. Vol. 44, n°2, p. 207-238.

**Pelmont J., (2005).** Biodégradations et métabolismes les bactéries pour les technologies de l'environnement EDP sciences, 624-627.

**Peng X., Zhang J. S., Li Y. Y., Li W., Xu G. M., et Yan Y. C., (2008).** Biodegradation of insecticide carbofuran by *Paracoccus* sp. YM3. Journal of Environmental Science and Health B, vol.43, no .7, P: 588–594.

**Pflieger M (2009).** Etude de la dégradation photochimique des pesticides adsorbés à la surface de particules atmosphériques. Thèse de doctorat en Biosciences de l'environnement, chimie, santé, université de Provence, France, 261 p.

Phytopathogènes dans les eaux. Etude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM-2001-EAU-265.France. 116 p.

**Pierrard G., 1984.** Management and control of insect pests of stored grain legumes.In :Proc. Inr. Workshop on IPC for Grain Legumes Goiania,Goias (Brésil), 3-9 avril 1983 : 276-286.

**Pochon J. & Tradieux P., (1962).** Techniques d'analyses en microbiologie du sol .Edition de la tourelle, St Mandé.p.110-111.

**Puhatica J.A & Jarvine K., (1992).**Aerobic fluidized-bed treatment of polychlorinatedphenolic wood preservative constituents. Water Resources,26: 765-770.

## Q

**Queyrel W (2017).**Modélisation du devenir des pesticides dans les sols à partir d'un modèle agronomique : évaluation sur le long terme. Thèse de doctorat en Agronomie, Hydrologie et Environnement, Université Pierre et Marie Curie, France, 236 p.

**Quinn J. P., Peden J. M. M., et Dick R. E., (1989).** Carbon-phosphorus bond cleavage by gram-positive and gram-negatives soil bacteria. Appl Microbiol Biotechnol 31:283–287.

## R

**Ramade F., 2005-** Eléments d'écologie : écologie appliquée, Ed. Dunod, Paris, 6ème édition, 864 p.

**Ramdani T et Hadroug H. (2017).** Influence des pesticides sur la croissance des *Rizobium*. Mémoire de Fin de Cycle en vue de l'obtention du diplôme Master. Université A. MIRA – Bejaia.15-32p.

**Reagnault-Roger, C., Fabres, G. & Philogène, B.J.R. (2008).** Enjeux phytosanitaire: pour l'agriculture et l'environnement. Paris : Edit. Lavoisier, 1013 p. ISBN : 2-7430 - 0785-0.

**Regnault-Roger C, Fabres G, Philogène B (2005).**Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement: pesticides et biopesticides-OGM lutte intégrée et biologique-Agriculture durable. Lavoisier. Paris: Tec et Doc, 1013 p.

**Regnault-Roger Catherine (2014).**Produits de protection des plantes, innovation et sécurité pour une agriculture durable. Edition Lavoisier, Paris.

**Relyea R. A. ,(2009).** A cocktail of contaminants : How mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. Oecologia, vol 159(2) : 363-376.

## S

**Samuel O., et saint laurent L., 2001-** Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère, l'Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec IRSST, 89 p.

**Sarkar S., Seenivasan S., Premkumar R., (2009).** Biodegradation of propiconazole by *Pseudomonas putida* isolated from tea rhizosphere PLANT SOIL ENVIRON., 55, (5): 196-201.

**Schrack , D., Coquil, X., Ortar, A. & Benoît, M., 2009.** Rémanence des pesticides dans les eaux issues de parcelles agricoles récemment converties à l'Agriculture Biologique. Innovations agronomiques. Vol. 4 : 259-268.

**Schiffers B (2012).**L'emploi des pesticides dans les cultures : entre tracteurs et détracteurs. Probio .2:80-93.

**Serdar C. M., Gibson D. T., Munnecke D. M., et Lancaster J. H., (1982).** Plasmid involvement in parathion hydrolysis by *Pseudomonas diminuta*. Appl Environ Microbiol 44:246–249.

### **SERVICE STATISTIQUE, DOUANES ALGERIENNES 2010.**

**Sethunathan N. et Yoshida T., (1973).** A Flavobacterium that degrades diazinon and parathion. Can J Microbiol 19:873–875. **Severin F., (2002).** Risques éco-toxicologiques des pesticides. Dynamique des produits dans les agrosystèmes. In Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement. Edition ACTA, Paris, 976p.

**Sharmila M. Ramanand K., et Sethunathan N., (1989).** Effect of yeast Extracton the degradation of organophosphorus insecticides By soil enrichment and bacterial cultures. Can J Microbiol 35: 1105–1110.

**Singh B. K., Walker A., Alun J., Morgan W., Wright D. J., (2004).** Biodegradation of Chlorpyrifos by Enterobacter Strain B-14 and Its Use in Bioremediation of Contaminated Soils.2004, Appl. Environ. Microbiol. 70, 4855– 4863.

**Singh B. K., et Walker A., (2006).** Microbial degradation of organophosphorus compound. Federation of European Microbiological Societies, 2006, 30: 428-471.

**Singh S., et Singh D. K., (2003).** Utilization of monocrotophos as phosphorus source by *Pseudomonas aeruginosa* F10B and *Clavibacter michiganense* subsp. Insidiosum SBL11. Can J Microbiol 49:101–109.

**Slaoui M., Ouhssine M., Berny E., et Elyachioui M., (2007).** Biodegradation of the carbofuran by a fungus isolated from treated soil. African Journal of Biotechnology, vol. 6, no.4, P: 419–423.

**Socorro J (2015).** Etude de la réactivité hétérogène de pesticides adsorbés sur des particules modèles atmosphériques : cinétiques et produits de dégradation. Thèse de doctorat en Chimie de l'Environnement, Université Aix-Marseille, France, 245p.

**Soulas G., Codaccioni P. & Fournier J. C., 1985.** Effect of crosstreatment on the subsequent breakdown of 2,4-D, MCPA and 2,4,5-T in the soil. Behaviour of the degrading microbial populations. *Chemosphere*, 12 (7/8): 1101-1106.

**Soulas G., Codaccioni P. & Fournier J. C., 1999.** Effect of crosstreatment on the subsequent breakdown of 2,4-D, MCPA and 2,4,5-T in the soil. Behaviour of the degrading microbial populations. *Chemosphere*, 12 (7/8): 1101-1106.

**Stevenson, W. A., Loria, R., Franc, G. D et Weingartner, D. P., 2001.** Compendium of potato diseases. American Phytopathological Society. 2e éd. St-Paul, Minnesota. 106p.

**Stoytcheva M (2011).** Pesticides in the Modern World: Risks and Benefits. BoD – Books on Demand. 574 p.

## T

**Tallur P. N., Megadi V. B., et Ninnekar H. Z., (2008).** Biodegradation Of Cypermethrin by *Micrococcus* sp. strain CPN1. *Biodegradation*, vol.19, no.1, P: 77– 82.

**Tano J Z (2011).** Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides, Pesticides in the Modern World - Trends in Pesticides Analysis. InTech, Dr. Margarita Stoytcheva (Ed.), 514 p.

**TELLIERS., DESROSIERS R., DUCHESNE R-M. et SAMUEL O., 2006.** Les pesticides en milieu agricole: état de la situation environnementale et initiatives prometteuses, Direction des politiques en milieu terrestre, Service des pesticides, Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 90 p.

**Tolbot H. W., Johnson L. M., et Munneck D. M., (1984).** Glyphosate utilization by *Pseudomonas* sp. And *Alcaligenes* sp. isolated from environmental sources. *Curr Microbiol* 10:255–259.

**Topp E., Xun L.Y., et Orser C.S., (1992).** *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 502- 506.

**Toua, D. (1996).** essais d'Utilisation des *Pseudomonas fluorescens* Antagonistes dans le biocontrôle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* et de *verticillium dahliae* sur Tomate et dans la promotion de la croissance végétale. Thèse magister en phytopathologie. Institut National Agronomique. EL-Harrach. 129 p.

## U

**UIPP, (2011).** L'utilité des produits phytopharmaceutiques. Union des industries de la protection des plantes P: 6.

## V

**Vallaey, T., L. Albino, G. Soulas, A.D.Wright and A.T. Weightman.** « Isolation and characterisation of stable 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid degrading *bacterium*, *Variovorax paradoxus*, using chemostat culture ». *Biotechnology letters* 20, no 11 (1998): 1073–1076.

**VAN DER WERFA., 1997-**Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement, Courrier de l'environnement de l'INRA n°31, août 1997, 22p.

**Van der Zwet, T. and Keil, H.A. (1979).** Fire blight, a bacterial disease of Rosaceous plants. *USDA Agricultural Hand- book*, 510, 1-200.

**Vanneste, J. L. (Ed.). (2000).** Fire blight: the disease and its causative agent, *Erwinia amylovora*. CABI.

**Veena B., Megadi, Preeti N., Tallur, Sikandar I., Mulla., et Harichandra Z., Ninnekar (2010).** Bacterial Degradation of Fungicide Captan, *J. Agric. Food Chem.* 2010, 58, 12863–12868 12863 DOI:10.1021/jf1030339.

**Vieira BS (2004)** *Alternaria* euphorbiicola comomicoherbicida para leiteiro (Euphorbia heterophylla) : produção massal e integração com herbicidas químicos. Tese de Doutorado. Viçosa MG. Universidade Federal de Viçosa.

## W

**Walker, AS, Gladieux, P, Decognet, V, Fermaud, M, Confals, J, Roudet, J, Bardin, M, Bout, A, Nicot, P, Poncet, C, and Fournier, E. (2015).** Population structure and temporal maintenance of the multihost fungal pathogen *Botrytis cinerea*: causes and implications for disease management. *Environmental Microbiology* 17: 1261-1274.

**Wauchope, Buttler TM, Hornsby AG, Augustijn-Beckers P W M, Burt J P (1992).** The SCS ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental Decision-Making! *RD.Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 123.

## X

**Xiangyu J.G., Zhang F., Fang Y.L., Kan W., Zhang G.X. & Zhang Z.N., 2002.** Behavioural response of aphids to alarm pheromone component (E)- $\beta$ -farnesene in field. *Physiological Entomology*, 27, pp307-311.

**Xiu, L., Zhenan H., Yanyan F., Sifeng Z. et Jun Y.** « Isolation and Characteristics of Efficient Carbendazim Degradation *Bacterium* ». *Advances in Biomedical Engineering*. **1-2(2011)**: 344-388.

## Y

**Ying hou, Jiantao , Wenjingshen , Juan liu , Jinqun li , Yongfeng li , Huicao & Zhongli cui (2011).** *FEMS Microbiol Lett* 323: 196-203 .

**Yu Y. L., Fang H., Wang X., Wu, X. M., Shan M., et Yu J.Q., (2006).** Characterization of a fungal strain capable of degrading chlorpyrifos and its use in de toxification of the insecticide on vegetables. *Biodegradation*, vol.17, no.5, P: 487–494.

## Z

**Zboinska E., Maliszewska I., Lejczak B., et Kafarski P., (1992).** Degradation of organophosphonates by *Penicillium citrinum*. *Lett Appl Microbiol* 15:269–272p.

**Zeinat K., Nashwa A. H., et Ibrahim M., (2008).** Biodegradation and detoxification of malathion by of *bacillus thuringiensis* MOS-5, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol.2, no.3, P: 724–732.

**Zillinsky FJ., 1983.** *Maladies communes des céréales à paille : Guide d'identification*. Mexico, CIMMYT.

**Zhou H., Chen J., Liu Y., Francis F., Haubruge E., Bragard C., Sun J. & Cheng D., 2013.** Influence of Garlic Intercropping or Active Emitted Volatiles in Releasers on Aphid and Related Beneficial in Wheat Fields in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(3), 101-108p.

# Annexes

## Annexe 01 :

### *Milieux de culture*

---

#### **Milieu minimum: (Vandermess, 1996)**

KNO<sub>3</sub> : 13,76 g/l

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> : 1,78 g/l

Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O : 4,66 g/l

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : 9,68 g/l

MgSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O : 0,8 g/l

EDTA : 10 mg/l

FeSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O : 5 mg/l

MnCl<sub>2</sub>, 4H<sub>2</sub>O : 1,22 mg/l

ZnSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O : 0,25 mg/l

CuSO<sub>4</sub>, 5H<sub>2</sub>O : 0,2 mg/l

CaCl<sub>2</sub>, 2H<sub>2</sub>O : 1 mg/l

Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O : 0,2 mg/l

pH = 7

#### **Gélose nutritive (GN)**

Extrait de viande : 1,0g/L

Extrait de levure : 2,5g/L

Peptone : 5,0g/L

Chlorure de sodium : 5,0 g/L

Agar : 15,0 g/L

Eau distillée : 1000mL

PH : 7,0

**Potato Dextrose Agar (PDA) gélose gélosé a extrait de pomme de terre :**

Pomme de terre : 200 g/L

Dextrose ou de sucre blanc de cannes : 15 g/L

Agar : 20 g/L

Eau distillée : 1000mL

PH 3,5 à 4,5

**Annexe 02 :****Tableau N°01 : Propriétés de l'herbicide Glyphosate**

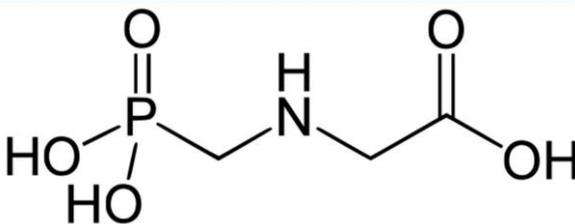
Nom	N-(phosphonométhyl)glycine.
Nom commercial	Glyfozell 36 SL, Glyphonut, Herbasate
Matière active	Glyphosate
Concentration	360g/l
Structure chimique	
Formule brute	C3H8NO5P
Etat physique	Liquide
Usage	Herbicide
Dose utilisée	4-6 l/ha
Propriétés physico-chimiques :	Valeurs :
Masse molaire	169,0731 g/mol
Température de fusion	230°C (décomposition)
Température d'ébullition	230°C (décomposition)

Tableau N°02 : Propriétés de l'herbicide Monuron

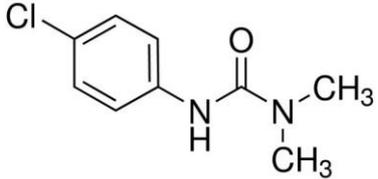
<b>Nom chimique :</b>	<b>3-(4-Chlorophenyl)-1,1-diméthylurea</b>
<b>Formule brute</b>	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> ClN <sub>2</sub> O
<b>Structure chimique</b>	
<b>Usage</b>	Herbicide
<b>Etat physique</b>	Solide cristallin
<b>Odeur</b>	Inodore
<b>Couleur</b>	Blanc
<b>Masse moléculaire</b>	198,65
<b>Densité</b>	1,27g/ml à 20°C
<b>Solubilité dans l'eau</b>	0,2g/l à 20°C
<b>Point de fusion</b>	170°C
<b>Inflammabilité</b>	Ininflammable

Tableau N°03 : Propriétés de l'herbicide Apyros

<b>Nom chimique :</b>	<b>1-(4,6-diméthoxypyrimidin-2-yl)-3-(ethylsulfonylimidaso(1,2-a)pyridine-3ylsulfonyl)- urea</b>
<b>Formule moléculaire</b>	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> N <sub>6</sub> O <sub>7</sub> S <sub>2</sub>
<b>Masse moléculaire</b>	470,49
<b>Usage</b>	Herbicide
<b>Etat physique</b>	Grain solide
<b>Odeur</b>	Aucune
<b>Couleur</b>	Blanc cassé
<b>Point d'ébullition</b>	334°C
<b>Densité</b>	1.55 g/ml
<b>Corrosion</b>	Stable et non-corrosive pendant 14 jours

Tableau N°04 : Propriétés du fongicide Hexonate

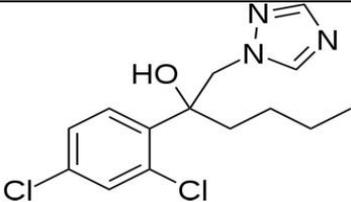
<b>Formule moléculaire brute</b>	<b>C<sub>14</sub>H<sub>17</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>3</sub>O</b>
<b>Nom systématique</b>	2-(2,4-Dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl) hexan-2-ol
<b>Matière active</b>	Hexaconazole
<b>Concentration</b>	5%
<b>Structure chimique</b>	
<b>Usage</b>	Fongicide
<b>Propriétés physico-chimiques :</b>	Valeurs :
<b>Etat physique</b>	Liquide
<b>Odeur</b>	Inodore
<b>Couleur</b>	Blanc
<b>Masse moléculaire</b>	314.21 g /mol
<b>Point de fusion</b>	111°C
<b>Dose utilisés</b>	400ml/ha , 600ml/ha, 800ml/ha

Tableau N°05 : Propriétés de fongicide Duoplus

<b>Matière active</b>	<b>Difenoconazole + Propiconazole</b>
<b>Concentration</b>	15% + 15%
<b>Etat physique</b>	Liquide, Concentrés émulsionnables 'EC'
<b>odeur</b>	Aromatique
<b>Couleur</b>	Marron
<b>Dose utilisée</b>	500ml/ha

## Annexe 03 :

### *Protocole de coloration de Gram*

---

- **Etaler une goutte de suspension microbienne sur une lame.**
- **Laisser bien sécher à l'air.**
- **Recouvrir la lame avec du violet de Gentiane ou Crystal violet ; laisser agir 30s. puis ajouter le lugol 30s.**
- **Eliminer les colorants et décolorer rapidement à l'alcool 30sec.**
- **Rincer à l'eau pour arrêter la décoloration.**
- **Recouvrir la lame de Fuchsine ou safranine 1 min.**
- **Rincer à l'eau et laisser sécher à l'air (ou à la flamme).**
- **Observation à l'objectif X 100 avec l'huile à immersion.**

## الملخص:

ان الغرض من عملنا هو دراسة قدرة النباتات الدقيقة في التربة على تحلل المبيدات. أما التحلل البيولوجي للبكتيريا والفطريات المعزولة عن التربة الزراعية المعالجة فيدرس عن طريق سلالات بذور البذور التي تم اختبارها على وسط معدني يحتوي على مبيد كمصدر وحيد للكربون. استناداً إلى أعمال سابقة، فإن les actinomycètes من جنس *Streptomyces* و *Nocardia* أكثر فعالية في تحلل مبيدات أعشاب معينة مثل le Granstar 75DF و Mustang 360 SE. أظهرت الدراسة ان les actinomycètes من جنس *Micromonospora* و *Streptosporangium* نموًا كبيرًا في وسط المعدن حيث أن الأبيروس هي المصدر الوحيد للكربون والطاقة. البكتيريا مثل *Rhodanobacter spathiphillum* و *Geobacillus starthermophilus* قادرة على خفض Diuron و linuron. سلالات أخرى مثل *Aspergillus sp*, *Pseudomonas sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Acinetobacter sp* تستطيع أن تستعمل 2-4, dichlorophénol كمغذي، علما ان هذا مبيد للفطريات ملوث للتربة الزراعية. تستخدم على نطاق واسع في الجزائر. البكتيريا التي تنتمي إلى جنس *Pseudomonas spp*, *Rizobium sp*, *Bacillus sp* وبعض الفطريات: *Trichoderma*, *Aspergillus* قادرة على تقليل سمية مبيدات الأعشاب التالية: Apyros, Glyphosate, Munuron, وايضا مبيدات الفطريات Hexonate و Duoplus التي تستخدم على نطاق واسع في الجزائر. ان التحلل البيولوجي بواسطة الكائنات الدقيقة هو طريقة فعالة لإزالة مبيدات الآفات من التربة بفضل نظامها الإنزيمي عالي الكفاءة.

**الكلمات المفتاحية:** التحلل البيولوجي، التربة الزراعية، المبيدات والكائنات الدقيقة.

## Résumé :

Notre travail avait pour objectif d'étudier la capacité de la microflore du sol à dégrader les pesticides. L'étude de la biodégradation de bactéries et champignons isolés à partir d'un sol agricole traité se fait par ensemencement des souches testées sur milieu minéral contenant le pesticide comme seule source de carbone. D'après les travaux antérieurs, Les actinomycètes du genre *Streptomyces* et *Nocardia* sont les plus efficaces dans la dégradation de certains herbicides comme le Granstar 75DF et le Mustang 360 SE. Les actinomycètes de genre *Micromonospora* et *streptosporangium* ont montré une croissance importante dans le milieu minéral additionné de l'Apyros comme seule source de carbone et d'énergie. Des bactéries comme *Rhodanobacter spathiphillum* et *Geobacillus stearothermophilus* sont capables de dégrader le Diuron et le linuron. D'autres souches de *Pseudomonas sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Acinetobacter sp* et *Aspergillus sp.* sont capables d'utiliser le 2,4-dichlorophénol comme élément nutritif, ce fongicide est un polluant des sols agricoles. Les bactéries appartenant au genre *Pseudomonas spp*, *Rhizobium sp.*, *Bacillus sp* et quelques champignons: *Trichoderma*, *Aspergillus*. sont capables de dégrader des herbicides: Apyros, Glyphosate et Munuron, et les fongicides: Hexonate et Duoplus, très utilisés en Algérie. La dégradation biologique par les microorganismes est un moyen efficace pour éliminer les pesticides du sol grâce à leur système enzymatique très performant.

**Mots clés :** biodégradation, sol agricole, pesticide, , microorganismes.

## Abstract:

The objective of our work was to study the ability of soil microflora to degrade pesticides. The biodegradation of bacteria and fungi isolated from treated agricultural soil is studied by seeding strains tested on a mineral medium containing the pesticide as the only source of carbon. Based on previous work, Actinomycetes of the genus *Streptomyces* and *Nocardia* are the most effective in the degradation of certain herbicides such as Granstar 75DF and Mustang 360 SE. The actinomycetes of the genus *Micromonospora* and *streptosporangium* showed significant growth in the mineral medium with Apyros as the only source of carbon and energy.

Bacteria such as *Rhodanobacter spathiphillum* and *Geobacillus stearothermophilus* are capable of degrading Diuron and linuron. Other strains of *Pseudomonas sp.*, *Alcaligenes sp.*, *Acinetobacter sp* and *Aspergillus sp.* are able to use 2,4-dichlorophenol as a nutrient, this fungicide is a pollutant of agricultural soils.

The bacteria belonging to the genus *Pseudomonas spp*, *Rhizobium sp.*, *Bacillus sp* and some fungi: *Trichoderma*, *Aspergillus*. are capable of degrading herbicides: Apyros, Glyphosate and Munuron, and fungicides: Hexonate and Duoplus, widely used in Algeria.

Biological degradation by microorganisms is an effective way to remove pesticides from the soil by their highly efficient enzymatic system.

**Keywords:** biodegradation, agricultural soil, pesticide, microorganisms.

