



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA -1**

**Département de biotechnologie**

**Faculté des sciences de la nature et de la vie**

**Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme  
Master II en Sciences Agronomiques**

**Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux**

# **Effet des pesticides sur la faune du sol associée à une culture en place (culture de la fève)**

**Présenté par : BOUSSOUF Meriem**

**Devant le Jury composé de :**

<b>M. MOUSSAOUI K.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>U. Blida 1</b>	<b>President</b>
<b>Mme DJENAS K.</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U. Blida 1</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme BRAHIMI L.</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U. Blida 1</b>	<b>Promotrice</b>

**Année Universitaire 2017-2018**

## Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour bien mener ce travail.

Ensuite, je tiens à remercier les membres du jury d'avoir accepté, d'honorer et d'enrichir mon travail. Pour cela, j'exprime ma gratitude et mon profond respect.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements à notre promotrice Mme BRAHIMI L. pour son encadrement scientifique et sa disponibilité, ses conseils utiles et précieux, le suivi, l'orientation, je la prie de bien vouloir accepter le témoignage de ma sincère reconnaissance et pour ses enseignements riches.

Toute notre gratitude à mon Co-promoteur défunt Mr AROUN M.E.F. pour son encadrement, ses nombreux conseils lucratifs et pour ses qualités humaines et scientifiques. Il nous inculquait son savoir faire avec abnégation et de tout son cœur. Nos vifs remerciements et nos sincères sentiments à l'endroit de Mr MOUSSAOUI qui nous a prêté aide et assistance. C'est une grande joie pour moi et une profonde émotion d'avoir eu Mr MOUSSAOUI comme président du jury.

Je remercie très sincèrement Mme DJENAS d'avoir bien voulu accepter d'être membre du jury et d'examiner ce travail.

A tout mes enseignants et mes professeurs qui ont assuré notre formation sans oublier les personnels du département d'agronomie de Blida.

Au personnel du laboratoire de zoologie pour leur disponibilité et leur compréhension. En particulier Mme DJEMAI Yamina, Mme Nadjia la responsable de laboratoire de phytopharmacie et Mr Saïd le responsable de laboratoire de pédologie pour le soutien qu'il n'a pas cessé de me prodiguer tout au long de la réalisation de notre mémoire pendant tout le parcours pédagogique.

Je remercie également toute personne ayant contribué de près ou de loin quant à la réalisation de ce travail.

## DÉDICACES

JE DÉDIE CE TRAVAIL À :

MES CHERS PARENTS MON PÈRE SAÏD ET MA MÈRE DALILA

MES DEUX FRÈRES MOHAMED RAFIK ET SEIFEDDINE

MES DEUX GRANDS PÈRES DÉFUNTS MON GRAND PÈRE MATERNEL

MOHAMED ET MON GRAND PÈRE PATERNEL TAHAR

MA TRÈS CHÈRE FAMILLE PATERNELLE ET MATERNELLE

MA PROMOTRICE MME BRAHIMI

A MON REGRETTE DEFUNT CO-PROMOTEUR MR AROUN

A TOUS MES AMI(ES)

MERIEM BOUSSOUF

# **Effet des pesticides sur la faune du sol associée à une culture en place (la culture de la fève)**

## **Résumé**

Les pesticides utilisés en culture maraichère peuvent avoir des effets néfastes sur la pédofaune, les impacts sont en fonction de plusieurs facteurs dont la nature et la dose des pesticides, les pratiques culturales, les conditions climatiques, le type du sol. Afin de visualiser cet impact, nous avons mené une étude sur la pédofaune associée à la culture de la fève *Vicia faba*. L'expérimentation a été réalisée au niveau de la station expérimentale du département de biotechnologie, faculté des sciences de la nature et de la vie, université de Blida 1 durant la période hiverno-printanière étalée entre le 21/02/2018 et le 16/05/2018. Les résultats ont montré clairement l'impact des différents traitements sur la biodiversité du sol. Cependant il est important de signaler que cette faible biodiversité peut être due aux pratiques culturales (travail du sol) adoptées au sein de la station.

**Mots clés :** pesticide, pédofaune, biodiversité.

## **Effect of pesticides on soil fauna associated with an existing crop (bean culture)**

### **Abstract**

Pesticides used in market gardening can have adverse effects on the soil, the impacts are based on several factors including the nature and dose of pesticides, cultural practices, climatic conditions, soil type. To visualize this impact, we conducted a study on the soil fauna associated with the cultivation of the *Vicia faba* bean. Experimentation was carried out at the experimental station of the Department of Biotechnology, Faculty of Science of Nature and Life, University of Blida 1 during the winter-spring period spread between 21/02/2018 and 16/05/2018. The results clearly showed the impact of different treatments on soil biodiversity. However, it is important to point out that this low biodiversity may be due to cultural practices (tillage) adopted within the resort.

**Key words:** pesticide, soil fauna, biodiversity.

## تأثير المبيدات على حيوانات التربة المرتبطة بمحصول قانم على زراعة الفول

### ملخص

يمكن للمبيدات المستخدمة في تسويق الحدائق ان يكون لها اثار ضارة على حيوانات التربة وتستند التاثيرات الى عدة عوامل بما في ذلك طبيعة وكمية المبيدات التطبيقات الزراعية الظروف المناخية نوع التربة . لتصور هذا التأثير اجرينا دراسة على حيوانات التربة المرتبطة بالزراعة افيس فابي داخل المحطة التجريبية لقسم التكنولوجيا الحيوية كلية علوم الطبيعة والحياة جامعة البليدة خلال فترة الشتاء والربيع بين 2018/02/21 و2018/05/16. اظهرت النتائج بوضوح العلاجات المختلفة نظرا للتنوع البيولوجي للتربة ومع ذلك من المهم الابلاغ بان هذا التنوع البيولوجي الضعيف يمكن ان يكون من التطبيقات الزراعية(الحراثة) المعتمدة داخل المحطة.

**الكلمات المفتاحية** المبيدات حيوانات التربة التنوع البيولوجي

# Sommaire

**Remerciements**

**Dédicaces**

**La liste des tableaux**

**La liste des figures**

**La liste des abréviations**

**Résumé**

**Abstract**

ملخص

<b>Introduction générale.....</b>	<b>02</b>
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique .....</b>	<b>03</b>
I. la protection des cultures notamment par les traitements chimiques.....	04
I.1. Les méthodes de lutte .....	05
I.1.1. La lutte biologique .....	05
I.1.2. Les méthodes de lutte physique.....	05
I.1.2.1. La lutte thermique.....	05
I.1.2.2. La lutte électromagnétique.....	05
I.1.2.3. La lutte mécanique.....	06
I.1.2.4. La lutte pneumatique.....	06
I.1.3. Les méthodes associées au système de culture.....	06
I.1.3.1. Le contrôle cultural.....	06
I.1.4. La Lutte chimique.....	07
I.2.Catégorie des traitements.....	08
I.2.1.Présentation des herbicides.....	08
I.2.1.1. La physiologie de la plante.....	08
I.2.1.2. La croissance.....	08
I.2.1.3. La biosynthèse des constituants cellulaires.....	08
I.2.2.Mode d'action des herbicides.....	08
I.2.2.1. Herbicides à pénétration racinaire.....	08
I.2.2.2. Herbicides à pénétration foliaire.....	08
I.2.2.3. Herbicides de contact.....	08
I.2.2.4.Herbicides systémiques.....	08
I.3. La sélectivité.....	09
I.3.1. Sélectivité de position.....	09
I.3.2. Sélectivité d'application.....	09
I.3.3.Sélectivité anatomique.....	09
I.3.4.Sélectivité physiologique.....	09
I.4.Le devenir des herbicides dans le milieu.....	10

I.5. Insecticide.....	10
I.6. Mode d'action des insecticides.....	11
I.7. Fongicide.....	12
I.7.1. Traitement chimiothérapique localisé.....	12
I.7.2. Traitement chimiothérapique généralisé.....	12
I.7.3. Traitement chimiothérapique des vaisseaux.....	12
I.8. Mode d'action des fongicides.....	13
I.8.1. Les fongicides préventifs.....	13
I.8.2. Les fongicides curatifs.....	13
I.8.3. Les fongicides éradiquants.....	13
I.8.4. Les fongicides antisporeulants.....	13
I.8.5. Les fongicides à action directe.....	13
I.8.6. Les fongicides inactifs in vitro.....	13
II. santé du sol.....	14
II.1. Généralité sur la biologie du sol.....	14
II.1.1. Faune du sol.....	14
II.1.1.1. La mégafaune.....	14
II.1.1.2. La macrofaune.....	14
II.1.1.3. La mésofaune.....	15
II.1.1.4. La microfaune.....	15
III. impact du milieu pollué sur la faune du sol.....	16
III.1. Source de la pollution des sols.....	16
III.1.1. Par le fond pédo-géochimique naturel.....	16
III.1.2. Par voie atmosphériques.....	16
III.1.3. Par épandage des déchets.....	16
III.1.4. Avec les apports de phosphates.....	16
III.1.5. A la suite de l'utilisation de pesticides (minéraux et organiques).....	17
III.1.6. Au sein de sites pollués.....	17
III.2. Contamination des sols.....	18
III.3. Effet des pesticides sur la faune du sol.....	18
<b>Chapitre II: Matériels et méthodes.....</b>	<b>19</b>
II.1. Objectif.....	20
II.2. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales.....	20
II.3. Climat.....	22
II.4. Présentation du matériel d'étude.....	22
II.4.1. Matériel végétal.....	22
II.4.2. Traitement chimique utilisé.....	23
II.4.3. Autre matériel.....	23
II.5. Méthodes d'étude.....	24
II.5.1. Méthodes d'obtention des plantes et application des traitements.....	24
II.5.1.1. Obtention des plantules de la fève.....	24
II.5.1.2. Application des traitements chimiques.....	24
II.6. Dispositif expérimental et conduite de l'essai.....	25
II.6.1. Division des unités expérimentales.....	25

II.7. présentation de la plante étudiée.....	26
II.7.1.Définition.....	26
II.7.2. Variétés de fèves utilisées en expérimentation.....	26
II.8. Méthode d'échantillonnage et de prélèvement sur le terrain.....	27
II.9. Méthode d'étude au laboratoire.....	27
II.9.1. Détermination du PH et de la conductivité du sol de la station.....	28
II.10. Extraction de la pédofaune.....	30
<b>Chapitre III : Résultats.....</b>	<b>32</b>
III.1. Estimation des fluctuations globale de la mésofaune en fonction des différents traitements utilisés.....	33
III.1.1 Estimation des fluctuations globale d'acararien (Famille: Oribates) en fonction des différents traitements utilisés.....	33
III.1.2 Estimation des fluctuations globale des collemboles (Famille: onychiurus) en fonction des différents traitements utilisés.....	34
III.1.3 Estimation des fluctuations globale de larve d'insecte (coléoptère: syrphidés) en fonction des différents traitements utilisés.....	34
III.2. Effet comparé des traitements sur la mésofaune dans le temps.....	35
III.2.1. Effet comparé des traitements sur les acariens dans le temps.....	35
III.2.2. Effet comparé des traitements sur les collemboles dans le temps.....	36
III.2.3. Effet comparé des traitements sur les larves d'insecte dans le temps.....	37
III.2.4. Estimation des variations du PH en fonction des traitements utilisés.....	38
III.2.5. Estimation des variations de la conductivité en fonction des traitements utilisés.....	39
III. 3. Tendance des effectifs d'arthropodes étudiée en rapport au trois traitements utilisés.....	40
<b>Chapitre IV: Discussion.....</b>	<b>44</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>46</b>
<b>References bibliographiques.....</b>	<b>52</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Présentation des différents traitements chimiques utilisés dans notre expérimentation.....	<b>23</b>
<b>Tableau 2</b> : Analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les Acariens dans le temps.....	<b>35</b>
<b>Tableau 3</b> : Analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les collemboles dans le temps.....	<b>36</b>
<b>Tableau 4</b> : Analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les larves d'insectes dans le temps.....	<b>37</b>
<b>Tableau 5</b> : Analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les PH dans le temps.....	<b>38</b>
<b>Tableau 6</b> : Analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur la conductivité dans le temps.....	<b>39</b>

## Liste des figures

<b>Figure.1</b> : Mode d'action des herbicides (A2D, 2007modifier).....	<b>9</b>
<b>Figure.2</b> : Mécanisme d'action de carbamate par blocage Acétylcholinestérase (Aly et Abd-Ella, 2011).....	<b>11</b>
<b>Figure.3</b> : Classification des organismes du sol selon leur taille d'après Swift et al (1979).....	<b>15</b>
<b>Figure.4</b> : Présentation du site expérimental (Google earth, 2018).....	<b>20</b>
<b>Figure.5</b> : Climagramme d'emberger de Bernoul et Gausse 2006-2012.....	<b>21</b>
<b>Figure.6</b> : Conditions climatiques lors de l'expérimentation 2018.....	<b>22</b>
<b>Figure.7</b> : Levée de la fève au sein des alvéoles remplies de tourbe dans une hotte (Originale, 2018) .....	<b>24</b>
<b>Figure.8</b> : Division de la parcelle en unités expérimentales (Originale, 2018).....	<b>25</b>
<b>Figure.9</b> : Prélèvement d'échantillon de sol à l'aide d'une tarière (Originale, 2018).....	<b>27</b>
<b>Figure.10</b> : Un agitateur électrique (Originale 2018).....	<b>28</b>
<b>Figure.11</b> : Une filtration des échantillons du sol (Originale, 2018).....	<b>29</b>
<b>Figure.12</b> : Un ph mètre (Originale, 2018).....	<b>29</b>
<b>Figure.13</b> : Un conductimètre (Originale, 2018).....	<b>30</b>
<b>Figure.14</b> : dispositif de Berlése (Originale, 2018).....	<b>31</b>
<b>Figure.15</b> : Effet des traitements sur l'effectif des acariens dans le temps.....	<b>33</b>
<b>Figure.16</b> : Effet des traitements sur l'effectif des collemboles dans le temps.....	<b>34</b>
<b>Figure.17</b> : Effet des traitements sur l'effectif des larves dans le temps.....	<b>34</b>
<b>Figure.18</b> : Fluctuations d'effectif d'acarien en fonction des traitements .....	<b>35</b>
<b>Figure.19</b> : Fluctuations d'effectif de collembole en fonction des traitements.....	<b>36</b>
<b>Figure.20</b> : Fluctuations d'effectif des larves en fonction des traitements utilisés..	<b>37</b>
<b>Figure.21</b> : Fluctuations du PH en fonction des traitements utilisés.....	<b>38</b>
<b>Figure.22</b> : Fluctuations de la conductivité en fonction des traitements utilisés.....	<b>39</b>
<b>Figure.23</b> : Projection des effectifs de mesofaune et des différents traitements étudiés sur les Axes d'AFC.....	<b>40</b>

## Liste des abréviations

- ✓ DDT : dichloro-diphényl-trichloroéthane
- ✓ HCH : Hexachlorocyclohexane
- ✓ % : pourcentage
- ✓ Var : variété
- ✓ C ° : température en celcus
- ✓ mm : millimètre
- ✓ ml : millimètre
- ✓ cm : centimètre
- ✓ m : mètre
- ✓ ml/l : millimètre par litre
- ✓ h : heure
- ✓ g : gramme

## Introduction générale

La fève (*vicia faba* .L) est aujourd'hui parmi les plantes légumières les plus cultivées dans le monde, sa culture dans les pays du bassin méditerranéen est d'environ 25% de la surface totale cultivée et de la production de fève, avec un rendement très proche de la moyenne mondiale 38 qt (**Saxena, 1991**).

Les communautés d'organismes qui se développent dans le sol présentent un intérêt important pour le développement des plantes, notamment les légumineuses, elles constituent une part élevée de la biomasse terrestre et de la biodiversité. La faune du sol recouvre de nombreux taxons, comprenant eux-mêmes des centaines voire des milliers d'espèces pas toujours bien connues (**Decaens et al., 2006; Adl et al., 2013; Gobat et al., 2013**).

La faune du sol est répartie habituellement en fonction de la taille (diamètre) des organismes qui la composent en quatre groupes distincts, micro- (0,2 mm), méso- (entre 0,2 et 2 mm), macro- (entre 2 et 80 mm) et mégafaune (> 80 mm) (**Lavelle, 1997; Gobat et al., 2013**). Le regroupement des invertébrés du sol par catégorie de taille est pertinent car il permet de renseigner sur l'échelle spatiale de vie et l'habitat occupé par les organismes au sein du sol. De plus, ce classement permet de donner une information clé sur les différents rôles joués par les organismes, animaux et microbiens, sur le fonctionnement du sol:Elle a pour spécificité de moduler directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces suite a des modifications physiques des sols et, par conséquent, de modifier, maintenir ou créer des habitats (**Jones, 1994**). Ses principales fonctions sont la fragmentation et l'intégration de la matière organique du sol, ainsi que la formation et le maintien de la structure du sol à travers l'activité de bioturbation.

Les pesticides sont recherchés parce qu'ils sont toxiques pour des groupes spécifiques d'organismes. Bien que tous ces agents aient un degré de spécificité plus ou moins élevé, il n'est pas inconcevable qu'ils puissent avoir une influence sur les résidents microbiens ou non invertébrés du sol. Alternativement, une substance détruisant les antagonistes pour un pathogène végétal particulier ou un insecte nuisible pour le sol pourrait être responsable d'une augmentation des dommages à la

culture plutôt que de la lutte antiparasitaire initialement recherchée. Par conséquent, chaque nouvelle substance chimique introduite doit être soigneusement étudiée pour déterminer si elle nuit à un segment de la communauté du sol nécessaire à la fertilité du sol, au développement des cultures ou à des plantes exemptes d'organismes nuisibles. **(Alexander, 1969).**

C'est dans cette optique et sous la forme d'un plan classique d'évaluation des risques écotoxicologique que nous avons cherché à mettre la lumière sur l'effet néfaste de l'utilisation des pesticides sur la diversité de la pédofaune ; à ce fait l'étude de l'entomofaune offre un grand intérêt écologique visant à caractériser des stratégies de prévention contre les espèces nuisible sans nuire aux espèces utiles.

# Chapitre I

# Synthèse bibliographique

## CHAPITRE I : LA PROTECTION DES CULTURES NOTAMMENT PAR LES TRAITEMENTS CHIMIQUES

### I.1. Les méthodes de lutte

#### I.1.1. La lutte biologique

Le terme "lutte biologique" recouvre différents concepts selon les disciplines impliquées dans la protection des cultures (**Nordlund, 1996**). Afin de préciser notre point de vue, nous suivons **Ferron (2000)** et retiendrons la définition officielle donnée par l'Organisation Internationale de Lutte Biologique et intégrée contre les animaux et les plantes nuisibles. La lutte biologique consiste à utiliser des organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs (**OILB-SROP, 1973**). Nous adopterons cette acception en substituant toutefois le terme "bio-agresseurs" au terme "ravageurs" de manière à élargir la portée de la définition à l'ensemble des ennemis des cultures. L'agent de lutte (ou auxiliaire) peut être un parasitoïde, un prédateur, un agent pathogène (champignon, bactérie, virus, ou protozoaire), ou un concurrent du bio-agresseur visé.

On distingue classiquement trois types de lutte biologique:

**a)** La lutte biologique classique, ou lutte par introduction-acclimatation, consiste à introduire une nouvelle espèce dans un environnement afin de contrôler les populations d'un ennemi des cultures.

**b)** La lutte biologique augmentative consiste à augmenter la taille des populations d'ennemis naturels, soit par des lâchers massifs (lutte inondative) ou par lâchers en petite quantité, l'auxiliaire devant s'établir, se multiplier et coloniser une zone donnée (lutte inoculative).

**c)** La manipulation environnementale permet de favoriser les effets bénéfiques des espèces indigènes d'ennemis naturels (**Ferron, 2000 et Boivin, 2001**).

Le développement d'une méthode de lutte biologique contre un ravageur nécessite quatre étapes:

- 1) étudier la biologie du ravageur
- 2) étudier la biologie des ennemis naturels du ravageur
- 3) mettre au point une production répondant au besoin des expérimentations tant au laboratoire qu'en conditions naturelles

4) valider les expérimentations en laboratoire par des tests en plein champ (**Brunel et Fournet, 2002**).

### **I.1.2. Les méthodes de lutte physique**

Les méthodes de lutte physique incluent toutes les techniques dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique ou biochimique (**Panneton et al, 2000**). On peut schématiquement répartir ces techniques en quatre grandes catégories: la lutte thermique, la lutte électromagnétique, la lutte mécanique, et la lutte pneumatique.

#### **I.1.2.1. La lutte thermique**

Elle consiste à causer des blessures internes aux ennemis des cultures visés (mauvaises herbes, ravageurs, pathogènes) par échauffement létal ou par diminution de la température en dessous du point de congélation (**Laguë et al, 2000**). Ce mode de lutte nécessite une bonne connaissance des seuils de sensibilité thermique des bio-agresseurs, mais également de la culture à protéger si l'opération est effectuée pendant la culture. Plusieurs méthodes sélectives ont été expérimentées avec succès charançon de la luzerne, pyro-désherbage en post-levée dans le maïs et la pomme de terre (respectivement **Blickenstaff et al, 1967**; **Lien et al, 1967**; **Hansen et al, 1968**; cités par **Laguë et al, 2000**). En Europe (**Daar, 1987**) et aux Etats-Unis (**Kepner et al, 1978**).

#### **I.1.2.2. La lutte électromagnétique**

Elle repose sur l'interaction entre un rayonnement électromagnétique, ou un courant, et la matière constituant l'ennemi des cultures visé (insectes, mauvaises herbes, pathogènes). Cette méthode ne cause pas de dommage aux cultures hôtes et ne laisse pas de résidus, mais reste peu développée pour des raisons de coût (**Lewandowski, 2000**).

#### **I.1.2.3. La lutte mécanique**

Elle concerne essentiellement la maîtrise des plantes adventices et des insectes. Dans le premier cas, différentes modalités de lutte mécanique sont possibles : travail du sol, fauche, utilisation de paillis, désherbage manuel et inondation. On a estimé que 50 à 70% des producteurs agricoles de la planète désherbaient manuellement (**Hill, 1982**; **Wicks et al, 1995**, cités par **Cloutier et Leblanc, 2000**). En France, la lutte mécanique contre les adventices par le travail du sol est la méthode de lutte physique la plus utilisée en grandes cultures.

Pour la maîtrise des insectes, l'utilisation de barrières physiques se révèle une méthode intéressante. Cette technique consiste à rendre plus difficile l'arrivée de ravageurs dans une zone de production en l'entourant ou en obstruant le passage. Cette technique est plus efficace en culture sous serre qu'en grandes cultures.

#### **I.1.2.4. La lutte pneumatique**

Elle consiste à utiliser l'air en mouvement (soufflerie et/ou aspiration) pour éliminer les insectes ravageurs (**Khelifi et al, 2000**). Cette technique dépend fortement de l'insecte visé et de la culture à protéger. Elle s'est révélée efficace dans certains cas (mouches blanches, *Aleurodidae* ; punaise terne (*Lygus lineolaris*) ou a donné des résultats mitigés : doryphore de la pomme de terre ; *Leptinotarsa decemlineata* Say ; **Khelifi et al, 2000**). C'est surtout sur le continent nord-américain que cette approche a été la plus étudiée, en France son utilisation est marginale en grandes cultures. Les inconvénients de ce système de lutte sont le compactage du sol, la destruction des auxiliaires, et les dommages mécaniques causés aux cultures (**Moore, 1990 ; cité par Khelifi et al, 2000**).

#### **I.1.3. Les méthodes associées au système de culture**

##### **I.1.3.1. Le contrôle cultural**

La lutte culturale peut être définie comme une adaptation du système de culture (au sens de **Sebillotte, 1990**) pour limiter le développement des ennemis des cultures (**Bajwa et Kogan, 2004**), de manière préventive ou curative. Implicitement, cette définition implique que les éléments du système de culture concernés par la lutte culturale ne portent ni sur la lutte chimique, biologique, génétique ou physique (en particulier le désherbage mécanique). Cette méthode de lutte fait appel à des modifications de la succession des cultures, à l'implantation de couverts intermédiaires, ou de cultures associées, à des modifications des dates et des densités de semis, des dates de récolte, de la fertilisation (N,P,K) et des amendements (chaulage), de l'irrigation ou du drainage (**Zadoks, 1993a; Flint et Gouveia, 2001; Delos et al., 2002**).

#### I.1.4. La Lutte chimique

En attendant une possible extension de la lutte intégrée à de nombreuses cultures à travers le monde, G Strebler constate que dans le présent, la protection chimique des cultures mettant en œuvre notamment les insecticides, reste encore indispensable. Mais cette lutte chimique est en évolution constante successivement, des produits très toxiques pour les vertébrés ou pour l'environnement ont été interdits: Arséniates, DDT, HCH, cyclopentadiènes chlorés (aldrin, dieldrine, heptachlore...) .Aujourd'hui, la préférence est donnée aux insecticides à action rapide et qui sont biodégradables dans le milieu organophosphorés, carbamate, et pyréthrinoides.

Les structures de ces composés sont souvent fort éloignées de celle des pyréthrines naturelles et de plus ils possèdent parfois jusqu'à stéréo-isomères dont seulement un ou deux sont actifs la fabrication industrielle doit donc synthétiser électivement les stéréo-isomères les plus insecticides.

L'auteur conclut: progressivement la sélectivité vis à vis des espèces non cibles c'est accrue, permettant de proposer l'intégration des méthodes de lutte biologiques et chimiques aboutissant à une meilleure protection des cultures et respectant mieux certains auxiliaires particuliers comme l'abeille. La sécurité pour l'espèce humaine c'est également accrue en partie grâce à une certaine diminution des risques de toxicité aiguë et à une meilleure connaissance des risques différés liés à la toxicité chronique mais surtout à la mise au point récente de molécules intrinsèquement beaucoup plus efficaces (pyréthrinoides, benzoyl-urées, avermectine...) entraînant des diminutions très importantes des doses appliquées.

En accord avec l'évolution des insecticides Mlle Nourigeon expose les dernières mesures prises par le Ministère de l'agriculture afin que les effets secondaires éventuellement néfastes consécutifs à l'application des produits soient réduits au minimum voire supprimés. **(Lhoste et Normand, 1987)**

## **I.2. Catégorie des traitements**

### **I.2.1. Présentation des herbicides**

**Cirad (2000)**, signale que les herbicides agissent sur différents processus de croissance et de développement des plantes: ils perturbent le fonctionnement de

**I.2.1.1. La physiologie de la plante:** la photosynthèse ou la perméabilité membranaire

**I.2.1.2. La croissance:** la division cellulaire, l'élongation, etc....

**I.2.1.3. La biosynthèse des constituants cellulaires :** lipides, pigments caroténoïdes, acides aminés, etc. ....

Ce même auteur affirme que l'efficacité d'un herbicide dépend de la dose épanchée, et que le spectre d'efficacité correspond à l'ensemble des espèces maîtrisées par un produit à une dose donnée.

### **I.2.2.Mode d'action des herbicides**

Les herbicides se distinguent par rapport à leur voie de pénétration dans les végétaux et à leur déplacement dans la plante

#### **I.2.2.1. Herbicides à pénétration racinaire**

Ce sont les traitements herbicides de pré-levée, effectués avant la levée de la plante considérée (culture ou mauvaise herbe).

#### **I.2.2.2.Herbicides à pénétration foliaire**

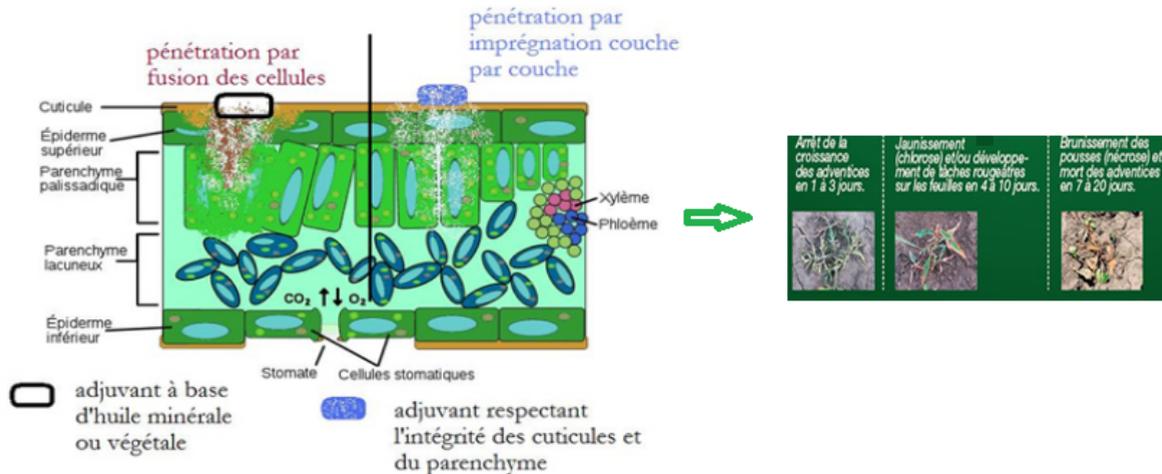
Ce sont les traitements herbicides de post levée, effectués après la levée de la plante considérée (culture ou mauvaise herbe).

#### **I.2.2.3.Herbicides de contact**

Herbicides qui agissent après pénétration plus ou moins profonde dans les tissus, Sans aucune migration d'un organe à un autre de la plante traitée.

#### **I.2.2.4.Herbicides systémiques**

Herbicides capables d'agir après pénétration et migration d'un organe à un autre de la plante traitée (**Cirad, 2009**)



**Figure1** : Mode d'action des herbicides (A2D, 2007modifier)

### I.3.La sélectivité

La sélectivité des herbicides correspond à une modification d'au moins une des phases de l'action des produits dans la plante.

**I.3.1.Sélectivité de position** : l'herbicide de prélevée appliqué en surface, ne se répartit dans la zone que germe la plupart des espèces de mauvaises herbes

**I.3.2.Sélectivité d'application** : il s'agit d'éviter le contact du produit avec la plante cultivée lors de la pulvérisation, employée surtout avec des herbicides totaux dans des cultures à grand écartement

**I.3.3.Sélectivité anatomique**: concernent principalement les produits de post-levée ou la pénétration par les feuilles peut être gênée par la présence de poils ou par l'épaisseur de la cuticule de l'épiderme, les feuilles de graminées, dressées et étroites, retiennent moins bien les gouttelettes que celles des dicotylédones, souvent larges et étalées

**I.3.4.Sélectivité physiologique**: la sélectivité peut être obtenue par des différences de comportement physiologique entre les végétaux (Espèces sensible) (Cirad, 2000)

### I.4.Le devenir des herbicides dans le milieu

Après leur application dans le milieu, les herbicides se dégradent plus ou moins rapidement comme tous les autres pesticides:

- Ils participent en partie au métabolisme dans la plante cible
- Une faible part est exportée par volatilisation dans l'air, par ruissellement par les pluies ou par lessivage dans les couches inférieures du sol (milieu tempéré)
- Une part est adsorbée par les argiles et les matières organiques du sol avant de subir une dégradation biochimique et microbiologique

La rémanence ou persistance d'action correspond à la durée pendant laquelle un produit herbicide manifeste son activité il est toujours nécessaire de s'assurer de l'absence d'arrière-effet d'un produit sur la culture suivante. L'emploi continu des mêmes produits herbicides conduit inévitablement à des sélections de flore, c'est-à-dire des peuplements souvent mono spécifiques, Constitués des espèces sur lesquelles ces matières actives ne sont pas efficaces, on parle parfois d'inversion *de flore* .Ces nouvelles populations ne peuvent être maîtrisées que si l'on modifie les techniques de désherbage ou du moins si l'on diversifie les produits utilisés en choisissant d'autres familles Chimiques qui auront d'autres sites d'action.(**EI Azzouzi, 2013**)

### **I.5.Insecticide**

Sont utilisés pour la protection des plantes contre les insectes Ils interviennent en les éliminant ou en empêchant leur reproduction, différents type existent : les neurotoxique, les régulateurs de croissance et ceux agissant sur la respiration cellulaire (**Tomlin,in Merrouche et al., 2016**)

### **I.6.Mode d'action des insecticides**

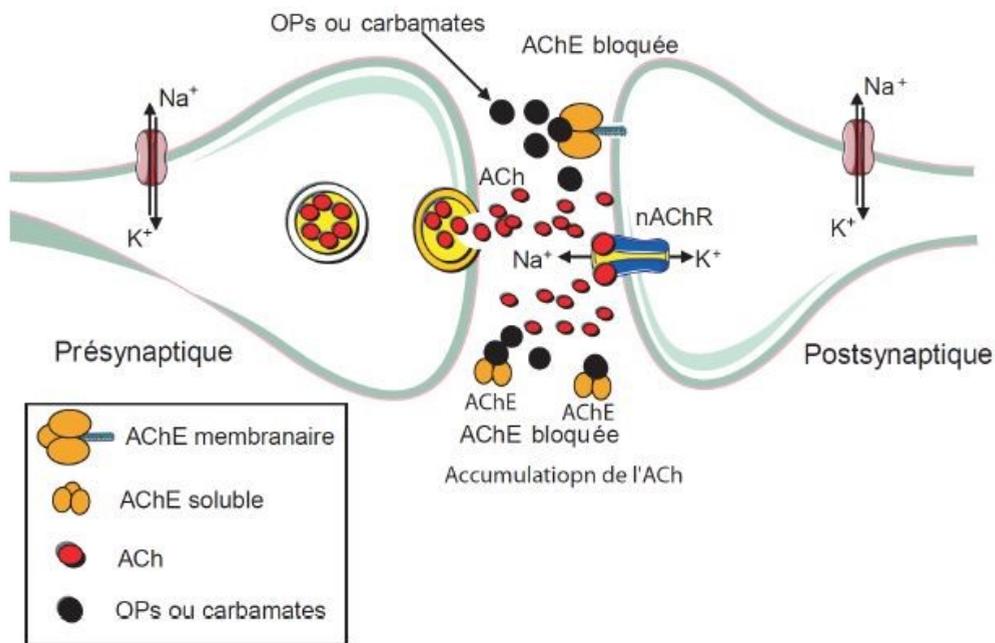
La plupart des insecticides aujourd'hui commercialisés ont des **effets neurotoxiques**.

Les produits actifs sur le système nerveux ont des effets:

- Sur la transmission
- Sur la conduction

La transmission de l'information, qu'il s'agisse de perception ou d'actions, s'opère au Travers du tissu nerveux Les messages circulent au travers de neurones Le processus qui accompagne le cheminement de l'information comprend: d'une part, le

**potentiel de membrane** et les **flux ioniques** qui en sont la cause, d'autre part les transports synaptiques qui font intervenir différents **médiateurs chimiques**



**Figure 2** : Mécanisme d'action de carbamate par blocage Acétylcholinestérase  
(Aly et Abd-Ella, 2011)

Le mode d'action principal des organophosphorés est l'inhibition, de manière irréversible, de l'acétylcholinestérase, ce qui a pour effet une surexcitation des neurones et donc de la fibre nerveuse, le message nerveux est mal transmis ou surexprimé, ce qui peut impliquer une baisse de la tension artérielle, des difficultés pour respirer, des convulsions, des paralysies, notamment respiratoires, et la mort par asphyxie de l'individu). (Shiffers, 2011)

## I.7.Fongicide

On peut avec **HORSFALL (1956)**, distinguer trois variantes de ces traitements, selon l'importance de la migration des fongicides dans le végétal

**I.7.1. Traitement chimiothérapeutique localisé** Le produit est épandu sur les parties aériennes du végétal et pénètre à travers les téguments

**I.7.2. Traitement chimiothérapeutique généralisé** Un tel traitement sera réalisé lorsqu'un fongicide appliqué par exemple sur les racines détruira une cryptogame établie dans les parties aériennes

**I.7.3. Traitement chimiothérapeutique des vaisseaux** Pour mener à bien un tel traitement il faut que le fongicide soit transporté dans le végétal par le système vasculaire ou à son voisinage et que le fongicide soit actif sur les agents de la maladie des vaisseaux. (**Lhoste, 1960**)

## I.8.Mode d'action des fongicides

Les traitements chimiques sont largement utilisés pour combattre les maladies fongiques et bactériennes Le chiffre d'affaire mondial des produits phytosanitaires avoisine les 23 milliards d'euros avec une part pour les fongicides de 18 % et de moins d'1% pour les produits antibactériens .Les quelques 120 matières actives antiparasitaires disponibles sont principalement des **molécules organiques de synthèse**, avec toute fois **quelques substances minérales** dont **le soufre élémentaire** et les **produits cupriques**, ainsi que les **antibiotiques**

La plupart des molécules antibactériennes et/ou antifongiques utilisables en agriculture agissent directement sur les agents pathogènes Selon l'action exercée au niveau du cycle parasitaire de base, un fongicide possède une activité préventive ou antipénétrante, curative ou antisporelante En fonction de son comportement, le fongicide peut être de surface (ou.de.contact), pénétrant, translaminaire ou systémique

**I.8.1. Les fongicides préventifs** traitement prophylactique, avant. l'infection.

Des applications répétées sont nécessaires pour protéger les nouvelles pousses et les nouvelles feuilles, et renouveler le dépôt de fongicide (qui se dilue et se dégrade avec le temps) C'est le cas le plus fréquent, et le traitement le plus sûr car les champignons se reproduisent vite à partir de quelques cellules infectées. Le traitement préventif est possible jusqu'à la formation de l'haustorium Sans le développement de l'haustorium, le champignon ne peut se développer et meurt

**I.8.2. Les fongicides curatifs** traitement pendant la phase d'incubation (donc après le début du développement du champignon dans la plante)

**I.8.3. Les fongicides éradiquants** traitement après l'incubation, dès l'apparition des symptômes d'infestation

**I.8.4. Les fongicides antisporeulants** traitement après l'infection, pour empêcher la dissémination des spores et la propagation de la maladie

Les fongicides ont des modes d'action beaucoup plus diversifiés que les herbicides ou les insecticides On distingue:

**I.8.5. Les fongicides à action directe** qui agissent directement sur les: parasites. (in vitro) Les fongicides à action directe ont un ou plusieurs sites d'action biochimiques

**I.8.6. Les fongicides inactifs in vitro** qui agissent par l'intermédiaire: des plantes agissent par l'intermédiaire des plantes hôtes.

Ces derniers sont transformés dans la plante en composés phytotoxiques. L'activité peut être due à un métabolite, ou bien ils inactivent des métabolites émis par les parasites et toxiques pour la plante sans inhiber la croissance du champignon, ou bien encore, ils stimulent les réactions de défense.de la plante (comme le phoséthyl-Al, responsable de la production de terpènes et de phénols antifongiques, les phytoalexines, par exemple pour la tomate infestée). (**Shiffers, 2011**)

## II : SANTE DU SOL

### II.1.Généralité sur la biologie du sol

#### II.1.1.Faune du sol

La faune du sol représente l'ensemble des animaux qui passe une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (**Bachelier, 1978 in Goutan, 2013**). Elle est estimée actuellement à plus de 23 % de la biodiversité animale décrite de nos jours (**Lavelle & al.,2006 in Goutan, 2007**) Selon sa localisation, la faune du sol est Classée en **epiédaphon** comprenant la faune demeurant à la surface du.sol, en **hémiedaphon** composé de la faune vivant dans la litière et l'horizon organique et enfin en **euédaphon** faune vivant dans le sous sol, a classé la faune du sol en (04) catégories:

##### II.1.1.1.La mégafaune

La mégafaune comprend les animaux qui mesurent plus de 80 mm de longueur On trouve à la fois dans ce groupe des Crustacés, des Reptiles, des Batraciens de nombreux Insectivores (taupes, musaraignes) et des Rongeurs (rats, campagnols).

##### II.1.1.2.La macrofaune

Elle est composée d'individus mesurant entre 4 et 80 mm .La macrofaune est Constituée par les vers de terre, les termites, des arthropodes (crustacés isopodes, myriapodes, arachnides), les mollusques gastéropodes (limaces, escargots), quelques crustacés (isopodes ou amphipodes), les insectes (isoptères, orthoptères, coléoptères, diptères, hyménoptères). (**Goutan, 2013**)

### II.1.1.3. La mésofaune

La mésofaune est composée d'individus mesurant entre 0,2 et 4 mm de longueur et de diamètre compris entre 0,1 à 2 mm. Les microarthropodes qui sont les collemboles et les acariens constituent l'essentiel de cette mésofaune avec d'autres insectes aptérygotes tels que les protoures, les diploures et les thysanoures, les enchytréides (petits vers oligochètes), les symphyles (myriapodes), les plus petits insectes ou leurs larves appartiennent aussi à la mésofaune. La mésofaune encore appelée méiofaune est répartie en fonction du comportement des individus vis-à-vis de l'humidité. On a ainsi les édaphos hygrobiontes qui recherchent activement l'humidité, les édaphos xérophiles capables de supporter la sécheresse.

### II.1.1.4. La microfaune

La microfaune comprend les individus qui mesurent moins de 0,2 mm de longueur et de diamètre inférieur à 0,1 mm. L'essentiel de la microfaune est constitué par les protozoaires et les nématodes.

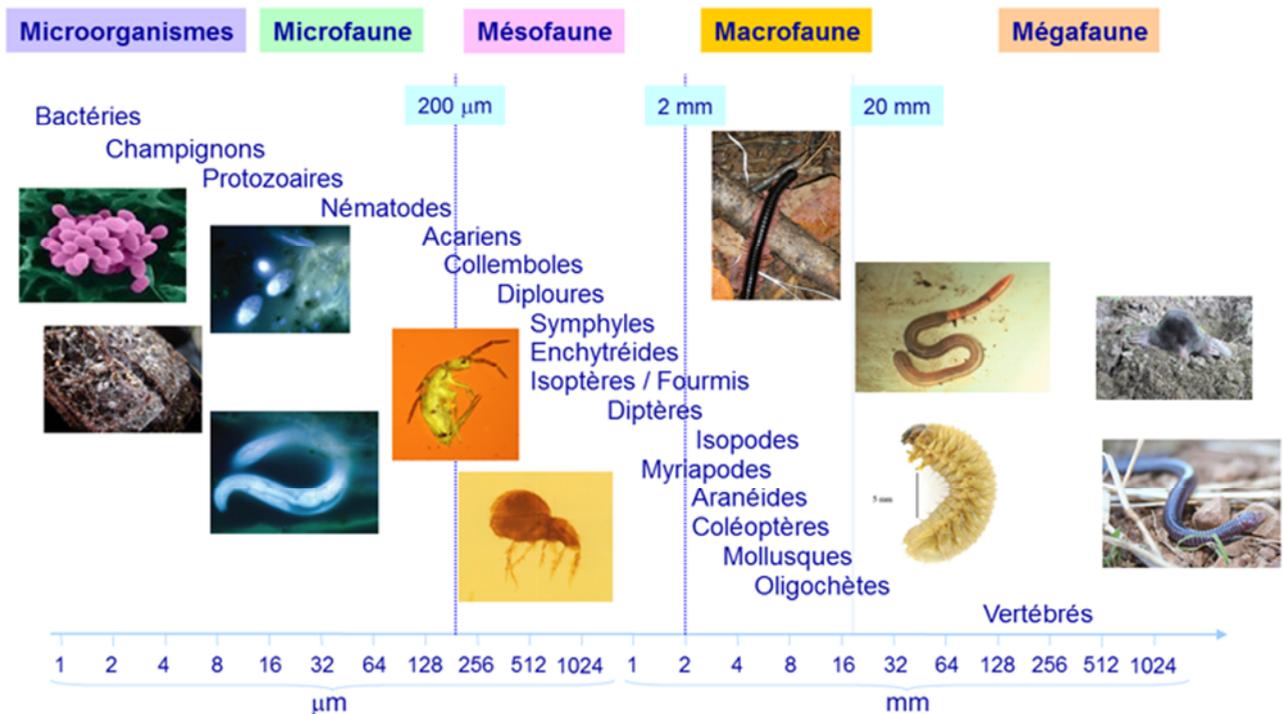


Figure 3 : Classification des organismes du sol selon leur taille d'après Swift et al (1979)

### III : IMPACT DU MILIEU POLLUE SUR LA FAUNE DU SOL

#### III.1. Source de la pollution des sols

**D'après Mazoyer (2002)**, les causes de la pollution des sols liées à l'activité agricole proviennent essentiellement de l'existence, dans les produits utilisés pour fertiliser ou traiter les cultures, de différents composés toxiques. Ces derniers sont souvent présents en très petites quantités, mais leur accumulation lente peut entraîner la contamination de certains sols cultivés, ces substances sont en effet très peu mobiles dans le sol et sont peu absorbées par les plantes. **Selon (Stengel et Gelin, 1998)**. Ces produits toxiques parviennent-ils aux sols par différentes voies:

**III.1.1. Par le fond pédo-géochimique naturel** Les sols comportent naturellement des éléments traces métalliques, héritage de la roche mère. Ces éléments sont en partie absorbés par les racines des plantes puis libérés plus tard dans le sol

**III.1.2. Par voie atmosphérique** En plus de ses composants gazeux, l'atmosphère contient des particules, les aérosols, qui proviennent de sources variées, naturelles ou liées aux activités humaines.

**III.1.3. Par épandage des déchets** La matière organique, les éléments fertilisants et les boues d'épuration contiennent souvent des substances toxiques, en particulier des métaux à l'état de trace qu'il est actuellement impossible d'extraire dans des conditions techniquement et économiquement acceptables.

**III.1.4. Avec les apports de phosphates** Une étude réalisée sur des parcelles témoins, existant depuis 1929 sur le domaine de l'INRA à Versailles, a confirmé que la contribution des engrais phosphatés représente une part importante de la pollution totale en cadmium des sols qui ne reçoivent pas d'autres épandages.

**III.1.5. A la suite de l'utilisation de pesticides (minéraux et organiques)** Parmi les sources de contamination diffuse les matières fertilisantes et les produits de traitements des cultures. Les engrais issus de gisements minéraux et les amendements organiques apportent des quantités significatives d'éléments traces. De nombreux traitements pesticides contribuent à la contamination des sols. Des études récentes indiquent que les pesticides organiques actuellement utilisés peuvent perturber l'activité microbienne dans le sol pendant quelques semaines.

**III.1.6. Au sein de sites pollués** Les sites pollués sont des sites dont le sol ou le sous-sol ou les eaux d'irrigation ont été pollués localement par d'anciens dépôts de déchets ou par l'infiltration de substances polluantes. Les sols comportent naturellement des éléments-traces métalliques, héritage de la roche mère et des retombées atmosphériques d'origine naturelles. **(Aissaoui, 2012)**

### **III.2. Contamination des sols**

Les pesticides dans les sols peuvent provenir des activités agricoles mais également des activités d'entretien des espaces verts et jardins ou de désherbage des réseaux routiers et ferrés. La vitesse d'infiltration des pesticides dans le sol dépend de certains facteurs tels que l'humidité, le taux de matière organique, le pH et du pesticide. Par ailleurs, il n'existe pas de dispositif équivalent à ceux relatifs à l'eau et à l'air pour la caractérisation de la contamination des sols par les pesticides, Il est connu que les insecticides organochlorés sont assez persistants dans l'environnement et certains bien qu'interdits d'usage peuvent rester présents dans le sol pendant plusieurs années (lindane, alpha-HCH). A l'heure actuelle les insecticides utilisés (organophosphorés, pyréthriinoïdes, carbamates et autres) se dégradent rapidement, par contre les herbicides sont assez persistants dans les sols et leurs produits de dégradation sont souvent stables. **(Chaignon et al., 2003 in Bencheikh, 2016)**

### **III.3.Effet des pesticides sur la faune du sol**

L'utilisation des pesticides contribue à la réduction de la vie dans les sols (**Kumar, 1991**) et peuvent éliminer jusqu'à 90% de la population de la macrofaune (**Lavelle, 2000**). Les prédateurs à biomasse élevée se trouvent alors remplacés par des acariens (**Bachelier, 1978**). Ainsi, on assiste à un changement de la structure de la chaîne alimentaire au profit des niveaux trophiques les plus bas. Le corollaire est la détérioration des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol.

# **Chapitre II**

## **Matériels et méthodes**

## II.1 Objectif

Dans le but de la mise en œuvre de l'effet néfaste présumé des pesticides sur le développement des plantes cibles, nous avons choisi pour la réalisation de notre expérimentation la culture de fève, var Aguadulce, en raison de son importance parmi les légumineuses. Cependant notre travail consiste à étudier:

- L'effet de différents types de pesticides (insecticide, fongicide, herbicide) sur la faune du sol associé à la culture de la fève.

## II.2 Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

Les essais de la présente étude ont été réalisés au sein du laboratoire de phytopharmacie du même département durant la période 11/04/2018-16/05/2018.



Figure 4 : Présentation du site expérimental (Google earth, 2018).

## II.3. Climat

Le climat est déterminé par le degré d'ensoleillement, le niveau des températures et la force des vents, Les contrastes de température diurne et nocturne activent la convection qui génère de la pluie grâce à l'apport en humidité.

Suite a ces changements, ce climat a donc un impact direct sur la végétation environnante qui est tributaire aussi du degré de plasticité de cette dernière

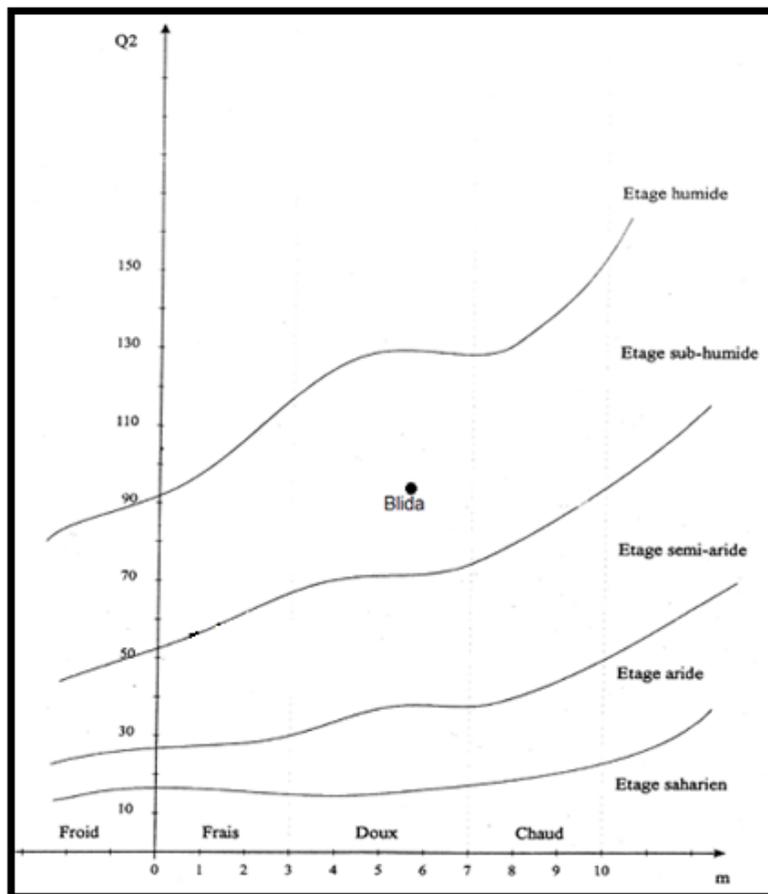
L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans les étages bioclimatiques, il est calculé par le biais du coefficient pluviométrique dont l'équation selon Stewart (1996):

$$Q_2 = 3.43 (P / M - m)$$

P= pluviométrie annuelle (mm)

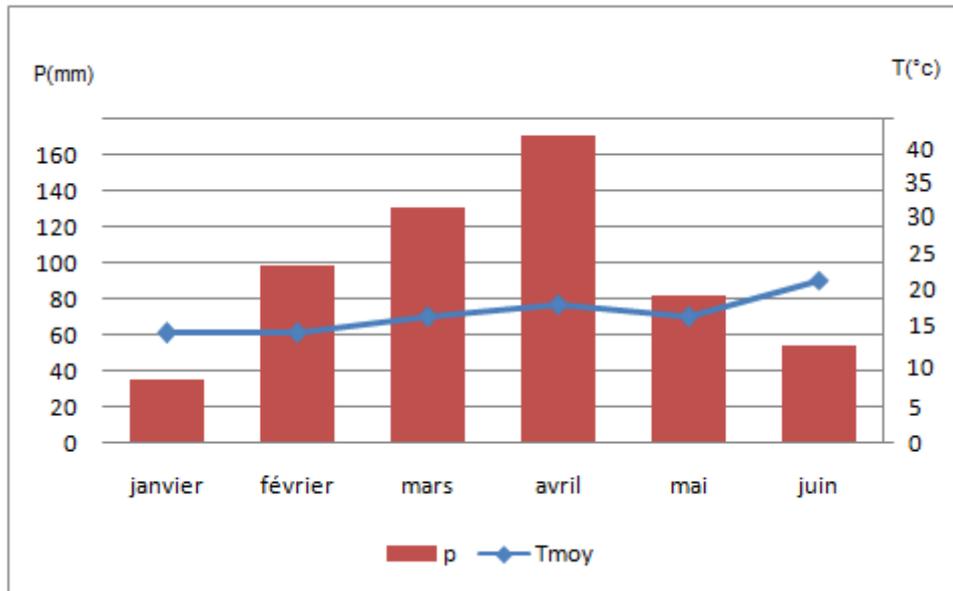
M= Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

m= Moyenne des températures minimales du mois le plus froid



**Figure 5 : Climagramme d'emberger de Bernoul et Gausson 2006-2012**

Ainsi l'indice d'emberger avec un coefficient  $Q_2 = 92$  classe la région de Blida dans l'étage bioclimatique sub-humide avec un hiver doux (Figure 5).



**Figure 6 : Conditions climatiques lors de l'expérimentation 2018**

D'après le climatogramme représentatif de notre période expérimentale qui s'étale de janvier jusqu'au juin 2018, on constate que les précipitations se montrent de manière importante notamment au mois d'avril avec des quantités qui avoisine les 170 mm, suivi par le mois de mars et de février avec des quantités respectives de 130mm et 99mm (Figure 6).

Cependant les températures affichent une disparité relative, avec une température maximale moyenne affichée au mois de juin suivit par le mois d'avril avec les valeurs 20°C et 17°C.

#### **II.4 Présentation du matériel d'étude**

Le matériel nécessaire pour l'expérimentation est présenté comme suit :

**II.4.1. Matériel végétal:** Représenté principalement par la semence de fève, var Aguadulce

#### II.4.2. Traitement chimique utilisé:

**Tableau 1:** Présentation des différents traitements chimiques utilisés dans notre expérimentation

Traitement	Nom commercial	Matière active	Dose utilisée
<b>Insecticide</b>	Choke	Chlorpyriphos	1,5ml/l
<b>Fongicide</b>	Cardilac	Mancozebe	2ml/l
<b>Herbicide</b>	Fusiforpe	Fluazifop-p-butyl	1ml/l

#### II.4.3. Autre matériel

- ✓ Un mètre afin de mesurer périodiquement la longueur des plants.
- ✓ Balance électrique
- ✓ Un pulvérisateur à main de 3000 ml est utilisé pour l'application du traitement chimique
- ✓ Une Pèle
- ✓ Une tarière
- ✓ Une binette
- ✓ Un pH-mètre
- ✓ Un conductimètre
- ✓ Un agitateur
- ✓ Un mortier
- ✓ Un entonnoir
- ✓ Des tamis pour le berlése
- ✓ Un tamis de sol
- ✓ Des bouteilles en verre
- ✓ Des petits sachets noirs
- ✓ Des lampes
- ✓ Des journaux
- ✓ Des étiquettes
- ✓ Papier filtre
- ✓ Des fioles de 250ml
- ✓ L'eau distillée
- ✓ Des sachets en plastiques hermétiques.

## II.5. Méthodes d'étude

### II.5.1. Méthodes d'obtention des plantes et application des traitements

#### II.5.1.1. Obtention des plantules de la fève

L'expérimentation a été menée sur des plantules de fève var. Aguadulce, la germination a été réalisée durant la période 9/02/2018 dans l'eau pendant 48h.

Le 12/02/2018: les graines germées ont été transplantées dans des alvéoles noires en plastiques de 128 trous (8 × 16) contenant de la tourbe à raison de 2 graines par cellule (Figure 7), ensuite on les a mis dans une hotte sous des conditions contrôlées, les semences ont été arrosées tout les 3 jours, après 9 jours les plantes ont été transplantées dans le sol.



**Figure 7** : Levée de la fève au sein des alvéoles remplies de tourbe dans une hotte (Originale, 2018).

#### II.5.1.2. Application des traitements chimiques

La pulvérisation par traitements chimiques au niveau des unités expérimentales était faite en matinée et de manière hebdomadaire avec les doses indiquées ci-dessus (Tableau 1).

## II.6. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

### II.6.1. Division des unités expérimentales

Les parcelles sont divisées en 12 unités expérimentales (figure 8).

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet, chaque unité comportait 12 plants ou chaque traitement a subi trois répétitions, à savoir 36 plants pour chaque traitement

Les blocs sont distants de 2m les uns des autres, à l'intérieur de chaque bloc nous avons semé les graines de fève germées comme suit:

- ✓ Ameublir le sol sur 30 cm environ.
- ✓ Tracer deux sillons de 10-15 cm de profondeur espacés entre eux de 50cm.
- ✓ Déposer une graine tous les 20 cm puis enfoncez là légèrement avec le pouce.
- ✓ Recouvrir de quelques centimètres seulement sans tasser la terre.
- ✓ Arroser en pluie fine.
- ✓ Faire tourner le sol à l'aide d'une binette au tour des plantules d'une manière hebdomadaire.



**Figure 8** : Division de la parcelle en unités expérimentales (Originale, 2018)

## II.7. présentation de la plante étudiée

### II.7.1. Définition

Les fèves sont des plantes annuelles légumineuses de la famille des Fabaceae, sous-famille des Faboideae, tribu des Fabeae. Comme les féveroles, les fèves cultivées ont comme origine l'espèce botanique Vicia faba.

### II.7.2. Variétés de fèves utilisées en expérimentation

On ne connaît pas le type sauvage de l'espèce, ce qui prouve l'ancienneté de la culture de l'espèce. Il existe plusieurs variétés et cultivars, que l'on différencie par la grosseur, la couleur et la qualité des graines. Les fèves sont généralement grimpantes, idéalement, la fève maraîchère ou grosse fève correspond à la variété véritable *Vicia faba var. faba*.

Cependant il existe divers cultivars

- la petite fève présente des gousses qui ne contiennent que trois graines, très bonnes pour la consommation.
- la fève de Nice produit de très grosses graines.
- **la fève d'Aguadulce, très cultivée dans les jardins, présente des gousses d'une trentaine de centimètres qui est la variété utilisée dans notre expérimentation.**
- la fève de Séville a des gousses assez larges (3 cm) et longues de 15 cm, elle est très hâtive et a un bon rendement.
- une variété de fèves nommée *gourgane* est consommée au Québec.
- la fève Stéréo (*vicia faba* en latin et broad bean en anglais) peut être consommée avec la cosse (en "mangetout")
- autres cultivars : « Tezierémeraude », « Trois fois blanches », « Red Epicure », « Primabel »

## II.8. Méthode d'échantillonnage et de prélèvement sur le terrain

La période d'échantillonnage s'est étalée de 11 avril au 16 mai 2018, les prélèvements sont réalisés tous les 15 jours. Ces prélèvements de sol ont été

effectués aléatoirement avec 3 répétitions pour chaque échantillon sur les 4 microparcelles, soit au total 12 échantillons par prélèvement.

6 prélèvements de sol ont été réalisés à 5 cm de profondeur .les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un carottier spécifique aux prélèvements pour analyse du sol (figure 9)

Les échantillons de sol accompagnés d'une fiche de renseignements ont été conservés dans des sacs en plastique hermétiques puis acheminés au laboratoire le jour même du prélèvement.



**Figure 9** : prélèvement d'échantillon de sol à l'aide d'une tarière (Originale, 2018).

## **II.9. Méthode d'étude au laboratoire**

### **II.9.1. Détermination du PH et de la conductivité du sol de la station**

Les opérations suivantes sont opérées pour chaque échantillon comme suit :

- Le prélèvement du sol est opéré à (0-5cm de profondeur)
- Les échantillons de sol accompagné d'une fiche de renseignement ont été conservés dans des sacs en plastique hermétiques puis acheminés au laboratoire le jour même du prélèvement.
- Un séchage d'abord à l'air libre des échantillons prélevés quand doit mettre dans un journal.

- Broyage du sol à l'aide d'un mortier puis un tamisage du sol avec un tamis de sol

Une quantité de 20g de chaque échantillon de sol a été pesée puis mise dans une bouteille en verre avec 50 ml de l'eau distillée

- Une agitation des échantillons de sol à l'aide d'un agitateur électrique pendant 1h (figure 10).
- Ensuite laisser le sol se décompter.
- filtration des échantillons à l'aide d'un papier filtre après 24h (figure 11).
- Lecture de ph avec un ph mètre en plus la conductivité (figure 12,13)



**Figure 10** : un agitateur électrique (Originale, 2018)



**Figure 11** : une filtration des échantillons du sol (Originale, 2018)



**Figure 12** :un ph mètre (Originale, 2018)



**Figure 13** : un conductimètre  
(Originale, 2018).

## II.10. Extraction de la pédofaune

La méthode utilisée pour extraire les microarthropodes du sol est la méthode dite de ((Berlése Tullgren)) (figure 14). Son principe consiste à placer un volume de terre connu pendant sept jours sur un tamis surplombant. L'extracteur constitué d'un entonnoir afin de dessécher lentement l'échantillon du haut vers le bas .chassée ainsi par la dessiccation progressive de la terre, la faune (collembolles, acariens, myriapodes, et petites larves d'insectes) quittent l'échantillon par le bas et tombent dans l'entonnoir jusqu'à un béccher contenant de Formaldéhyde à 1%.



**Figure 14** : dispositif de Berlése (Originale, 2018).

# Chapitre III

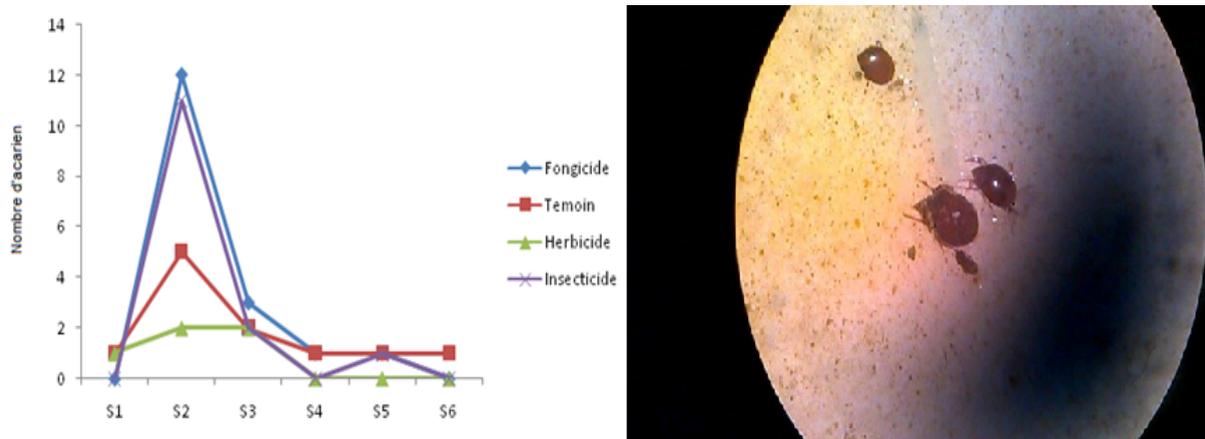
## Résultats

## Chapitre III : Résultats

### III.1. Estimation des fluctuations globale de la mésofaune en fonction des différents traitements utilisés

La pédofaune du sol est sujet de plusieurs contraintes d'ordre chimique, résultante de l'utilisation des pesticides. Afin de mettre la lumière sur ces effets, l'application de trois traitements chimiques sur la culture de fève ont eu lieu, à savoir Chlorpyriphos, Mancozebe et Fluazifop-p-butyl . La somation d'effectif de mésofaune résultante d'un échantillonnage hebdomadaire est représentée ci-dessous.

#### III.1.1 Estimation des fluctuations globale d'acarien (Famille: Oribates) en fonction des différents traitements utilisés



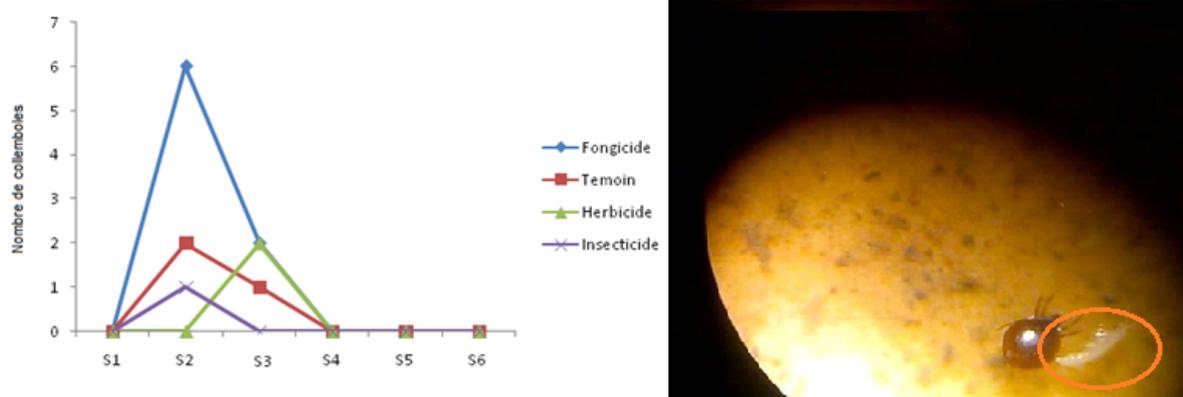
**Figure 15** : Effet des traitements sur l'effectif des acariens dans le temps  
(Originale,2018)

**S1** :11/04/2018, **S2** :18/04/2018, **S3** :25/04/2018, **S4** :02/05/2018, **S5** :09/05/2018, **S6** :16/05/2018

La représentation graphique montre que les traitements (fongicide, témoin, herbicide, insecticide) ont un effet bien apparent sur les acariens. Au début de mai, le déclin est important, cependant le nombre est plus important à la deuxième quinzaine du mois d'Avril (Figure15).

### III.1.2 Estimation des fluctuations globale des collemboles (Famille: onychiurus) en fonction des différents traitements utilisés

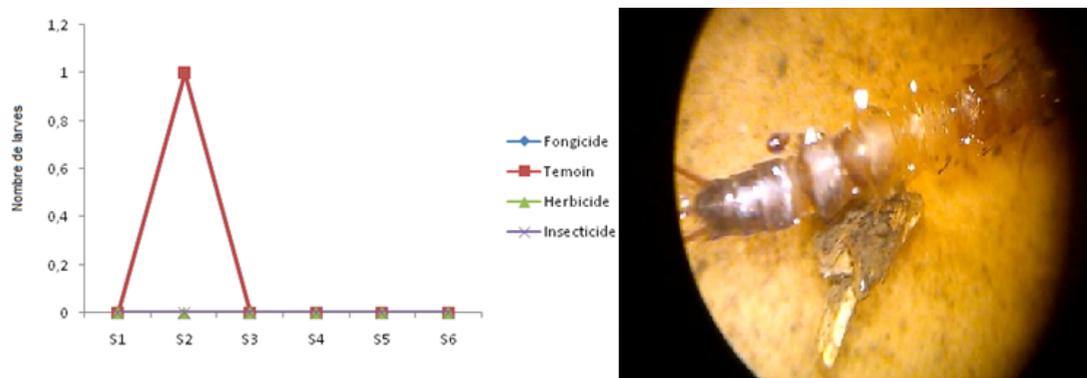
Le graphique ci-après, montre clairement un très faible effectif de larve avec les trois traitements (fongicide, témoin, herbicide, insecticide), le témoin affiche un effectif à la troisième sortie, qui s'annule à la quatrième sortie (Figure16).



**Figure16** : Effet des traitements sur l'effectif des collemboles dans le temps  
(Originale, 2018)

**S1** :11/04/2018, **S2** :18/04/2018, **S3** :25/04/2018, **S4** :02/05/2018, **S5** :09/05/2018, **S6** :16/05/2018

### III.1.3 Estimation des fluctuations globale de larve d'insecte (coléoptère : syrphidés) en fonction des différents traitements utilisés



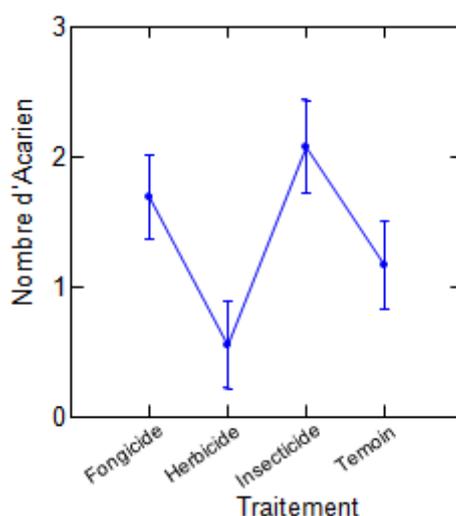
**Figure17** : Effet des traitements sur l'effectif des larves dans le temps  
(Originale, 2018)

**S1** :11/04/2018, **S2** :18/04/2018, **S3** :25/04/2018, **S4** :02/05/2018, **S5** :09/05/2018, **S6** :16/05/2018

### III.2. Effet comparé des traitements sur la mésofaune dans le temps

#### III.2.1. Effet comparé des traitements sur les acariens dans le temps

La soumission des effets des trois traitements à une analyse de la variance type G.L.M réalisé sur les effectifs d'acarien démontre un effet significatif (Figure18) de l'effet du traitement dans le temps, avec des probabilités respectives de  $p=0,015$  et  $p=0,000$ (Tableau2).



**Figure18** : Fluctuations d'effectif d'acarien en fonction des traitements

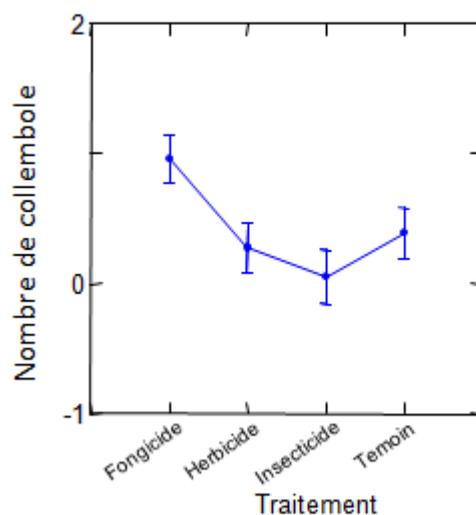
**Tableau 2:** analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les Acariens dans le temps

Facteur	SCE	DDL	CM	F-ratio	P
Temps	231.500	5	46.300	23.025	0.000**
Traitement	22.651	3	7.550	3.755	0.015*

D'après (figure18), les Acariens sont plus présents dans les unités expérimentales traitées par l'insecticide suivi par le fongicide, alors qu'ils sont très faibles dans l'unité traitée par l'herbicide.

### III.2.2. Effet comparé des traitements sur les collemboles dans le temps

L'expression des résultats par le modèle général linéaire (GLM) concernant l'effet d'herbicide, insecticide et fongicide montre que les collemboles sont omniprésents dans les unités expérimentales traitées par fongicide, et les effectifs les plus faibles sur insecticide.



**Figure19** : Fluctuations d'effectif de collembole en fonction des traitements

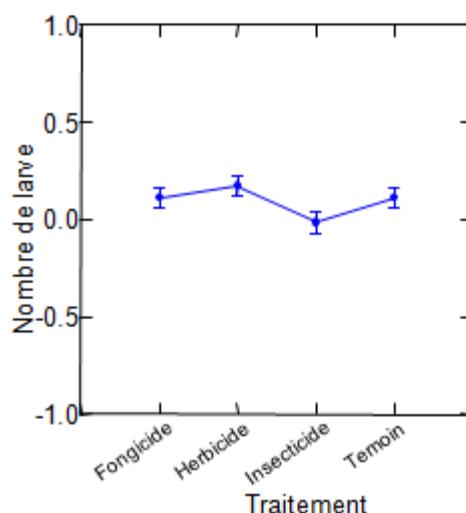
**Tableau 3:** analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les collemboles dans le temps

Facteur	SCE	DDL	CM	F-ratio	P
Temps	32.797	5	6.559	9.691	0.000**
Traitement	8.025	3	2.675	3.952	0.012*

Le tableau ci-dessus exprime des probabilités respectives très significatives concernant l'effet du temps et du traitement, avec les valeurs  $p=0.000$  et  $p=0.012$ .

### III.2.3. Effet comparé des traitements sur les larves d'insecte dans le temps

Les variations en effectif des larves retrouvées en échantillonnage sur les différentes unités expérimentales ne présentent pas de fluctuation apparente, et ne montrent aucune relation significative des trois traitements utilisés sur les larves (figure20),



**Figure 20:** Fluctuations d'effectif des larves en fonction des traitements utilisés

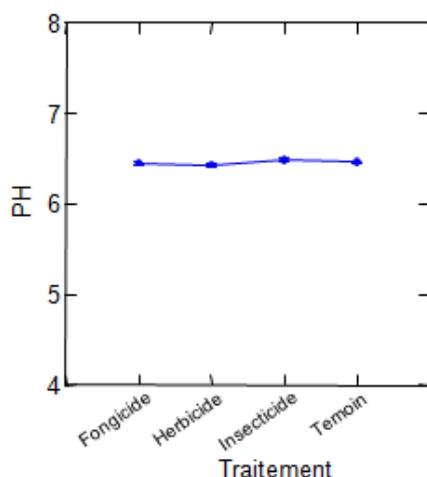
**Tableau 4:** analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les larves d'insectes dans le temps

Facteur	SCE	DDL	CM	F-ratio	P
Temps	1.551	5	0.310	6.178	0.000**
Traitement	0.313	3	0.104	2.081	0.112

Le tableau ci-après exprimant l'analyse de variance présente un effet très significative ( $p=0,000$ ) concernant l'influence du temps (Tableau4).

### III.2.4. Estimation des variations du PH en fonction des traitements utilisés

L'estimation des variabilités du PH montre des fluctuations très timide, mais qui se montrent très significatif dans le temps (figure21), alors que l'effet du traitement ne présente pas de significativité (Tableau5).



**Figure 21:** Fluctuations du PH en fonction des traitements utilisés

**Tableau 5 :** analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur les PH dans le temps

Facteur	SCE	DDL	CM	F-ratio	P
Temps	2.933	5	0.587	117.576	0.000**
Traitement	0.019	3	0.006	1.295	0.285

La représentation graphique montre qu'il n'y a pas un effet des traitements (fongicide, herbicide, insecticide, témoin) sur le ph d'après la probabilité qui n'est pas significative.

### III.2.5. Estimation des variations de la conductivité en fonction des traitements utilisés

La comparaison des moyennes de conductivité établie par l'analyse GLM, affiche des valeurs plus importante pour le sol traité avec herbicide, et des valeurs plutôt semblable pour le fongicide et l'insecticide (figure22). Cependant, les fluctuations dans le temps ne présentent aucune efficacité (Tableau 6).

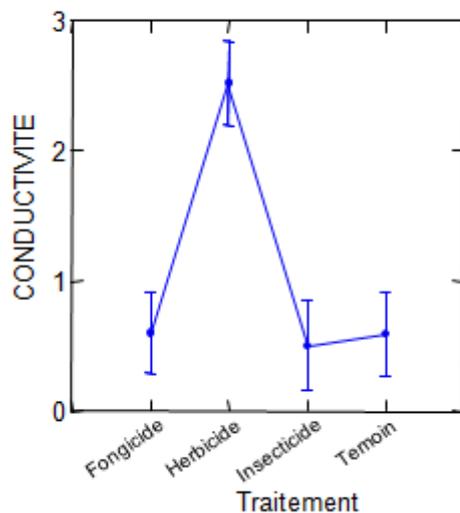


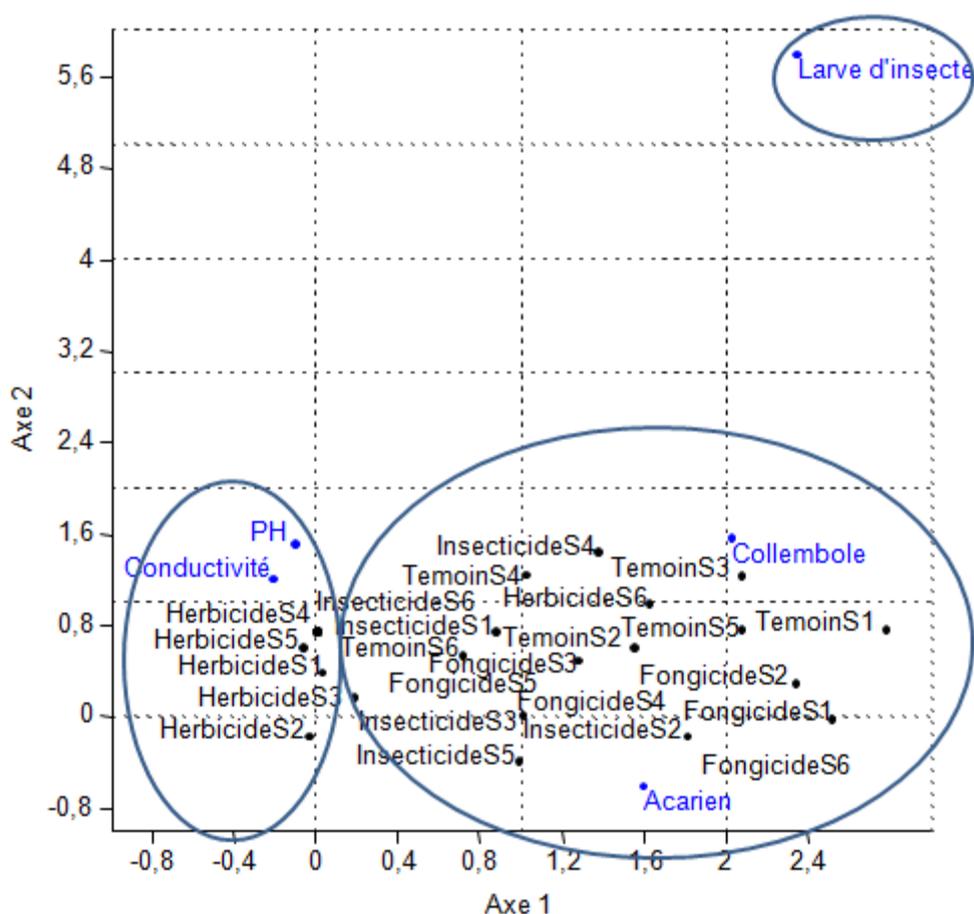
Figure22 : Fluctuations de la conductivité en fonction des traitements utilisés

Tableau 6: analyse de variance du type GLM expriment l'effet du traitement sur la conductivité dans le temps

Facteur	SCE	DDL	CM	F-ratio	P
Temps	17.859	5	3.572	1.897	0.107*
Traitement	51.316	3	17.105	9.087	0.000**

### III. 3. Tendence des effectifs d'arthropodes étudiée en rapport au trois traitements utilisés

L'analyse AFC (detrendent correspondance analysis) en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST ver 1.95 indique l'existence de trois groupes, le premier indique une relation étroite entre le traitement par Herbicide et les fluctuations du PH et de conductivité, le second regroupe les deux autres traitements (Insecticide et fongicide) avec les collemboles et les acariens, alors que les larves d'insectes renferment un groupe à elle seule.



**Figure23 : Projection des effectifs de mesofaune et des différents traitements étudiés sur les Axes d'AFC**

# **Chapitre IV**

# **Discussion**

---

## Chapitre IV : Discussion

Notre travail consiste à réaliser un suivi faunistique, sur un cycle complet de fève sur un même site, afin de déterminer si à différents niveaux de pollution (3 types de traitements), la mésofaune était altérée par la présence de polluant phytochimique dans le sol. L'ambition n'était pas de réaliser un inventaire complet ou exhaustif ni de décrire précisément les espèces indigènes, mais plutôt de caractériser de manière globale la sensibilité de la géofaune dans ces conditions de pollution et sur lesquels il serait judicieux de se focaliser.

Dans l'étude que nous avons menée, compte tenu de la quantité faible des individus récoltés, nous avons réalisé un premier tri faunistique, grossier afin de dégager les grandes tendances des différents groupes présents

Globalement, on retrouve deux types de faune: une faune "d'automne " caractérisée par une majorité de Collembolés, et une faune "printanière" plus diversifiée et dans laquelle les Collembolés quoique toujours présents sont supplantés par les Acariens.

Une variation dans le temps de l'effectif moyen des taxons est confirmée significatif par l'analyse GLM. Le plus grand nombre d'individus a été observé début de printemps. Cette variation peut être reliée aux variations des facteurs environnementaux caractérisés principalement par des précipitations abondantes, le sol garde une humidité qui dépasse l'optimum indispensable à la survie des individus.

L'abondance et la composition de la faune du sol varient en fonction des pratiques agricoles envisagées (**Warren et al., 1987; Lavelle et al., 1994**). La perturbation physique du sol limite le développement des populations de certains arthropodes tels que les scarabées et les araignées et agit sur leur diversité et leur composition spécifique (**Hendrix et al., 1992; Berry et Karlen, 1993; Beare, 1995,**). La diminution de l'intensité du travail du sol favorise en général le développement de la macrofaune contrairement à la mésofaune (**Vian, 2009**), Ceci s'accompagne par une diminution des ressources trophiques (**Zimmer, 2002 ; Sfenthourakis et al., 2005**)

et par conséquent une diminution de l'abondance et de la richesse de la faune du sol (**Mauraun et al., 2003**). De même le sol de notre expérimentation avait subi peu de travaux et par conséquent un faible effectif d'individus.

Les pesticides sont recherchés parce qu'ils sont toxiques pour des groupes spécifiques d'organismes. Bien que tous ces agents aient un degré de spécificité plus ou moins élevé, il n'est pas inconcevable qu'ils puissent avoir une influence sur les résidents microbiens ou non invertébrés du sol. Les produits chimiques utilisés comme herbicides sont choisis en raison de leur efficacité sur les mauvaises herbes, mais les plantes contenant de la chlorophylle parmi les thallophytes du sol pourraient facilement être affecté aussi bien.

Les insecticides qui atteignent le sol, bien que testés pour leur utilité dans le contrôle des insectes, pourraient bien réduire les populations des invertébrés et modifier la composition de la communauté faunique. Les fongicides sont des agents antimicrobiens caractéristiques, et ils sont habituellement employés à des doses élevées, la toxicité à la vie microscopique sous terre ne devrait donc pas surprendre. En raison de leurs faibles spécificités, les herbicides pourraient bien nuire aux genres ne contenant pas de chlorophylle, aux insecticides pour les micro-organismes et aux fongicides pour les composants de la faune du sol (**Alexander, 1969**).

Ce même auteur ajoute qu'alternativement, une substance détruisant les antagonistes pour un pathogène végétal particulier ou un insecte nuisible pour le sol pourrait être responsable d'une augmentation des dommages à la culture plutôt que de la lutte antiparasitaire initialement recherchée. Par conséquent, chaque nouvelle substance chimique introduite doit être soigneusement étudiée pour déterminer si elle nuit à un segment de la communauté du sol nécessaire à la fertilité du sol, au développement des cultures ou à des plantes exemptes d'organismes nuisibles.

Une certaine toxicité peut être tolérée dans la mesure où le bénéfice découlant de la lutte antiparasitaire peut dépasser de loin le détriment associé à l'inhibition des habitants du sol, mais les évaluations des gains ou pertes relatifs doivent toujours être faites avec beaucoup de soin. Malheureusement, un excès de travail répétitif apparaît dans ce domaine d'activité. La perturbation de la communauté du sol ou une

transformation particulière par quelques produits chimiques a été étudiée à tel point que souvent aucune nouvelle information significative n'est obtenue.

Un produit chimique ajouté au sol à des niveaux extrêmement bas souvent utilisés pour la lutte antiparasitaire n'est presque jamais distribué de manière homogène. Par conséquent, la concentration dans un microenvironnement peut dépasser la tolérance d'une espèce alors qu'à courte distance, des individus de la même espèce peuvent être exposés à des niveaux sublétaux ou rester totalement non exposés **(Alexander, 1969)**.

Nos résultats rejoignent les déductions d'Alexander 1969, indiquent que les Acariens sont plus affectés par l'herbicide du fait de sa rémanence très importante dans le sol, la sensibilité des collembolles est plus visible envers l'insecticide, du fait de la sélectivité de ce pesticide vers les insectes dont les collembolles en font partie,

Le nombre très faible et la non sensibilité des larves, peut être relié à la mobilité de l'insecte qui lui permet de fuir le milieu pollué. Les graphiques de l'A.F.C confirment la disparité du comportement des larves, et relie les fluctuations du Ph et de conductivité à l'Herbicide en vue de sa rémanence plus prolongée, alors que les collembolles et les Acariens présentent une sensibilité plus orientée vers l'insecticide et le fongicide en vue du rapprochement de leurs métabolisme avec le mode d'action de ces pesticides.

# Conclusion et perspectives

## Conclusion et perspectives

Les produits chimiques sont efficaces pour lutter contre les maladies des ravageurs , mais leur coût est trop élevé. En plus nombreuses sont les études qui démontrent les risques que représente les pesticides sur l'environnement, d'où l'intérêt de notre étude.

Afin de récapituler les résultats obtenus, il convient peut-être de les resituer par rapport aux objectifs initiaux de l'étude. Il s'agissait tout d'abord:

- 1) de réaliser un premier bilan de l'état de la faune invertébrée des sols au sein d'un espace restreints tant du point de vue paysager que du point de vue de l'exploitation par l'homme et ayant subit des traitements chimique comme source de pollution.
- 2) d'en déduire éventuellement le type de traitement le plus perturbateur de faune en fonction des degrés de rémanence.

Nos résultats montre l'impact des produits phytosanitaires notamment les insecticides et les fongicides sur l'effectif des Acariens et des collemboles qui jouent un rôle très important dans la fertilité et la santé des sols. Et que la forte rémanence des herbicides contribue aux variations du PH du sol qui a une influence directe sur la distribution des organismes.

Cependant, nos éventuelles perspectives serait d'apporter des informations qui seront utiles à la description voire à la mise au point d'un indice écologique de pollution par les métaux englobant la totalité de la faune du sol : détermination du niveau taxinomique le plus pertinent, de la période d'échantillonnage favorable, de l'intensité de l'effort et du type d'échantillonnage (piégeage, extraction au formol, berlesage)

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

- **ADL, S.M., SIMPSON, A.G.B., LANCE, C.E., LUKES, J., BASS, D., BOWSER, S.S., BROWN, M.W., BURKI, F., DUNTHORN, M., HAMPL, V., HEISS, A., HOPPENRATH, M., M., LEGALL, L., LYNN, D., MCMANUS, H., MITCHELL, E.A.D., MOZLEYSTANRIDGE, S., PARFREY, L.W., PAWLOWSKI, J., RUECHERT, S., SHADUIK., SCHOCH, C.L., SMIRNOW, A., SIEGEL, F., 2013** The revised classification of eucaryotes. *The Journal of Eucaryotic Microbiology*, 59(5) : 429-493.-
- **AISSAOUI, H., 2012.** effet des produits phytosanitaires et les engrais sur l'abondance des métaux lourds (cu,zn) dans le sol et le végétal dans la région de Biskra (en ligne). Thèse d'agriculture et environnement en régions arides université Mouhamed Kheider 157p disponible sur : [thesis.univ-biskra.dz/.../Effet%20des%20produits%20phytosanitaires%20et%20les%20](http://thesis.univ-biskra.dz/.../Effet%20des%20produits%20phytosanitaires%20et%20les%20).(Consulté le 05/06/2018)
- **ALEXANDER, M. 1969.** In "Soil Biology," pp. 209-240. UNESCO, Paris.
- **AUBERTOT, J.N. et SAVARY S., SD.** stratégie de protection des cultures in:Aubertot J,Clerjeau M ,David C,Debaeke P,Jeuffroy M H,Lucas P,Monfort F,Nicot P,Sauphanor B Expertise scientifique collective «pesticides, agriculture et environnement.Tome1(enligne).Disponiblesur:[www.ecophytopic.fr/sites/.../INRA\\_CEMAGREF\\_pesticides\\_4texte\\_cle43e81e\\_a.pdf](http://www.ecophytopic.fr/sites/.../INRA_CEMAGREF_pesticides_4texte_cle43e81e_a.pdf). (Consulté le 17/05/2018).
- **AUBERTOT J.-N., BARBIER J.-M., CARPENTIER A., GRIL J.-J., GUICHARDL., LUCAS P., SAVARY S., SAVINI I., VOLTZ M. (éditeurs), 2006.** Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et CEMAGREF (France), 64p.
- **BACHELIER G, 1978.** La faune des sols. Son écologie et son action. Initiations-Documentations techniques N° 38, O.R.S.T.O.M, Paris, France, 391 p.
- **BEARE M.H., 1995.** Fungal and bacterial pathways of organic matter decomposition and nitrogen mineralization in arable soils. In: Brussaard L. et Ferreira-Cerrato R. (ed), *Soil Ecology Biota in Sustainable Agriculture*. CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, New York, 37 - 70.

- **BENCHEIKH, S., 2016.**Diagnostic sur l'utilisation de quelques pesticides dans la région de Ouagla (en ligne). Thèse de gestion des agrosystèmes .Université KasdiMerbah ,59p.Disponiblesur:<https://bu.univouargla.dz/master/pdf/Bencheikh-sihem.pdf?idmemoire=3644>. (Consulté le 5/06/2018)
- **BERRY E.C., D.L. Karlen, 1993.** Comparison of alternative farming systems. II. Earthworm population density and species diversity. *American Journal of Agricultural*, 8: 21 - 26.
- **CHAIGNON,V,SANCHEZ-NEIRA,I,HERRMANN,P,JAILLARD,B,AND HINSINGER,P,2003.**Copper bioavailability and extractability as related to chemical properties of contaminated soils from a vine-growing area. *Environ Pollut.* 123(2); 229-238
- **<http://agroecologie.cirad.fr>** (en.ligne). Disponible sur : open. library. cirad. fr/ files/ 2/ 453\_101571404.pdf(consulté le 17mai2018).
- **DECAENS, T., JIMENEZ, J.J., GIOIA, C., MEASAY, G.J., LAVELLE, P., 2006.** The values of soil animals for conservation biology, *Eur. J. Soil Biol.* 42(1):S23-S38.
- **DORAN,J.W.,SARRANTONIO,M.,and LIEBIG,M.A.1996.**Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy* 56:1-54.
- **EL.AZZOUZI, E.H, 2013.**processus.physico.chimique.d'élimination.des. Pesticides dans l'environnement cas de l'imazéthapyr (en.ligne).Thèse.de.chimie.Université.Mohammed.v,109p.disponible.sur:toubk al.imist.ma/bitstream/123456789/.../THESE\_EL%20Azzouzi.pdf...1. (Consulté le 18/05/2018)
- **GOBAT, J.-M., ARAGNO, M., MATTHEY, W., 2013.** Le Sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. Troisième édition revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes, ISBN : 978-2-88074-718-3, 519 p.
- **GOUTAN ,A.,2013.**effet des pesticides et de différents types de matière organiquesur.la.macrofaune.et.la.microflore.d'un.sol.sous.culture.pluviale.de.tomate(Lycopersicum exulentum Linné) (en ligne).Thèse de sciences du sol. Universitépolytechnique,77p.disponible.sur:[www.beep.ird.fr/collect/upb/index/assoc/IDR-2013-GOU.../IDR-2013-GOU-EFF.pdf](http://www.beep.ird.fr/collect/upb/index/assoc/IDR-2013-GOU.../IDR-2013-GOU-EFF.pdf). (Consulté le 19 mars 2018)
- **HENDRIX P.F., B.R. MUELLER, R.R. BRUCE, G.W. LANGDALE, R.W. Parmelee, 1992.** Abundance and distribution of earthworms in relation to

- landscape factors in the Georgia Piedmont, USA. *Soil Biology. Biochemistry*, 24  
1357 - 1361
- **HORSFALL (J.G.). 1956.-** Principles of fungicidal action. Published by the Chronica Botanica Company.
  - **JANVIER C, 2007.** Recherche d'indicateurs de la santé des sols (en ligne) Thèse de Microbiologie du sol .Institut National Agronomique ,218p .Disponible sur:<https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00003443/document>.
  - **KARLEN, D.L., MAUSBACH, M.J., DORAN, J.W, CLINE, R.G, HARRIS, R.F, and SCHUMAN, G.E. 1997.** Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal* 61:4-10.
  - **KUMAR R, 1991.** La lutte contre les insectes ravageurs. L'agriculture en régions tropicales. Collection Economie et Développement, CTA, Karthala, 310 p.
  - **LAVELLE P., C. GILOT, C. FRAGOSO, B. PASHANASI, 1994.** Soil fauna and sustainable land use in the humid tropics. In: Greenland, G.A. and Szalbolcs, I. (eds), *Soil Resilience and Sustainable Land use* . CAB International, Wallingford 18: 291 - 307.
  - **LAVELLE P, 2000.** La macrofaune du sol, une ressource en danger. Séminaire **international** sur la macrofaune du sol. Institut de Recherche pour le Développement Bondy, 19-23 juin 2000, 3 p. [www.ird.fr/fr/actualites/communiqués/2000/macrofaune.htm](http://www.ird.fr/fr/actualites/communiqués/2000/macrofaune.htm).
  - **LAVELLE, P., DECAENS, T., AUBERT, M., BAROT, S., BLOUIN, M., BUREAU, F., MARGERIE, P., MPRA, P., ROSSI, J.P., 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. ICSZ - Soil Animals and Ecosystems Services, Proceedings of the XIVth Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.P., 2006. Soil
  - **Lhotse, J., 1960.** les fongicides (en ligne). Disponible sur: [horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-05/11701.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-05/11701.pdf). (Consulté le 18/05/2018)
  - **LHOSTE, J. et NRRMAND, M.L., 1987.** la lutte contre les insectes nuisibles à l'agriculture et son influence sur l'environnement (en ligne). Disponible sur: [www.insectes.org/opie/pdf/1387\\_pagesdynadocs4b8fbe11a63ab.pdf](http://www.insectes.org/opie/pdf/1387_pagesdynadocs4b8fbe11a63ab.pdf). (Consulté le 17/05/2018)

- **LUCAS, P., 2007.**Le concept de la protection intégrée des cultures. (En ligne) Disponiblesur:«<https://www6.inra.fr/cirag/content/download/3465/35063/.../Vol1-2007-2-Lucas.pdf>.»(Consulté le 17/05/2018)
- **MARAUN M., J.A. SALAMON, K. SCHNEIDER, M. SCHAEFER, S. SCHEU, 2003.** Oribatid mite and collembolan diversity, density and community structure in a moder beech forest (*Fagus sylvatica*): effects of mechanical perturbations. *Soil Biology Biochemistry*, 35 : 1387 - 1394.
- **MAZOYER M.,2002** Larousse agricole. Montréal (Québec).Larousse. 767 p.-
- **MERROUCHE N., MAAZI H., BENKARA A., 2016.**Etude.de.la.toxicité d'insecticides.organophosphorés (en.ligne).Thèse.de.toxicologie.et.santé Université.des.Frères.Mentouri.,83p.disponible.sur.fac.umc.dz/snv/faculte/biblio/mmf/2016/11.pdf.
- **SAXENA M.C, 1991** : status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries .série séminaire .10 :15-20
- **SFENTHOURAKIS. S, I. ANASTASIOU, T. STRUTENSCHI, 2005.** Altitudinal terrestrial isopod diversity. *European Journal of Soil Biology*, 41 : 91 - 98.
- **SHIFFERS,B.,2011.**Fondement.de.la.protection.des.cultures.(enligne).Disponibl esur :[https://www.sustainabilityxchange.info/.../COLEACP\\_Manuel\\_7\\_FR.compressed.pdf](https://www.sustainabilityxchange.info/.../COLEACP_Manuel_7_FR.compressed.pdf).(Consulté le 18/05/2018)
- **SLATNI I.,2014.**Etude de la destruction ou la perturbation des espèces végétales par la pollution (en ligne) .Thèse de chimie physique et analytique .université de Med chérif Messaadia,87p disponible sur :[www.univ-Soukahras.dz/epruits/2014-966-1509a.pdf](http://www.univ-Soukahras.dz/epruits/2014-966-1509a.pdf). (Consulté le 05/06/2018)
- **STENGEL P.et GELIN S,1998** Sol interface fragile Ed.INRA-Paris.213p
- **TOMLIN, C.D.S., (Ed.) 2003.** The Pesticide Manual: A World Compendium.Alton, Hampshire, British Crop Protection Council, 1344 pp. 04. pdf. (Consulté le 17/05/2018)
- **VIAN J.F., 2009.** Comparaison de différentes techniques de travail du sol en agriculture biologique : effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de doctorat en agronomie. Agro Paris Tech.
- **WARREN S.D., C.J. SCIFRES, P.D. TEEL, 1987.** Response of grassland arthropods to burning. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 19: 105 - 130.

- **ZIMMER M. 2002.** Nutrition in terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea): an evolutionary-ecological approach. *Biological Reviews*, 77 : 455 - 493.
- Extraits des Journées Interdisciplinaires sur la Qualité de l'Air, Villeneuve d'ASCQ, 25-26 janvier 2007Préconisations A2D.
- Aly Ahmed Abd-Ella Mohamed. Etude de mode d'action neurotoxique d'un répulsif, le deet utilisé seul et en association avec un insecticide sur l'Acétylcholinestérase des dum neurones d'un insecte la blatte *Periplaneta Americana*. Agronomie. Université d'Angers, 2011. (Thèse)