



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1  
كلية علوم الطبيعة والحياة

**Département :** Biologie Et Ecologie Végétale

**قسم :** بيولوجيا و علم البيئة النباتية

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Ecologie et environnement

**Spécialité :** Écologie Fondamental et appliquée

Intitulé :

# **Synthèse sur l'impact des pesticides sur les organismes du sol : cas des collemboles (*Folsomia candida*)**

**Présenté et soutenu par :** Benelouezzane Mourad

**Le :** 10/2020

**Fatit Mohamed Aymen**

**Jury d'évaluation :**

**Président :** BAZRI Kamel-eddine **MCA** Université des frères Montouri Constantine 1

**Rapporteur :** KERBOUA Fayçal **MAA** ENS Assia Djebbar Constantine.

**Examineurs :** BOUTERAA Mahdia **MAA** ENS Assia Djebbar Constantine

**Année universitaire 2019- 2020**

## **Remerciements**

*Notre premier remerciement va au bon **Dieu** le tout puissant qui nous a donné la force et la volonté d'élaborer ce modeste travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements et notre respect à notre encadreur Mr KERBOUA Fayçal, nous le remercions pour son encadrement, sa patience, son aide et ses judicieux conseils.*

*Nous adressons nos remerciements à Mr BAZRI Kamel-eddine d'avoir accepté de présider le jury d'évaluation de ce mémoire.*

*Nous remercions également Mme BOUTERAA Mahdia d'avoir accepté de juger ce modeste travail et participer au jury.*

# *Dédicace*

Tout d'abord j'aimerais me remercier moi même. Et bien sûr, mon camarade sans qui ce travail n'aurait jamais vu le jour et avec lequel on s'est jamais embrouillés comme le coutume exigeait.

Ensuite, je voudrais dédier ce travail à ma famille qui m'a poussé à donner le meilleur de moi même.  
À mes parents,

Sans vous le néant, tout simplement, je vous remercie d'avoir fait ce que je suis.

À ma maman qui a œuvré pour ma réussite par son amour, soutien et ses sacrifices consentis. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

À mon père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour lui.

À mon frère, courageux, volontaire et plein d'audace, on a grandi ensemble et nous partageons un langage qui nous est propre, je serai toujours là pour toi.

À ma chère tante, malgré la distance qui nous sépare, toujours fidèle, toujours à l'appel.

À mon oncle qui nous a quittés mais qui reste toujours dans notre mémoire.

À toi Titania ... tu te reconnaîtras. et comme tu me disais souvent :

« Tout vient à point à qui sait attendre »

Merci.

## *Mourad*

*Je me dois d'avouer pleinement ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenue durant mon parcours. C'est avec amour, respect et gratitude que **je dédie ce modeste travail** :*

***A Mes chers parents \* Mama et papa\****

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour Éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie*

***A mon Frère Achraf***

*Mon cher frère présent dans tous mes moments d'examens par son soutien moral. Je trouve en toi le conseil du frère et le soutien de l'ami. Je te souhaite un avenir plein de bonheur.*

***A mon cher petit Frère Wassim***

*Pour toute l'ambiance dont il m'a entouré. Ces quelques lignes, ne sauraient traduire le profond amour que je te porte. Puisse Dieu le tout puissant te protège.*

***A Mon grand-père maternel et Mes grand-mères Maternelles et Paternelles \*Baba, Mma, et Nana\****

*Qui m'a accompagné par ses prières, ses douceur, puisse Dieu lui prêter longue vie et bcp de santé et de bonheur dans les deux vies.*

***A La Mémoire de Mon Grand-Père Paternel \*Jedou\****

*J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde*

***A ;) ;)***

*Ma conseillère, et amie fidèle, qui m'a assisté dans les moments difficiles. Je te suis très reconnaissant, et je ne te remercierai jamais assez pour ton amabilité, ta générosité, ton aide précieux*

*Sans ton aide, tes conseils et tes encouragements ce travail n'aurait vu le jour.*

***A Toute Ma Famille***

*Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.*

***A Mes Chères Ami (e)s***

*Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui je peux compter*

***A Mon Binom \* Mourad \****

*Mon collègue mon frère et mon ami*

***AYMEN***

# **Table des matières**

## *Table des matières*

Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction générale**.....01

### **CHAPITRE I : L'activité biologique des sols**

#### **I. La biologie des sols**

I.1. Le sol .....03

I.1.1 La texture du sol.....04

I.1.2 la structure du sol.....04

I.2. La qualité biologique des sols.....04

I.3. Les composantes biologiques de la qualité des sols.....05

II .1. Les invertébrés du sol, des travailleurs de l'ombre.....05

II .2. Les collemboles .....06

II .3. Classification des collemboles .....06

II .3.1. Position au sein du règne animal.....06

II .3.2. Classification et position récentes des Collemboles.....07

II .4. Morphologie des collemboles.....08

II .5.Croissance démographique et reproduction.....09

II .6. Adaptations physiologiques aux milieux extrêmes.....09

II .6.1. Adaptation au froid.....09

II .6.2. Adaptation à la sécheresse .....09

II .6.3. Adaptation à l'inondation.....10

II .7. Habitudes alimentaires des collemboles ..... 10

II .8. Ecologie des collemboles..... 10

II .8.1. Milieu et habitat.....10

II .8 .2. Rôles et impacts des Collemboles sur les écosystèmes du sol .....11

II .8.3 . Collemboles bio-indicateurs.....12

### **CHAPITRE II : pollution du sol et pesticides**

I. Dégradation des sols .....14

I.2. formes de dégradations.....14

I.3. sols agricoles.....14

I.4. dégradation des sols agricoles .....	15
II. Pollution des sols.....	15
II.1. Formes de pollution du sol.....	15
II.1.1. Les pollutions diffuses.....	15
II. 1.2. Les pollutions ponctuelles.....	15
<b>III .Aperçu sur les produits phytosanitaires (pesticides)</b>	
III .1. Historique des produits phytosanitaires.....	15
III .2. Définition d'un produit phytosanitaire (pesticide).....	16
III .3. Composition des pesticides (conception).....	17
III .4. Les propriétés physico-chimiques des pesticides.....	18
III.5. Classification des pesticides.....	18
III .5.1. Le premier système de classification.....	18
III .5.2. Le deuxième système de classification.....	19
III .5.3. Classification selon le domaine d'utilisation.....	20
III .5.4. Classification selon la toxicité .....	21
III .6. Mode d'action des différents types de pesticide.....	21
III.6.1. Les herbicides.....	21
III.6.2. Les fongicides.....	22
III.6.3. Les insecticides.....	22
III .7. Présentation commercial des pesticides.....	22
III.8. Le Marché des Pesticides.....	23
III. 8.1. Dans le Monde.....	24
III. 8.2. En Algérie.....	24
III .9. Les effets des produits phytosanitaires .....	24
III. 9.1. Effets sur la santé humaine.....	24
III .9. 1.1. Toxicité aiguë (à court terme).....	24
III .9. 1.2. Toxicité chronique (à long terme).....	24
III.9. 1.3. Personnes concernée.....	25
III.9.2. Effets sur l'eau .....	25
III.9.3. Effets sur la faune.....	26
III.9.4. Effets sur la flore.....	26
III .9.5. Effets sur le sol.....	26
III .10. Réglementation d'utilisation des produits phytosanitaires .....	27

**CHAPITRE III : études réalisées sur les effets des pesticides sur les collemboles**  
**(*Folsomia candida*)**

Synthèse sur l'effet des additifs chimiques sur les sols agricoles.....	30
<b>Conclusion générale et recommandation .....</b>	<b>34</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>35</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>42</b>

# *Abréviations*

**C°** : Degré Celsius

**CE** : Concentration efficace

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de carbone

**DDT** : Dichlorodiphényltrichloroéthane.

**EC**: Les Concentrées Emulsionnables

**EW**: Les Emulsions Concentrées

*F* : *Folsomia*

**FAO** : Food and Agriculture Organisation

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**Ma** : Matière active

**MG** : Les Micro Granulés

**NOEC** : La plus haute concentration observée sans effet

**O<sub>2</sub>** : dioxygène

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**ONU** : Organisation des Nations unies

**OP** : Organophosphoré

**PFF** : Profenofos

**pH** : Potentiel hydrogène

**POC** : Pesticides Organochlorés

**SC:** Les Suspensions Concentrées.

**SL:** Les Concentrés Solubles.

**WG:** Les granulés à disperser.

**WP :** Les Poudres Mouillables

# Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Partie superficielle d'un sol.....	03
<b>Figure 02 :</b> Triangle des textures du Département de l'Agriculture des Etats Unies d'Amérique (USDA). (R.Calvet, 2005).....	04
<b>Figure 03 :</b> La classification par taille (largeur des corps) des organismes du sol. Figure modifiée d'après Swift MJ et al. (1979). ....	06
<b>Figure 04 :</b> Position au sein du règne animal.....	07
<b>Figure 05 :</b> Les quatre ordres des collemboles.....	08
<b>Figure 06 :</b> Morphologie générale d'un collembole .....	09
<b>Figure 07 :</b> La composition d'un pesticide.....	18
<b>Figure 08 :</b> Utilisation des pesticides dans le monde.....	25

# **Liste des tableaux**

<b>Tableau 01</b> : Classification des pesticides Selon la toxicité.....	21
--	----

# **Introduction**

La préservation de l'environnement est aujourd'hui un enjeu majeur de notre société. Elle passe par l'innovation agricole avec l'objectif de mettre en place des pratiques agricoles innovante qui optimisent le fonctionnement naturel du sol (SATT SAYENS - Catalyseur d'innovations, 2020)

Le sol est un milieu fragile et très complexe, trop longtemps considéré comme un simple support de l'agriculture. C'est un milieu vivant, de transit, de stockage et de transport de nombreuses substances, quelle que soit leur nature, organique ou inorganique (Calvet, 2000).

Une des fonctions prépondérantes du sol est la production de biomasse. En effet, le sol sert de support et de milieu nutritionnel aux plantes. L'agriculture et la forêt reposent sur l'exploitation de cette fonction du sol (Gis Sol ,2001). La vocation initiale des pesticides utilisés en agriculture est de protéger et contrôler tout ce qui peut être nuisible pour les cultures. Leur utilisation est nécessaire pour maintenir un niveau de production et de qualité, compatibles avec la demande et les besoins, ce qui par ailleurs s'inscrit dans les principes d'une agriculture durable. D'un point de vue environnemental, l'utilisation agricole des pesticides peuvent poser des problèmes liés à la faible sélectivité des cibles et à la dispersion dans d'autres compartiments Barriuso *et al.* (1996).

Compte tenu de ce qui précède, cette étude vise à étudier les effets de différent types de pesticides les plus utilisés et commercialisés partout dans le monde sur la mésofaune du sol, plus spécifiquement les collemboles (*Folsomia candida*), qui participent au maintien de l'équilibre nutritionnel des sols par la décomposition et le recyclage des nutriments Hanlon, (1981) et Anderson, (1988).

Le présent travail est organisé en trois chapitres. Le premier est consacré à un aperçu bibliographique sur les collemboles et leur intérêt sur la qualité biologiques des sols. Le deuxième est subdivisé en deux parties portant sur la dégradation des sols, en particuliers celle des terres agricoles et la description et la classification des pesticides, ainsi que *leurs effets sur l'environnement* et la santé humaine. Cependant le troisième chapitre, présente des résultats de différentes recherches sur la toxicité des pesticides sur les Collembole particulièrement l'espèce *Folsomia candida*.

# **CHAPITRE I**

## **L'activité biologique des sols**

## I. La biologie des sols

### I.1. Le sol

Le sol est un milieu hétérogène, complexe, variable dans ses constituants physiques, chimiques et biologiques. Il est composé de trois phases (Figure 01) :

- La phase solide : composée d'éléments minéraux et organiques inertes, mais aussi d'êtres vivants.
- La phase liquide ou solution de sol : est une solution généralement peu concentrée contenant des ions inorganiques ainsi que des molécules organiques non ionisées.
- La phase gazeuse ou atmosphère du sol : a une composition voisine de celle de l'air mais la teneur en dioxygène ( $O_2$ ) tend à diminuer en profondeur et celle en dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) à augmenter (Calvet, 2005).

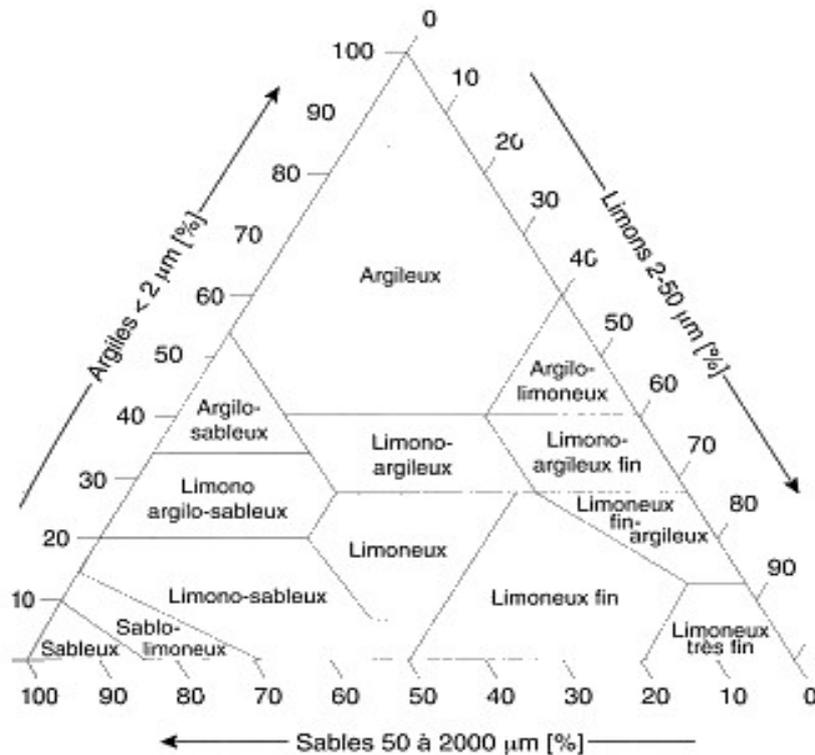
Le sol est un milieu de vie qui abrite des êtres vivants très différents, les microorganismes, les petits et les grands invertébrés, les petits mammifères et même les racines des plantes. Cet écosystème varié remplit de nombreuses fonctions : il transforme la matière organique des plantes, des animaux et les déchets rejetés par l'homme permettant la vie en surface. Il régule aussi le flux de carbone et le cycle de l'eau, et il tient les insectes à distance. Il dépollue la terre et il fournit la matière première pour de nouveaux produits pharmaceutiques utilisés dans le traitement des maladies infectieuses (Jefferey *et al.*, 2013) .



**Figure 01** : Partie superficielle d'un sol (Jefferey *et al.*, 2013)

### I.1.1. La texture

La texture reflète la part respective des constituants triés selon leur taille. La texture minérale est la proportion des sables, limons et argiles mesurés par l'analyse granulométrique. Elle s'exprime par un terme simple (ex. sableuse, argileuse) ou composé (ex. limono-sableux, limono-argileux) (Saibi, 2008), repéré dans un triangle des textures minérales, représenté sur la figure 2



**Figure 2:** Triangle des textures du Département de l'Agriculture des Etats Unies d'Amérique (USDA) (Calvet, 2005).

### I.1.2. La structure

La structure est un état du sol, variant à court terme, par exemple selon les saisons. Elle dépend directement de la texture, du taux d'humidité ou de matière organique et de l'activité de la faune. (Ayad-Mokhtari, 2012).

## I.2. La qualité biologique des sols

La qualité biologique des sols est définie comme l'aptitude d'un sol à héberger une grande quantité et diversité d'organismes vivants impliqués dans son fonctionnement et la fourniture des services écosystémiques (Karimi *et al.*, 2020). Elle est formée de quatre composantes : la fertilité, l'état sanitaire, les externalités et la résilience (Chaussod, 1996).

### I. 3. Les composantes biologiques de la qualité des sols

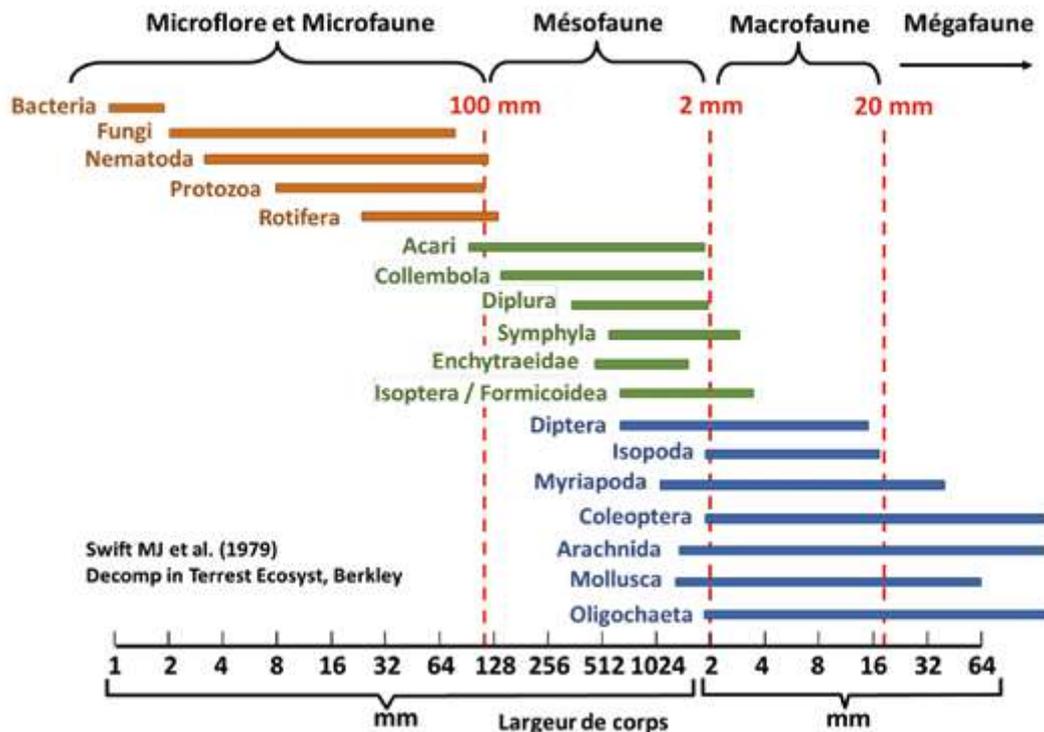
Les anciens agronomes ont souvent présenté la fertilité des sols comme étant formée de trois composantes : la fertilité chimique (pH, teneur en composés minéraux, en matière organique,) la fertilité physique (texture, structure, etc.) et la fertilité biologique, qui a d'ailleurs été rarement abordée dans les détails et est restée jusqu'ici plutôt mal définie. Une telle approche analytique peut présenter un intérêt pédagogique mais ne correspond pas à la réalité. Le fonctionnement global du sol fait effectivement intervenir de très nombreux paramètres d'ordre physique, chimique et biologique, mais ces paramètres agissent en interaction. En d'autres termes, les composantes physiques, chimiques et biologiques ne sont pas additives mais interactives. Il en résulte que la qualité biologique des sols peut difficilement être abordée indépendamment des autres facteurs (Chaussod.,1996)

Dans une perspective agronomique, on peut considérer que la qualité biologique est formée de quatre composantes principales :

- ✓ **La fertilité**, c'est à dire les potentialités agronomiques directement liées à l'activité biologique.
- ✓ **L'état sanitaire** (sensu lato), faisant référence à la présence ou non d'organismes vivants indésirables, considérés comme des ennemis des cultures.
- ✓ **Les externalités**, c'est à dire l'impact environnemental du fonctionnement du sol.
- ✓ **La résilience**, ou sensibilité à des contraintes extérieures, principalement d'origine anthropique, et l'aptitude au retour à l'état initial. (Chaussod.,1996).

#### II.1. Les invertébrés du sol, des travailleurs de l'ombre

Une diversité incroyable existe dans le sol, sous nos pieds sans même que nous la soupçonnions. En effet, la majorité des grands embranchements zoologiques sont représentés dans la faune du sol. On y trouve ainsi une grande diversité de tailles et de formes, allant des protozoaires, les plus petits organismes animaux, aux lombrics qui comptent parmi les plus gros individus (figure 03). Les invertébrés du sol sont classés en trois catégories selon leur taille et leur rôle : la microfaune (4 à 200 µm de longueur), la mésofaune (0,2 à 4 mm de longueur) et la macrofaune (4 à 80 mm de longueur) (Gobat *et al.* ,2003).



**Figure 03** : La classification par taille (largeur des corps) des organismes du sol.

Modifiée d'après Swift MJ et al. (1979).

## II .2. Les collemboles

Les collemboles sont de petits insectes dont la taille varie entre 100 µm à 2 mm. Ils consomment principalement des champignons, des spores et de la matière organique en décomposition et on les trouve en très grande quantité dans la litière et les sols des écosystèmes forestiers. Avec les autres organismes de la pédofaune (ex. acariens, enchytraïdes etc ), les collemboles participent au maintien de l'équilibre nutritionnel des sols par la décomposition et le recyclage des nutriments Hanlon , (1981) et Anderson , (1988).

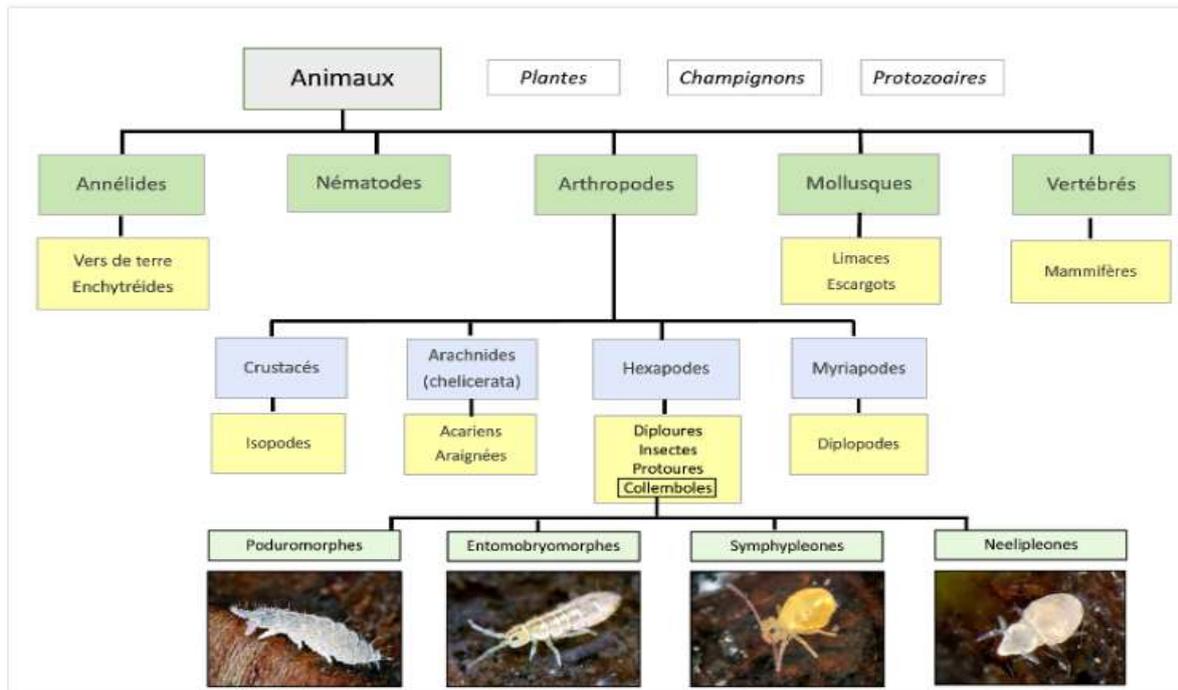
## II .3.Classification des collemboles

### II .3.1. Position au sein du règne animal

Longtemps considérés comme des insectes, les collemboles forment aujourd'hui une classe à part entière au sein du sous embranchement des hexapodes (dans lequel les insectes sont dominants) appartenant eux-mêmes à l'embranchement des arthropodes. Les chercheurs dénombrent dans le monde près de 8000 espèces, dont environ 2200 sont présentes en Europe, et

continue d'en découvrir régulièrement. Ils estiment qu'il en reste encore entre 20 à 30 000 à découvrir. (Garcelon.,2018)

Le schéma ci-dessous permet de situer les quatre ordres de collemboles.



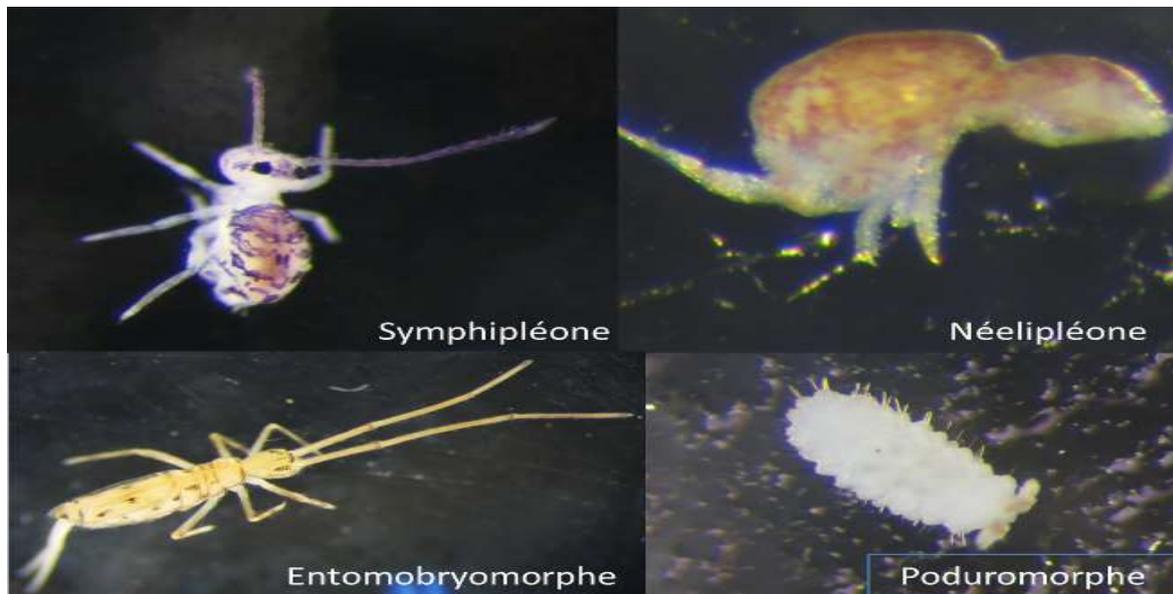
**Figure 04:** Position au sein du règne animal (Garcelon.,2018)

Les Hexapodes (Hexapoda) constituent un sous-embanchement qui regroupe les insectes et d'autres arthropodes à trois paires de pattes (protooures, diploures et collembolés). Ils sont composés de trois parties, la tête, le thorax et l'abdomen.

### II .3.2. Classification et position récentes des Collembolés

La hiérarchie taxonomique moderne des collembolés a été proposée par Deharveng (2004), selon la littérature et les résultats de leurs investigations menées au Département de Systématique et Evolution du Muséum National d'histoire Naturelle de Paris. Il a donné une nouvelle classification mondiale de la classe des collembolés avec 4 ordres, 6 super familles et 31 familles. Les deux premiers ordres : *Poduromorpha* et *Entomobryomorpha* avec la forme du corps allongé et les deux autres ordres *Symphypleona* et *Neelipleona* avec un corps globulaire. (Figure 05) (Brahim ,2016).

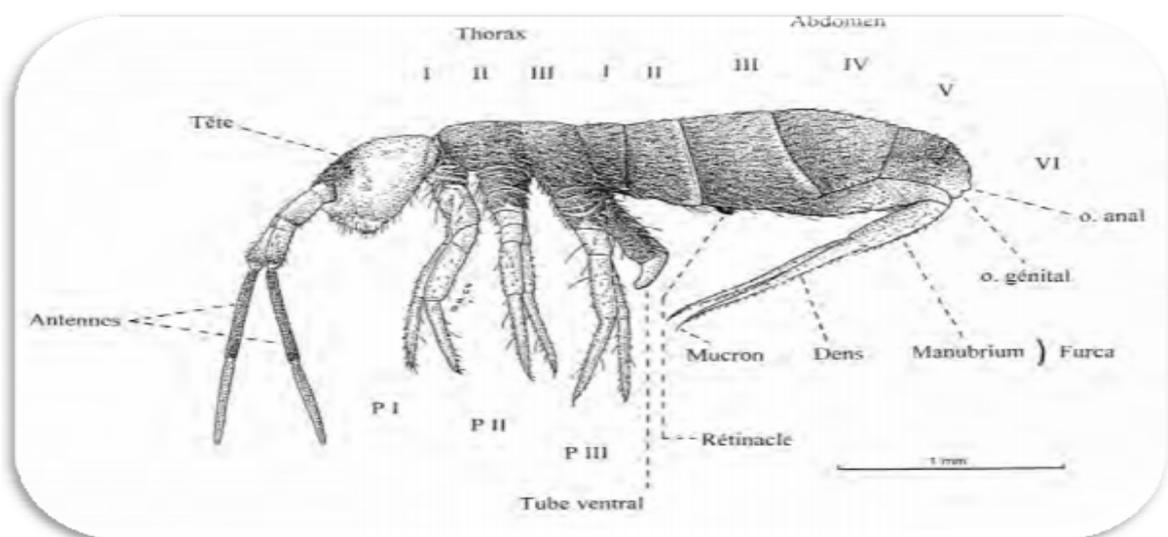
En 2014, Bellinger *et al* ont publié une nouvelle variante de la classification mondiale des collemboles, qui comprend toutes les espèces connues, encore décrites à partir du 17ème siècle. Selon les statistiques de 2011, la biodiversité mondiale des collemboles reroupe: quatre ordres, 15 superfamilles, 33 familles, 762 genres et 8128 espèces. La plupart des espèces identifiées appartiennent aux ordres des Entomobryomorpha et Poduromorpha.



**Figure 05 :** Les quatre ordres des collemboles (Hopkin ,1997)

#### II .4. Morphologie des collemboles

Les collemboles sont des aptérygotes de petite taille à 9 segments post-céphalique bien individualisés ; avec des antennes toujours présentes. Leur corps comprend essentiellement trois parties : tête, thorax et abdomen. (figure.6) (Brahim ,2016)



**Figure 06 :** Morphologie générale d'un collembole (Brahim ,2016)

## II .5.Croissance démographique et reproduction

De nombreux collemboles sont des espèces opportunistes, capables d'une croissance rapide de la population dans des conditions appropriées. Ils répondent souvent aux perturbations de l'environnement du sol. Dans les systèmes agricoles, des poussées de la croissance peuvent suivre le labour ou la culture (Hopkin., 1997). Dans les forêts, le feu peut stimuler l'abondance de collemboles, tout comme l'application à grande échelle de pesticides (Butcher *et al.*, 1971). Les collemboles se produisent en agrégations. Dans les échantillons de sols, ils ne sont pas trouvés au hasard, mais se produisent dans des groupes. Outre les problèmes statistiques d'évaluation de la taille de la population, les agrégations posent également des questions écologiques. Dans les enquêtes de laboratoire, Christiansen (1970) et Barra et Christiansen (1975) analysé les réponses des collemboles aux variables de l'habitat (c.-à-d. humidité et substrat) et les ressources alimentaires. Bien que ceux-ci soient importants, le variable majeure semblait être une variable comportementale.

Les collemboles possèdent les phéromones d'agrégation Krool S., Bauer T (1987), qui fonctionnent probablement en rapprochant les sexes à des fins de reproduction. Plus tôt, les phéromones reproductrices ont été identifiées par Waldorf (1974)

## II .6.Adaptations physiologiques aux milieux extrêmes

### II .6.1.Adaptation au froid

Les Collemboles sont connus depuis longtemps comme susceptibles de peupler des régions et des biotopes particulièrement froids. Dans les Pyrénées on a trouvé des populations actives de *Tetracanthella* sur les rochers glacés (-15°C en hiver), à 2000 mètre d'altitude. L'espèce *Cryptopygus antarcticus* supporte des températures de -27°C. De telles performances ne sont possibles que grâce aux propriétés "antigel" du milieu intérieur à base de cryoprotecteurs comme le glycérol, manitol, tréhalose, fructose. La résistance semble être accrue par la vacuité du tube digestif et la possibilité de l'instauration d'un métabolisme anaérobie (Cassagnau, 1990).

### II .6.2.Adaptation à sécheresse

D'après Hamra-Kroua (2005), à la suite de la dessiccation totale des biotopes terrestres en saison sèche, les Collemboles font face au déficit hydrique du milieu, soit par la résistance des œufs que les femelles déposent dans les interstices, soit par le phénomène d'anhydrobiose. Les jeunes et les adultes de *Folsomides variabilis* et *Brachystomella parvula* montrent un comportement constructeur et se fabriquent des logettes d'argile ou de calcaire ayant transité par

leur tube digestif. Plus la dessiccation s'accroît les individus se contractent, se creusent en gouttière sur la face ventrale, les antennes repliées vers l'arrière et y restent ainsi desséchés plusieurs mois et reprennent leur forme initiale et leurs activités une fois le milieu sera ré-imbibé.

### **II .6.3. Adaptation à l'inondation**

La saturation du milieu édaphique par une nappe liquide refoule la plupart des espèces vers la surface du fait du peu de mouillabilité de leur cuticule. Toutefois les individus prisonniers en profondeur peuvent subir pendant un laps de temps plus au moins long des conditions de vie subaquatique qui ne semblent pas déboucher sur des conséquences létales. Les chances de survie de ces organismes sont liées à la teneur en oxygène dont ils disposent suivant les micro conditions qui leur sont offertes en profondeur. Les individus enfermés dans des bulles d'air au sein des vacuoles conservent une respiration de type terrestre adaptée aux basses tensions en oxygène (Zinkler et Rusbeck, 1986) cité par Hamra-Kroua (2005).

### **II .7.Habitudes alimentaires des collemboles**

Les collemboles sont généralement considérés comme des fongivores, avec l'ingestion occasionnelle d'autres animaux, la décomposition des résidus végétaux ou animaux, ou matière fécale. Comme indiqué précédemment, ils sont souvent considérés comme nourriciers non spécifiques mais cette conclusion est controversée Petersen, (2002).L'analyse du contenu intestinal de spécimens prélevés sur le terrain ou observation sur le terrain rhizotron Gunn et Cherret, (1993) révèle souvent une grande variété de matériaux, y compris les champignons, les débris végétaux et les restes d'animaux. Les études de choix en laboratoire, en revanche, ont montré que les collemboles ont des préférences alimentaires spécifiques, choisissant une espèce fongique plutôt que d'autres. (Bengtsson *et al.*,1994).

### **II .8 .Ecologie des collemboles**

#### **II .8.1.Milieu et habitat**

Les collemboles ont envahi tous les biotopes terrestres de la planète. Ils sont présents sous tous les types de climats et sous toutes les latitudes. Ils vivent le plus souvent en forêt, les collemboles occupent surtout le sol où ils sont rencontrés jusqu'à 10 cm mais présentent une abondance maximale dans les 3 premiers centimètres. On les trouve aussi dans la litière, ils préfèrent les endroits humides ou mouillés, bien que certaines espèces se déplacent activement sur les surfaces d'écorces des arbres et des feuilles. On peut les trouver aussi sur les mousses,

sous les pierres, dans les grottes, dans les termitières et les fourmilières, sur les surfaces des lacs et des étangs et même dans les glaciers. Les collemboles sont des composants majeurs des écosystèmes terrestres, et constituent une importante proportion de la biomasse animale (Cassagnau, 1990). Dans les sols forestiers, ils peuvent atteindre des densités de 200 à 1800 espèces par décimètre carré ( $\text{dm}^2$ ) des densités surpassées seulement par la population des acariens du sol (Handschin, 1955)

On peut distinguer les formes suivantes :

- ✓ **Epiédaphiques** : vivant à la surface du sol, sur la végétation : *Entomobryidae* et *Symphyléones*. Ils sont bien pigmentés, avec des yeux, des antennes, des pattes et une furca bien développés.
- ✓ **Hémiédaphiques** : vivant dans la litière et les premiers centimètres du sol (humus): *Poduromorpha* et *Isotomidae*.
- ✓ **Euédaphiques** : vivant dans le sol profond ; *Onychiuridae*. Ils sont dépigmentés, avec des antennes, des pattes réduits et des yeux et une furca souvent absents.
- ✓ **Interstitiels** : vivant dans les sables littoraux et continentaux.
- ✓ **Troglobies** : vivant exclusivement dans les grottes : ils sont dépigmentés et sans yeux, mais avec des appendices souvent allongés. Cependant, leur adaptation à la vie cavernicole est surtout biologique et éco physiologique
- ✓ **Milieus halins** : espèces inféodées aux milieux littoraux plus ou moins salés
- ✓ **Surface d'eau douce** : vivant à la surface des nappes d'eau douce dans les lacs et étangs
- ✓ **Termitophiles et myrmécophiles** : vivant dans les termitières ou les fourmilières.

## II .8 .2. Rôles et impacts des Collemboles sur les écosystèmes du sol

L'effet direct des collemboles sur les processus écosystémiques tels que le flux d'énergie semble être assez faible. Leur biomasse est relativement petite, leur taux de respiration ne représente qu'une petite fraction de l'efflux total de  $\text{CO}_2$  dans le sol, et leurs taux d'alimentation ne représentent qu'une petite quantité d'activité microbienne. Ils partagent ces caractéristiques avec d'autres microarthropodes du sol Gjelstrup et Petersen,( 1987). Néanmoins, les expériences de manipulation ont montré des impacts importants de collembole sur la minéralisation de l'azote, la respiration du sol, le lessivage du carbone organique dissous et la croissance des plantes (Filser, 2002).

Les Collemboles interviennent de manière relativement importante dans les processus de transformation de la matière organique, la biodégradation, en disséminant et en contrôlant les organismes décomposeurs soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire d'éjections des fragmentaires primaires dans les humus coprogènes (Isopodes, Diplopodes, larves de Ptérygotes). La majorité se nourrit aux dépens de la microflore du sol (algues, bactéries et champignons) et joue ainsi un rôle important dans le maintien de l'équilibre de la chaîne alimentaire et, donc, dans l'équilibre des écosystèmes terrestres dans leur ensemble. Ils forment un maillon de la chaîne des décomposeurs du sol. Ce sont aussi des "fragmentaires secondaires". Les Collemboles donnent au sol une structure poreuse pour un meilleur drainage ainsi qu'une meilleure action des microorganismes et des enzymes du sol Vannier et Kilbertus, (1981) et Cassagnau, (1990).

### II .8.3. Collemboles bio-indicateurs

Les collemboles jouent un rôle non négligeable en tant que marqueurs éco toxicologiques, comme par exemple *Folsomia candida* qui possède, entre autres, la particularité de bien se reproduire en laboratoire. En outre, le développement, la biologie et la reproduction de cette espèce ont fait l'objet de nombreuses études. C'est cette bonne connaissance que les scientifiques ont de ce dernier qui a conduit à en faire une espèce "standard". Utilisé dans de nombreuses expériences, il a conduit à l'établissement de la norme ISO 112674 qui détermine la qualité d'un sol en fonction de l'inhibition à la reproduction de cette espèce. Les tests effectués mesurent l'effet des substances chimiques sur le taux de reproduction des collemboles après leur exposition à un échantillon de sol naturel, comparativement à leur exposition à des sols enregistrant différentes concentrations de substances (non volatiles) dont on veut mesurer l'incidence (méthode nommée "spiking" qui signifie dopage en français).

Pour avoir une idée de la palette des substances testées, on peut prendre l'exemple de l'espèce *Folsomia Fimetera* qui, dès 1990 elle a été utilisée pour tester les effets toxiques du cuivre, du nickel, des phtalates, des sulfonates d'alkylbenzène linéaires, du pyrène, du diméthoate, des hydrocarbures aromatiques polycycliques, des composés aromatiques polycycliques, des produits pharmaceutiques vétérinaires et des boues d'épuration. Wiles and Krogh ,(1998).

## **CHAPITRE II**

### **Pollution du sol et pesticides**

## I. Dégradation du sol

La dégradation des sols est un phénomène naturel inhérent aux processus physico-chimiques et biologiques qui dynamisent notre planète. Elle est définie comme un mécanisme qui réduit le potentiel de production des sols ou de l'utilité des ressources naturelles (Barrow, 1991).

### I.2. Formes de dégradations

- **Dégradation physique** : elle contribue à l'affaiblissement de la structure du sol induisant dégradation des propriétés physique comme l'aptitude à la pénétration racinaire, la perméabilité et l'aération. La formation des croutes empêche l'infiltration de l'eau et accéléré l'écoulement superficiel. La germination et la levée sont rendues plus difficiles. Les faibles indices d'infiltration diminuent la capacité de rétention d'eau et favorisent ainsi l'apparition de situation de stress hydrique (Tidjani, 2004).
- **Dégradation biologique** : dans le sol, l'activité biologique contrôle les processus importants qui déterminent sa fertilité. Les organismes du sol dépendent eux-mêmes d'une bonne structure du sol. La majorité des formes de préparation du sol influence de manière significative la quantité et la décomposition de la pédofaune (Chibani ,2016)
- **Dégradation chimique** : une série de processus pédologiques et chimiques entraînent une diminution de la productivité des sols. Dans l'optique d'une utilisation durable des sols agricoles, la diminution des réserves en nutriment pour les végétaux est particulièrement préoccupante. Cela signifie que la restitution par la minéralisation, la teneur du sol en nutriment diminuerait rapidement. La salinisation entrainera une diminution de la quantité d'eau disponible pour les plantes .Cela peut également occasionner des effets toxiques sur les cultures. Le manque de la matière organique fait que l'aptitude du sol à retenir les nutriments devient trop faible et le lessivage augmente fortement (Greco, 1966).

### I.3. Sol agricole

Une définition agricole du sol est «un corps naturel dynamique à la surface de la terre dans lequel poussent les plantes, composé de matières minérales et organiques et de formes vivantes» (Brady, 1974)

#### **I.4. Dégradation des sols agricole**

L'agriculture intensive de la deuxième moitié du 20<sup>e</sup> siècle a dégradé les sols mondialement. Ils sont considérés aujourd'hui par l'ONU et la FAO comme des « systèmes à risque » et une ressource non renouvelable. Même si elle a permis d'accroître les productions vivrières Les impacts sur les écosystèmes des tentatives d'augmentation de la production alimentaire résultent en grande partie d'effets secondaires et tels, ils représentent des externalités négatives (Millenium Ecosystem Assessment ,2005).

### **II. Pollution des sols**

La pollution et la contamination sont deux expressions couramment employées pour désigner l'accumulation anormale et exogène, généralement due à une activité humaine, d'éléments ou de composés minéraux, organiques ou d'agents pathogènes dans un milieu donné dont la qualité se trouve affectée (Chassin *et al.*, 1996).

#### **II.1. Formes de pollution du sol**

##### **II .1.1. Les pollutions diffuses**

Elles se développant sur de grandes surfaces de sols impliquant des polluants à faible concentration, et proviennent généralement d'épandages de produits solides ou liquides (emploi d'engrais ou de pesticides en agriculture) ou de retombées atmosphériques. La dispersion puis l'accumulation de substances dangereuses sur ces sols donne ainsi des «sites uniformément contaminés» (Salhi, 2016).

##### **II .1.2. Les pollutions ponctuelles**

À l'inverse des pollutions diffuses, elles se distinguent par la présence ponctuelle dans les sols et sous-sols de substances dangereuses provenant généralement de déversements, de fuites ou de dépôt de déchets. Non confinées et en fortes concentrations, ces substances donnent naissance à des «sites localement contaminés» (Salhi, 2016).

### **III. APERÇU SUR LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES (Pesticides)**

#### **III .1. Historique des produits phytosanitaires**

Les pesticides ont été reconnus depuis longtemps (Awatef., 2011).

- Dès avant 2500 Avant Jésus Christ, les humains ont utilisé des pesticides pour protéger leurs récoltes.
- Le premier pesticide utilisé est par l'époussetage du soufre élémentaire utilisé dans la Sumeria environ 4500 ans.
- Par le 15ème siècle, les produits chimiques toxiques comme l'arsenic, le mercure et le plomb ont été appliquées à des cultures pour tuer les parasites.
- Au 17ème siècle, le sulfate de nicotine a été extrait de feuilles de tabac pour l'utilisation d'un insecticide.
- Le 19ème siècle a vu l'introduction de deux autres pesticides naturels, pyrèthre, qui est dérivé de chrysanthèmes, la roténone et qui est dérivé de la racine des légumes tropicaux.
- En 1939, Paul Müller a découvert que le DDT est un insecticide très efficace. Il est rapidement devenu le plus largement utilisé des pesticides dans le monde
- Dans les années 1940, les fabricants ont commencé à produire de grandes quantités de pesticides de synthèse et leur utilisation s'est généralisée.
- Certaines sources estiment les années 1940 et 1950 pour le début de l'ère des pesticides.
- L'usage des pesticides a augmenté de 50 fois depuis 1950 et 2,3 millions de tonnes (2,5 millions de tonnes impériales) de pesticides industriels sont maintenant utilisés chaque année.
- Soixante-cinq pour cent de tous les pesticides dans le monde sont utilisés dans les pays développés, mais l'utilisation dans les pays en développement est de plus en plus élevée

### III .2 . Définition d'un produit phytosanitaire (pesticide)

Le terme pesticide dérive du mot anglais « pest » qui désigne tout animal ou plante (virus, bactérie, champignon, ver, mollusque, insecte, rongeur, oiseau, et mammifère) susceptibles d'être nuisible pour l'homme et à son environnement et de « cide », du latin caedere signifiant frapper, abattre, tuer (Louchahi, 2014).

Un pesticide est une substance, ou un mélange de substances, utilisé pour empêcher d'agir, détruire ou neutraliser un ravageur, un vecteur de maladie humaine ou animale, une espèce végétale ou animale nocives ou gênantes au cours de la production, de la transformation, de l'entreposage, du transport ou de la commercialisation de denrées

alimentaires, de produits agricoles, de bois et de dérivés du bois, ou d'aliments pour animaux. Ou encore susceptible d'être administré à des animaux pour détruire les insectes, arachnides ou autres parasites à la surface de leur corps ou à l'intérieur de leur organisme (OMS, 1991)

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,
- Freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux, par une action chimique ou biologique (Index des produits phytosanitaires, 2015)

### III .3 .Composition des pesticides (Conception)

Un pesticide est constitué de nombreuses molécules comprenant (figure 07) :

- **Une ou plusieurs matières actives (Ma)** : ce sont des éléments principales permettant l'efficacité du pesticide qui confèrent au produit l'effet poison désiré. La Ma peut également être reconnue grâce à un numéro de produit chimique, ainsi que grâce à un nom chimique.
- **Un diluant** : qui est une matière solide ou un liquide incorporé à une préparation et destiné principalement à diminuer la concentration de la matière active. Dans le cas d'une préparation liquide, il s'agira d'un solvant, d'argile ou de talc pour les préparations solides. Dans ce dernier cas le diluant est dénommé charge.
- **Un ou plusieurs additifs (adjuvants)** : ce sont des substances en théorie dépourvues d'activité biologique, mais qui sont susceptibles de modifier les propriétés du pesticide et d'en faciliter l'utilisation, l'application et le transport du produit permettant, par exemple, une meilleure pénétration dans le végétal. Ces adjuvants comprennent des stabilisants, des adhésifs, des colorants, des matières répulsives, des tensio-actifs, des émulsionnants et parfois des antidotes (Diehl ,1975)

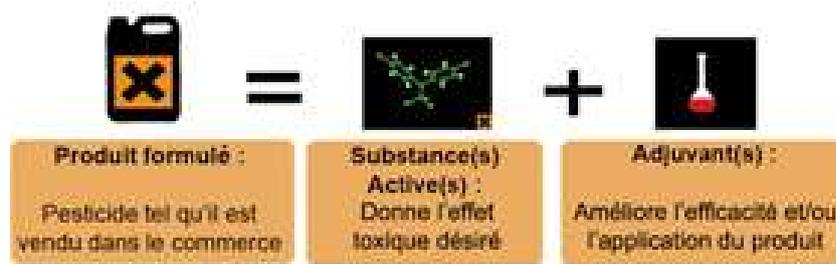


Figure 07 : La composition d'un pesticide (Diehl,1975)

### III .4. Les propriétés physico-chimiques des pesticides

Les pesticides regroupent une grande diversité de structures chimiques et chaque molécule constitue une entité qui se caractérise par un ensemble de propriétés bien spécifiques (taille moléculaire, encombrement stérique, basicité ou acidité, constante de dissociation, coefficient de partage octanol-eau, solubilité dans l'eau, tension de vapeur). Le caractère hydrophobe d'un pesticide augmente lorsque sa solubilité dans l'eau diminue, et il en résulte une rétention plus intense par la matière organique du sol. La force d'attraction entre la molécule adsorbée et une surface argileuse est directement proportionnelle à son pôle dipolaire et inversement proportionnelle à sa constante diélectrique Boucher et Margoum, (2003)

### III .5. Classification des pesticides

L'hétérogénéité de ce vaste ensemble de produits rend difficile toute classification. Certains auteurs préfèrent classer les produits selon la cible visée (insecticides, herbicides, fongicides...etc), le domaine d'utilisation, leur toxicité. Il y a alors plusieurs possibilités de classification (Morejohn ,1987).

#### III .5. 1. Le premier système de classification :

Il repose sur le type de parasites à contrôler, on distingue trois grandes classes :

- ✓ **Les insecticides** : ce sont des substances actives ou des préparations destinées à détruire les insectes nuisibles par la perturbation des processus vitaux (respiration, système nerveux, motricité...) par action chimique. Ce sont souvent les pesticides les plus toxiques, ils peuvent présenter des risques pour la santé et l'environnement via notamment leur persistance (Snégarof, 1997).

- ✓ **Les fongicides** : ce sont des produits chimiques utilisés pour lutter contre les moisissures et les champignons parasites des végétaux. Ils sont le plus souvent de nature synthétique. Les fongicides les plus anciens sont le soufre, le cuivre et ses dérivés organiques comme la bouillie bordelaise ; un mélange de sulfate de cuivre et d'hydroxyde de calcium (Kane, 1997)
- ✓ **Les herbicides, désherbants, phytocides ou débroussaillants** : produits chimiques complexes destinés à détruire les plantes indésirables (aussi appelées mauvaises herbes ou adventices) qui entrent en concurrence avec les plantes à protéger en ralentissant leur croissance. Ils sont de nature et mode d'épandage différent assez de celle des autres familles puisqu'ils sont déposés directement sur le sol, tandis que les autres produits sont plutôt pulvérisés sur la plante en croissance (Hayne *et al.*, 2000).

Outre, les trois grandes familles de pesticide mentionnées ci-dessus, différentes familles peuvent être citées comme par exemple (Brtles, 1988):

**Les molluscicides** : produits destinés à éliminer les escargots et les limaces.

**Les rodenticides** : produits employés contre les rongeurs (rats, souris, surmulots...)

**Les nématocides** : les produits destinés à lutter contre les nématodes.

**Les acaricides** : contre les acariens.

**Les taupicides** : contre les taupes.

**Les parasitocides** : contre les parasites.

**Les bactéricides** : contre les bactéries.

**Les virucides** : contre les virus.

### III .5. 2. Le deuxième système de classification

Il tient compte de la nature chimique de la principale substance active majoritaire qui compose les produits phytosanitaires. Les principaux groupes chimiques sont (López *et al.*, 2005) :

- **Les organochlorés** : D'après Juc (2007) et Ndoye (1998) Cette famille comprend un grand nombre de composés chimiques contenant du chlore et quelquefois d'autres éléments. Les insecticides les plus puissants et les plus efficaces sont des organochlorés. On trouve dans cette famille le DDT. Ils sont très persistants dans les sols, et ils se concentrent également dans les tissus biologiques. Beaucoup de composés de cette

famille sont interdits en raison de leur neurotoxicose. Les Pesticides Organochlorés (POC) sont des composés organiques, obtenus par la chloration de différents hydrocarbures insaturés. Les POC se caractérisent par une faible solubilité dans l'eau, mais une solubilité élevée dans les solvants organiques, très résistants à la dégradation biologique, chimique et photo lytique.

Dans les années 40 et 80, ils ont été massivement utilisés contre le criquet pèlerin.

- **Les carbamates** : Les carbamates présentent les mêmes caractéristiques que les organophosphorés, mais avec une toxicité moins importante. Ils dérivent de l'acide carbamique, leur mode d'action est identique à celui des organophosphorés, neurotoxiques inhibiteurs de cholinestérase. Ce sont des composés peu stables, peu solubles dans l'eau, utilisés à grande échelle contre le criquet pèlerin (Ndoye, 1998).
- **Les phénoxyalcanoïques**: herbicides (Exemple 2-4 D).
- **Les organo-azotés** : repérables par le suffixe « zine », principalement utilisés comme herbicides. (Exemple : atrazine, simazine, etc).
- **Les urées** : repérables par le suffixe « uron », utilisés comme herbicides et fongicides. (Exemple : diuron, isoproturon, etc).
- **Les organophosphorés** Les organophosphorés sont des insecticides synthétiques, trop persistants, hautement toxiques, volatiles, liposolubles et non persistants. Inhibiteurs du cholinestérase Ndoye, (1998) et Di corcia et Marchetti, (1991). Les Insecticides organophosphorés (OP) sont des composés dans lesquels un atome de phosphore est lié à une molécule qui contient du carbone et de l'hydrogène
- **Les pesticides sulfonylurées** : herbicides utilisés à des doses de quelques grammes par hectare seulement, contre quelques kilos pour les organoazotés par exemple.

### III .5. 3. Classification selon le domaine d'utilisation :

Actuellement, les pesticides sont séparés en deux groupes, selon leurs utilisations (OMS, 1991)

- **Les pesticides à usage agricole ou produits phytosanitaires**: c'est l'usage le plus connu qui utilise le plus fort tonnage de matières actives pour la protection des végétaux contre les

maladies et contre les organismes nuisibles aux cultures et assurer de bon rendement des produits alimentaires.

- **Les pesticides à usage non agricole ou biocides** : qui sont similaires aux premiers, utilisés en milieu non agricole pour détruire ou repousser les nuisible, et en hygiène publique (lutte anti-vectorielle) et dans d'autres applications comme la conservation du bois, la désinfection, ou certains usages domestiques, ainsi que pour la santé humaine vis-à-vis des vecteurs de maladies (typhus, paludisme).

### III .5. 4 .Classification selon la toxicité

L'organisation mondiale de la santé (OMS) classe les pesticides par dangerosité en se basant sur le danger que présentent les pesticides à court terme (toxicité aigüe) après l'utilisation d'une dose létale DL50 médiane orale ou cutanée. Chaque pesticide est alors placé dans une des quatre classe : Extrêmement dangereux, hautement dangereux, modérément dangereux, peu dangereux (tableau 01) (Arzul *et al.*, 2008).

**Tableau 01:** classification des pesticides Selon la toxicité (Arzul *et al.*, 2008).

Classes		DL50 rat mg/kg/poids corporel			
		Voie orale		Voie dermique	
		Solide	Liquide	Solide	Liquide
IA	Extrêmement dangereux	5 ou moins	20 ou moins	10 ou moins	40 ou moins
IB	Hautement dangereux	5-50	20-200	10-100	40-400
II	Modérément dangereux	50-500	200-2000	100-1000	400-4000
III	Peu dangereux	Plus de 500	Plus de 2000	Plus de 1000	Plus de 4000

### III .6. Mode d'action des différents types de pesticide

#### III.6.1. Les herbicides

Ils représentent les pesticides les plus utilisés dans le monde, toutes cultures confondues. Ils sont destinés à éliminer les végétaux rentrant dans la concurrence avec les plantes à protéger en ralentissant leur croissance. Au cours des dernières années, les herbicides ont largement remplacé les méthodes mécaniques pour le contrôle des adventices. Leur utilisation a permis de réduire l'augmentation des coûts et de diminuer l'intensité des labours.

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 : Perturbateurs de la photosynthèse ; Inhibiteurs de la division cellulaire ; Inhibiteurs de la synthèse des lipides ; Inhibiteurs de la synthèse de cellulose ; Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés

### III.6.2. Les fongicides

Ils permettent quant à eux de combattre la prolifération des maladies des plantes provoquées par les champignons ou encore 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

### III.6.3. Les insecticides

Forment le groupe de pesticides qui représente le plus de risque pour l'homme. 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.

Outre, ces trois grandes familles de pesticides citées ci-dessus, il existe d'autres catégories telles que :

- ✓ **Les acaricides**, contre les acariens
- ✓ **Les nématicides**, contre les vers du groupe des nématodes
- ✓ **Les rodenticides**, contre les rongeurs
- ✓ **Les molluscicides**, contre les mollusques

- ✓ **Les corvicides et corvifuges**, contre les corbeaux et les autres oiseaux ravageurs des cultures (Louchahi, 2015).

### III .7. Présentation commercial des pesticides

Un code international de 2 lettres majuscules, placées à la suite du nom commercial indique le type de formulation (Bouland *et al.*, 2004)

Les principaux types de formulation sont

- ✓ **Les présentations solides**
  - Les poudres mouillables (**WP**)
  - Les granulés à disperser (**WG**)
  - Les microgranulés (**MG**)
- ✓ **Les présentations liquides**
  - Les concentrés solubles (**SL**)
  - Les suspensions concentrées (**SC**)
  - Les concentrées émulsionnables (**EC**)
  - Les émulsions concentrées (**EW**)

### III.8. Le Marché des Pesticides

#### III .8.1. Dans le Monde

Il existe dans le Monde près de 100 000 spécialités commerciales autorisées à la vente. Elles sont composées à partir de 900 matières actives différentes. On enregistre 15 à 20 nouvelles matières actives qui s'y rajoutent chaque année.

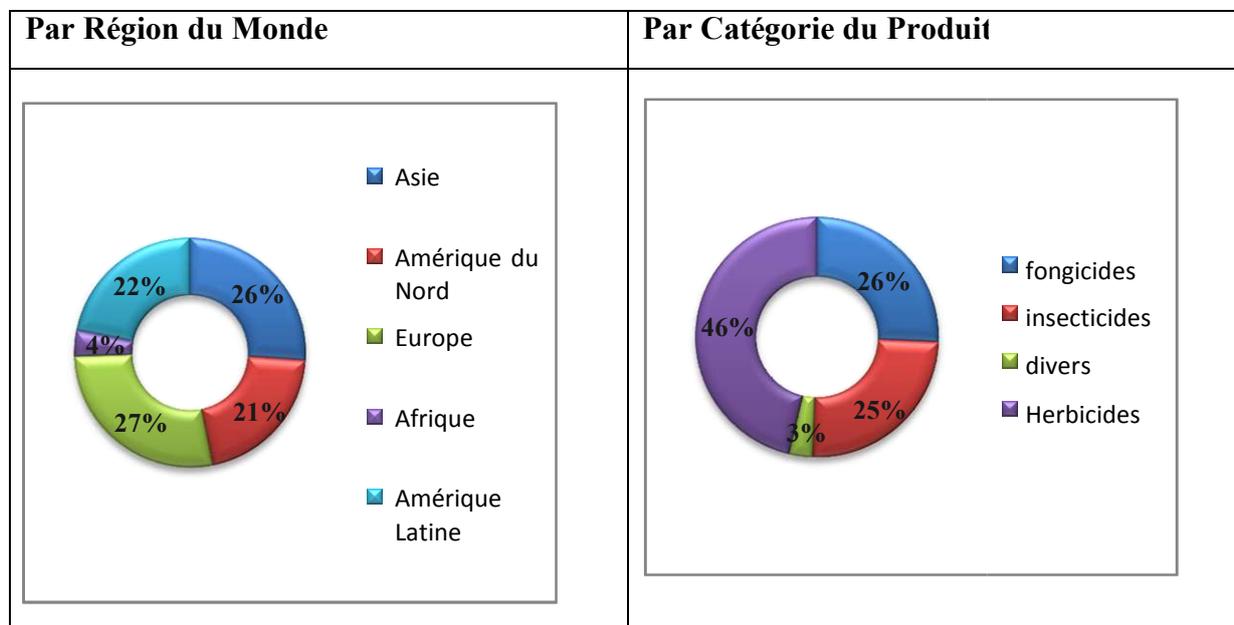
Le marché mondial (environ 40 milliards de dollars) est globalement stable depuis quelques années (2000).

Il faut noter que certains évènements climatiques récents (chaleur et sécheresse en Europe, pluie en Océanie) influencent fortement ces chiffres, en Europe et en Amérique du Nord. Les herbicides représentent 70 à 80% des produits utilisés (notamment à cause de la forte augmentation des cultures de maïs) tandis que sous les Tropiques, 50% des produits appliqués sont des insecticides.

La diversification des cultures, avec l'amélioration du niveau de vie dans certains pays, modifie également cet équilibre. Ainsi la Chine a converti l'équivalent de la surface de l'Angleterre de rizières en cultures maraîchères, entraînant une diversification des produits

mis en œuvre (Ayad-Mokhtari, 2012).

L'utilisation des pesticides dans le monde par région et par catégorie est montrée dans la figure 08.



**Figure 08:** Utilisation des pesticides dans le monde (AyadMokhtari, 2012).

### III.8.2. En Algérie

D'après Ayad-Mokhtari, (2012) une enquête a été réalisée auprès des fellahs de la Chambre d'Agriculture d'Oran et de l'Institut de Protection des Végétaux de la Wilaya d'Oran a montré que les pyréthriinoïdes, les organophosphorés et les carbamates sont les pesticides les plus utilisés en Algérie. Selon l'Institut Nationale de Protection des Végétaux, la plus grande quantité d'insecticides est utilisée dans la lutte antiacridienne.

Le marché algérien en pesticides ne cesse d'augmenter ; en 2009 l'Algérie a importé 67 millions USD de pesticides et en 2008, 77 million USD contre 49,4 millions USD en 2007.

### III .9. Effets des produits phytosanitaires

L'impact des produits phytosanitaires est incontestable. Ils influent sur l'environnement par l'infiltration dans le sol, propagation dans l'air, comme ils polluent l'eau. Les produits phytosanitaires ne sont pas uniquement nocifs sur l'environnement, mais ils présentent aussi des risques sanitaires pour l'homme (Mehri, 2008).

### **III .9. 1. Effets sur la santé humaine**

On s'expose à certains dangers chaque fois qu'on manipule un pesticide ou qu'on se trouve à proximité d'un lieu de pulvérisation. L'importance des dangers dépend de deux facteurs : la toxicité du pesticide et le degré d'exposition au produit (Ramade, 2005).

La toxicité d'un pesticide indique dans quelle mesure le produit est dangereux. On distingue deux niveaux de toxicité :

#### **III .9. 1.1. Toxicité aiguë (à court terme)**

Une seule exposition suffit généralement pour causer une intoxication. Les effets se produisent immédiatement ou peu de temps après l'exposition et varient selon le pesticide en cause, la dose reçue, la voie d'absorption et la sensibilité de la personne.

#### **III .9.1.2. Toxicité chronique (à long terme)**

L'intoxication résulte d'expositions répétées à de faibles doses de pesticide et sur une longue période. Les symptômes peuvent se manifester après plusieurs mois, voire plusieurs années d'exposition.

#### **III .9.1.3. Personnes concernées**

Les exploitants, les conjoints collaborateurs, les aidants familiaux, les salariés agricoles, les saisonniers, les distributeurs... peuvent être exposés aux produits phytosanitaires en diverses occasions

- Vente, transport et entreposage des produits phytosanitaires,
- Préparation de la bouillie,
- Remplissage du pulvérisateur,
- Epandage (pulvérisation, etc.),
- Entrée dans les parcelles après traitement,
- Déversement accidentel

En général, le risque d'exposition est le plus important lorsque le produit phytosanitaire est concentré, ou lorsque la personne qui manipule est très près du produit, notamment lors :

- De l'ouverture des emballages ;
- Du dosage/mélange du produit (préparation de la bouillie) ;
- Du remplissage des conteneurs et pulvérisateurs (Gagnec, 2003).

### III .9. 2. Effet sur l'eau

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 (lors de forte pluies survenant peu de temps avant l'application), soit par le drainage artificiel des sols (avec des concentrations moyennes), ou bien par la lixiviation (Batch, 2011).

La présence des pesticides dans les eaux de rivières présente un impact direct sur la qualité des sources d'approvisionnement en eau potable, ce qui menace la qualité de ces eaux (Gagnec, 2003).

### III .9. 3. Effets sur la faune

La faune peuvent être intoxiqué par les pesticides : Soit directement : par contact direct, lors de la pulvérisation ou juste après, Soit indirectement : en consommant de la végétation traitée, en mangeant une proie elle-même intoxiquée, ou en buvant de l'eau contaminée (Index des produits phytosanitaires, 2015).

Les effets négatifs des pesticides peuvent être :

- **Directs** : Mort subite, mort prématurée, atteinte à la fertilité, malformations, baisse des défenses immunitaires...etc.
- **Indirects** : Destruction d'insectes, de plantes à baies sauvages... réduisant le stock alimentaire de certaines espèces, destruction de ronciers, de broussailles... réduisant les habitats dans certains secteurs. Selon France nature environnement, « Ce sont surtout des espèces au sommet de la chaîne alimentaire (mammifères, oiseaux, etc.) qui témoignent de manière visible des problèmes posés par les pesticides. Mais les animaux les plus touchés sont

les insectes (notamment butineurs comme les abeilles et papillons), ainsi que les animaux à sang froid (comme les reptiles et les amphibiens)

#### **III .9. 4. Effets sur la flore**

A l'évidence, les herbicides sont les produits les plus nocifs pour les plantes non cultivées. Mais la microflore est aussi atteinte et dans certaines zones, on peut suspecter un lien de cause à effet entre l'utilisation des pesticides et, par exemple, la disparition de lichens. Les pesticides auraient également une responsabilité dans le dépérissement forestier : pour Hartmut Frank, écotoxicologue de l'Université de Tübingen, les sols des parcelles les plus touchées présentent de fortes concentrations en trichloroacide acétique, jusqu'à 0,4 mg/m<sup>3</sup> sur des zones où il n'a jamais été appliqué. (Anonyme, 2008).

#### **III .9. 5. Effets sur le sol**

La cause la plus ubiquiste de la contamination des sols résulte d'une pollution diffuse due à l'usage systématique des pesticides en agriculture (Ramade, 2005).

Au moment de la pulvérisation des pesticides plus de 90% des quantités utilisées de pesticides n'atteignent pas ravageurs visé. Bien au contraire, la part primitive de ce traitement aboutit dans les sols où elle subit plusieurs altérations. Dès lors, les sols constituent un compartiment clé dans l'environnement, car ils sont un lieu de passage quasi-obligé du contaminant agricole lors de son transfert et ils jouent un rôle important dans son devenir. D'ailleurs, le devenir de ces produits phytosanitaires dans le sol varie selon leur nature et de leur composition chimique et le risque pour l'environnement sont d'autant plus grands que ces produits sont toxiques utilisés sur des surfaces et à des doses/fréquences élevées et qu'ils sont persistants et mobiles dans les sols, ainsi, ils sont soit, dégradés par les microorganismes ; ou par hydrolyse, ou adsorbés par les sédiments ou bien absorbés par les racines des plantes (Ais et Ouamrane ,2018)

#### **III .10. Réglementation d'utilisation des produits phytosanitaires**

Le contrôle des produits phytosanitaires s'est établi peu à peu en fonction de la politique de développement prônée par le pays et par la disponibilité des moyens.

En Algérie, ce contrôle a connu une évolution dans le temps. La promulgation de la loi n° 8717 du 01.08.1987 relative à la protection phytosanitaire a permis d'édicter les mesures

relatives à la fabrication, l'étiquetage, l'entreposage, la distribution, la commercialisation et l'utilisation des produits phytosanitaires à usage agricole. Au terme de la loi, aucun produit phytosanitaire ne peut être commercialisé, importé ou fabriqué s'il n'a pas fait l'objet d'une homologation. L'homologation des produits phytosanitaires a été instituée en Algérie par les décrets exécutifs qui fixent les mesures applicables lors de l'importation et l'exportation des produits phytosanitaires à usage agricole (Ais et Ouamrane,2018).

## **CHAPITRE III**

### **Etude des effets des pesticides sur une espèce de collembole : (*Folsomia candida*)**

### Synthèse sur l'effet des additifs chimiques sur les sols agricoles

Au cours du siècle dernier, plusieurs activités telles que l'exploitation minière, l'industrie et les activités urbaines ont contribué à une importante contamination des sols (Cunningham *et al.*, 1995). Les organismes terrestres peuvent être exposés à une grande variété de facteurs de stress, tels que les contaminants et/ou d'autres facteurs de stress physiques ou biologiques affectant leurs cycles de vies.

L'utilisation intensive des pesticides dans les activités agricoles conduit à une contamination du sol, affectant par conséquent la communauté du biotope. Les pesticides sont largement utilisés pour le contrôle et la prévention contre les ravageurs agricoles et les maladies. L'utilisation de ces produits peut affecter négativement les organismes non ciblés ayant un rôle important dans le sol comme les collemboles.

Les recherches ont montré des effets de toxicité des pesticides sur le collembole *Folsomia candida*, une espèce très répandue dans la nature (Greenslade et Vaughan 2003 ; ISO 1999 ; OECD 2009).

San Miguel *et al.*, (2008) ont étudié l'impact des phenylpyrazoles, plus précisément le fipronil sur *F.candida*. Le traitement du sol avec du fipronil n'a induit aucune mortalité significative des collemboles adultes. En ce qui concerne la production juvénile, les effectifs de la population totale ont diminué à des concentrations élevées, lors de la même étude les chercheurs ont pu montrer que le sulfure-fipronil était le métabolite le plus toxique pour les collemboles. Les juvéniles sont 2,9 fois plus sensibles au sulfure-fipronil qu'au fipronil lui-même, tandis que les organismes âgés de 7 jours sont deux fois plus sensibles. Le sulfure-fipronil peut induire des effets comportementaux chez les juvéniles d'une part et de l'autre part, les organismes *F. candida* sont assez tolérants au sulfone-fipronil. La plus forte concentration à laquelle aucun effet n'a été observé (NOEC) du sulfone-fipronil est légèrement inférieure à celle mesurée pour le fipronil. Cependant, les métabolites amides n'ont produit aucun effet toxique sur *F. candida*.

Les travaux de Yu-Rong Liu *et al.*, 2012, sur deux sols vierges collectés sur un champ dans la banlieue de Pékin et rizière à Taoyuan comté de la province du Hunan en Chine. Les résultats ont montré des effets indésirables significatifs sur la survie et la reproduction du *F. candida* dans les deux sols, et la mortalité augmente avec une concentration croissante de PFF. Un produit largement utilisé dans l'agriculture (Kavitha et Rao, 2009).

En 2012, l'équipe de Diogo et Cardoso a étudié l'effet du carbaryl (l'un des pesticides à large spectre les plus couramment utilisés au monde) sur *F. candida*. L'expérience est réalisée sur un sol standard sableux limoneux, *F. candida* est conservé en laboratoire et maintenu à l'obscurité à une température constante de  $20 \pm 2$  °C, Les organismes sont exposés à différentes concentrations de carbaryl (1, 4 et 7 mg / Kg) et deux contrôles (un contrôle eau et un contrôle acétone)

Le test d'exposition aux produits chimiques est effectué à température ambiante contrôlée à  $20 \pm 2$  °C et à 16/8h de photopériode. Après 28 jours, les adultes et les juvéniles sont comptés pour enregistrer la mortalité et la reproduction des organismes exposés au carbaryl. Les résultats de l'expérience ont montrés que la Survie et la reproduction des collemboles sont significativement affectées par l'exposition au carbaryl aux concentrations les plus élevées (4 et 7 mg / Kg).

Giordani *et al* (2020), ont étudié l'effet de la toxicité sur la même espèce *Folsomia candida* en sol subtropical choisi pour sa pertinence écologique et présenté comme une classe de sol représentative au Brésil. Après plusieurs Tests de toxicité aiguë et chronique les résultats ont montrés que les deux formulations commerciales de pesticides sont mortelles pour *F. candida*, entraînant une réduction de la survie des individus

L'ensemble des expériences sont basées sur des tests chroniques, aigus, des tests de survie et de reproduction.

Dans la première étude les résultats ont montré que *F. candida* est sensible au carbaryl, qui provoque la diminution de son effort de survie et de reproduction avec des concentrations croissantes de produits chimiques, avec un CE 50 de 5,1 mg / Kg de sol. La CE<sub>50</sub> obtenue dans cette étude est inférieure à celle obtenue dans des études réalisées sur les vers de terre où là CE<sub>50</sub> est de 53,3 mg /Kg (Lima *et al.*, 2011).

Dans la deuxième expérience, le Profenofos avait un impact sur la survie et la reproduction de *F. candida* qui s'est avérée très sensible au stress du PFF. L'étude de comparaison entre les différents paramètres a révélé que la reproduction de *F. candida* semble être le critère le plus sensible de diagnostic de toxicité. Par contre, les résultats de la troisième expérience montrent que les collemboles semblaient être capables d'éviter les zones de sol fortement contaminées. Par conséquent, cette étude a montré que le fipronil et ses dérivés avaient un effet sur la survie des collemboles juvéniles mais à forte concentrations qui ne sont pas réalistes.

Par ailleurs, le résultat obtenu dans une quatrième expérience diffère de ceux des trois premières expériences. En effet, les collemboles étaient moins sensibles aux fongicides qu'aux insecticides Daam *et al* (2011) et Alves *et al* (2014). Les organismes de l'espèce *F. candida* sont sensibles aux deux substances testées. La variation dans les concentrations du fongicide "Comet®" et du fongicide + insecticide "Standak®Top" provoque un effet de toxicité aiguë plus élevé par rapport à l'effet chronique sur les collemboles dans le sol naturel. Les deux formulations ont causé un effet mortel sur l'organisme, en particulier le fongicide contenant l'ingrédient actif pyraclostrobine, cet fongicide cause la létalité des organismes, même à très faible concentration, démontrant une plus grande toxicité que la formulation du fongicide + insecticide, contenant de la pyraclostrobine, thiophanate-méthyl et le fipronil, provoquant la mort à des concentrations plus élevées.

## **Conclusion générale et recommandation**

L'objectif principal visé par notre travail consiste à étudier les effets des produits sanitaires les plus utilisés dans le monde sur l'un des plus importants organismes du sol, "Les collemboles" et ceci dans le but de voir les différents effets de ces produits sur ces organismes non ciblés, et par conséquent, sur le rendement des sols agricoles. Malheureusement, notre travail s'est interrompu au début des manipulations à cause de la pandémie du covid19. La raison pour laquelle, nous avons développé une synthèse sur l'effet des additifs chimiques sur les sols agricoles afin de montrer l'importance de la biodiversité du sol pour une agriculture durable avec un bon rendement car jusqu'à maintenant très peu d'agriculteurs sont intéressés par la qualité biologique du sol à cause de l'utilisation excessive des pesticides sur ses organismes surtout à long terme. Dans ce contexte nous avons effectué une recherche sur quelques travaux consacrés pour évaluer la toxicité de différents pesticides sur les collemboles par des tests aigus et chroniques.

Les résultats des recherches révèlent que l'exposition à ces produits peut représenter une menace à la fonctionnalité des services rendus par ces organismes dans le sol, aussi, affecter la survie et la reproduction de l'espèce *F. candida*. Ce qui implique la dégradation des sols et le faible rendement agricole. Toutefois, nous proposons la réalisation des études plus approfondies sur les effets des produits phytosanitaires commercialisés en Algérie sur les collemboles, ainsi que sur d'autres organismes non ciblés (tels que les plantes, les invertébrés et les micro-organismes).

## **Références bibliographiques**



## A

- Ais R ., Ouamrane H .**(2018) . Enquête sur l'utilisation des produits destinés à la protection phytosanitaires des céréales dans la wilaya de Bouira. Mémoire : Biodiversité et Environnement . Bouira : Université akli mohand oulhadj .35p .
- Alves P. R. L ., Cardoso E. J. B. N. , Martines A. M., Sousa J. P., Pasini A.** (2014) . Seed dressing pesticides on springtails in two ecotoxicological laboratory tests. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 105, p. 65-71. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.04.010>.
- Anderson J.M.** (1988). Invertebrate-mediated transport processes in soils. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 24 : 5-19 .
- Anonyme.**( 2008). Pesticides, danger ! Effets sur la santé et l'environnement Les alternatives, pp16.
- Arzul G., Quiniou F., Videau C., Durand G.**( 2008). La toxicité des pesticides varie selon le stade de développement des cultures de phytoplancton au moment de leur exposition. Poster GFP, Brest.
- Awatef B.** (2011). Etude sur les pesticides, Master 2 en éco toxicologie appliqué, Université de Tbesa, Algérie, pp03
- 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, pp86.

## B

- Barra J. A., Christiansen K.** (1975). Experimental study of aggregation during the development of *Pseudosinella impediens* (Collembola, Entomobryidae). *Pedobiologia* 15, 343–347.
- Barriuso E., Calvet R., Schiavon M., Soulas G.** (1996). Les pesticides et les polluants organiques des sols : Transformations et dissipation. *Etudes et Gestion des Sols*, numéro spécial : Le sol, un patrimoine menacé ?, 3/4, 279-295 .
- Barrow C. J.** (1991) *Land degradation: development and breakdown of terrestrial environments*, Cambridge University Press.
- Batch D.** (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy, pp165.

**Bellinger P.F., Christiansen K.A., Janssens F. (1996-2020)**. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>.

**Bengtsson G., Hedlund K., Rundgren S. (1994)**. Food and density dependent dispersal : evidence from a soil Collembolan. *J. Anim. Ecol.* 63, 513–520.

**Boucher C.G., Margoum C. (2003)**. Contribution à l'étude du devenir des produits phytosanitaires lors d'écoulements dans les fosses, caractérisation physico-chimique et hydrodynamique, Thèse de doctorat Université Joseph Fourier- Grenoble I. France. 292p

**Bouland J., Koomen I., Van lidth de jude J. (2004)**. Les pesticides compositions, utilisation et risque. Série Agrodok No .29, Ed Fondation Agromisa, wageningen.

**Brahim B.H. (2016)** Les Collemboles (Hexapoda : Collembola) de quelques localités du Nord-est algérien Taxonomie et Appartenance Biogéographique. thèse. Université Frères Mentouri Constantine

**Brtles. (1988)**. Guide des plantes du bassin méditerranéen Ed française p :252.

**Butcher J. W., Snider R., Snider, R. J. (1971)**. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. *Ann. Rev. Entomol.* 16, 249–288.

## C

**Calvet R. (2005)**. Les pesticides dans le sol. edition France Agricole .

**Calvet R. (2000)**. Le sol propriétés et fonctions, constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1. Edition France Agricole. Paris (France). pp83- 90.

**Cardoso., Diogo F. N . (2012)** . Combined effects of carbaryl and abiotic factors to *Folsomia candida*. Master thesis : Biology Applied. University of Aveiro ,63P.

**Cassagnau P. (1990)** Des hexapodes vieux de 400 millions d'années : les Collemboles Biologie et évolution ; 2. Biogéography et écologie. *Rév. Année biologique* 29 (1):1-69.

**Chassin P., baize D., cambier Ph., sterckeman T. (1996)**. Les éléments traces métalliques et la qualité des sols : impact à moyen et à long terme. Forum « le sol un patrimoine menacé ? ». Paris (France). pp297-303.

**Chaussod R. (1996)** . La qualité biologique des sols : Évaluation et implications. France : Association française pour l'étude des sols (AFES) . 18 p - (Etude et Gestion des Sols) .

**Chibani S. (2016)**. Dégradation des sols agricoles et perspectives de remédiation durable Cas de la zone Ouest de Stidia (W. de Mostaganem). Mémoire : Gestion Durable de l'Environnement. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.44P.

**Christiansen K. (1970)**. Experimental studies on the aggregation and dispersion of Collembola. *Pedobiologia* 10, 180–198.

**Cunningham S. D., Berti W. R., Huang J. W.** (1995). Phytoremediation of contaminated soils. *Trends in Biotechnology*, 13, 393-397.

**D**

**Daam M. A., Leitão S., Cerejeira M. J., Sousa J. P.** (2011) . Comparing the sensitivity of soil invertebrates to pesticides with that of *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, v. 85, n. 6, p. 1040-1047. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.07.032>.

**Deharveng L.** (2004) .Recent advances in Collembola systematics. *Pedologia*, N 48: 415-433.

**Di corcia A ., Marchetti M.**(1991). Multiresidue method for pesticides in drinking water using a graphitized carbon black cartridge extraction and liquid chromatographic analysis . *analytical chemistry*, vol 63; pp580-588 .

**Diehl R.**( 1975). *Agriculture générale des pesticides*. J,B, Bailliére.421p.

**F**

**Filser J.** (2002). The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia* 46, 234–245.

**G**

**Gagne C.** (2003). L'utilisation des pesticides en milieu agricole. Mémoire présenté à la commission sur l'avenir de l'agriculture et l'agroalimentaire Québécois, 16pp.

**Giordani I., Busatta E., Bonfim E., Oliveira Filho L. C., Baretta D., Baretta C.** (2020). Effect of toxicity in *Folsomia candida* by the use of fungicide and insecticide in subtropical soil. *Brazilian Journal Of Environmental Sciences (Online)*, 1-11 <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200692> .

**Gis Sol.** (2001). *Les sols supports de la productivité agricole et forestière*. Consulté le juin 2020, sur Gis Sol:

[https://www.gissol.fr/thematiques/sols-supports-productivite-vegetale\\_forestiere](https://www.gissol.fr/thematiques/sols-supports-productivite-vegetale_forestiere)

**Gjelstrup P., Petersen P.** (1987). Jordbundens mider og springhaler (Mites and springtails in the soil). *Natur. Hist. Museum, Århus* 26, 1–76 .

**Gobat J.-M., Aragno M., Matthey W.** (2003). *Le sol vivant. Bases de pédologie – Biologie des sols*, 2nd ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

**Greenslade P., Vaughan G. T.** (2003). A comparison of Collembola species for toxicity testing of Australian soils. *Pedobiologia*, 47, 171-179.

**Greco J.**(1966). *l'érosion ,la défense et la restauration des sols , et reboisement en Algérie* ,232p.

**Gunn A., Cherrett J. M.** (1993). The exploitation of food resources by soil meso- and macroinvertebrates. *Pedobiologia* 37, 303–320.

## H

**Hamra kroua S.** (2005). Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-est algérien : Taxonomie, Biogéographie et Ecologie. Tèse de doctorat d'État en sciences naturelles. Université Mentouri, Constantine, 266 p.

**Handschin E.** (1955). Considérations sur la position systématique des Collemboles., Mémoires de la Société Royale d'Entomologie de Belgique, Tome Vingt-Septième, Volume Jublaire, 1955, p.40-53.

**Hanlon R.D.G.** (1981). Influence of grazing by collembola on the activity of senescent fungal colonies grown on media of different nutrient concentrations. *Okios* : 36, 362-376

**Hayne D., Müller J., Carter S.** (2000). Pesticide and herbicide residues in sediments and seagrasses from the Great barrier Reef world heritage area and Queensland coast. *Marine Poll. Bull.*, 41 (7-12), p : 279-287.

**Hopkin S.P.**, (1997). *Biology of the springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Oxford

## I

**Index des produits phytosanitaires.** (2015). Institut national de la protection des végétaux (I.N.P.V).

**ISO 11267.** (2014). Qualité du sol - Inhibition de la reproduction de *Collembola (Folsomia candida)* par des contaminants du sol.

## J

**Jeffery S., Gardi C., Jones A.** (2013) Atlas européen de la biodiversité des sols. 128p

**Juc L.** (2007). Etude Des Risques Lies A L'utilisation Des Pesticides Organochlores Et Impact Sur L'environnement Et La Sante Humaine. Thèse Doctorat En Co-Tutelle. Université Claude Bernard - Lyon 1. 185p .

## K

**Kane A.** (1997). Effets des fongicides (Basamid, Cryptonol/ Enzone) et des endomycorhizes sur la croissance-et le développement de deux variétés d'oignon (red créole et early yellow texas"grano 502 prr) cultivées, sur un "sol infesté par *pyrenochaeta terrestris* au nord-ouest du Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal, 107 p.

**Karimi B., Cahurel J.-Y., Gontier L., Charlier L., Chovelon M., Mahé H., Ranjard L.** (2020). Revue scientifique sur la qualité biologique des sols de vignes et l'impact des pratiques viticoles, *Etude et Gestion des Sols*, 27, 221- 239.

**Krool S., Bauer T.** (1987). Reproduction, development and pheromone secretion in *Heteromurus nitidus* Templeton, 1835 (Collembola, Entomobryidae). *Rev. Écol. Biol. Sol* 24, 187–195.

**Kavitha P, Rao JV** (2009) Sub-lethal effects of profenofos on tissuespecific antioxidative responses in a Euryhyaline fish, *Oreochromis mossambicus*. *Ecotoxicol Environ Saf* 72:1727–1733

## L

**Lima M. P. R., Soares A. M. V. M., Loureiro S.** (2011). Combined effects of soil moisture and carbaryl to earthworms and plants: Simulation of flood and drought scenarios. *Environmental Pollution*, 159, 1844-1851.

**López B. C., Gómez Á. S., Rey G. M., Cancho G B., Simal G J.**( 2005) . Determination of carbamates and organophosphorus pesticides by SDME–GC in natural water, *Analytical and bioanalytical chemistry*. vol 383 ( 4) , p: 557-561.

**Louchahi 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. ( en ligne). Diplôme de magistère, école national supérieur d'agronomie, Algérie, pp04.

## M

**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.

**Millenium Ecosystem Assessment .** (2005). *Ecosystems and Human Well-being*. Vol 3 : Policy responses, Chapter 6 : Food and Cultivated Ecosystems (pp. 173-212). Washington DC : Island Press.

**Morejohn S.** (1987). Oryzalin, a dinitroaniline herbicide, binds to plant tubulin and inhibits microtubule polymerization in vitro. *Planta*, 172: 252-264.

## N

**Ndoye M .**(1998). Qualité et traitement des eaux usées domestiques et agricoles.30p.

## O

**Organisation Mondiale de la Santé (OMS).**( 1991). L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences pour la santé publique.Genève, 145 p.

**P**

**Petersen H.** (2002). Collembolan ecology at the turn of the millennium. *Pedobiologia* 46, 246–260.

**Philippe G.** (2018). <https://collemboles.fr>

**R**

**Ramade.** (2005). *Eléments d'écologie : écologie fondamentale*. DUNOD, Paris, 3ème édition, pp864.

**S**

**Saibi A.** (2008) . mémoire de magister Ecole Nationale Polytechnique Alger.

**Salhi S.** ( 2016) . Contribution à l'étude de la pollution des sols agricoles par les pesticides et engrais dans la région de Ouargla: Cas du périmètre de Hassi Ben Abdallah. Mémoire : Biologie Option : Eco-pédologie et environnement . Université kasdi merbah ouargla.54p .

**San Miguel A ., Raveton M ., Lempérière G., Ravel P.** (2008) . Phenylpyrazoles impact on *Folsomia candida* (Collembola) . *Soil Biology and Biochemistry* ,40(9) : 2351-2357 .

**SATT SAYENS - Catalyseur d'innovations.** (2020). *Evaluer l'effet des pratiques agricoles*.

Consulté le juin 2020, sur sayens-agroenvironnement:

[http://sayens-agroenvironnement.fr/evaluer-l-effet-des-pratiques-agricoles\\_1.html](http://sayens-agroenvironnement.fr/evaluer-l-effet-des-pratiques-agricoles_1.html)

**Snégarof f J.** (1997). Les résidus d'insecticides or ganochlorés dans les sols et les rivières de la région bananière de la Guadeloupe. Rapport INRA

**Swift M.J., Heal O.W., Anderson J.M.** (1979). *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*

**T**

**Tidjani idrssa S.** (2004). Mémoire ING d'état I.N.F.S.A Mostaganem contribution des Zine. H,1996. Etude d crédibilité des pluies des sols dans le tell oranais, mémoire ING d'état I.N.F.S.A Mostaganem ,p 63et 64.

**V**

**Vannier G., Kilbertus G.** (1981). Participation des Collemboles et des microorganismes telluriques aux processus de migration des substances organo-minérales. *Coll. Int.*, n° 303, CNRS éd., Paris, 133-144.

**W**

**Waldorf E. S.** (1974). Sex pheromone in the springtail, *Sinella curviseta*. *Environ. Entomol.* 3, 916–918

**Wiles J.A., Krogh P.H.** (1998). "Handbook of Soil Invertebrate Toxicity Tests", Tests with the Collembolans *Isotoma viridis*, *Folsomia candida*, and *Folsomia fimetaria*" - John Wiley, London, pp. 131-156.

**Y**

**Yu-Rong Liu ., Yuan-Ming Zheng ., Ji-Zheng He.** (2012) . Toxicity of profenofos to the springtail, *Folsomia candida*, and ammonia-oxidizers in two agricultural soils. *Ecotoxicology* , 21(4):1126-34 .

**Z**

**Zhao W.Y., Shen C.L., Ding N., Jia S.M., Fan Z.X.** (2008). Residual analysis of profenofos in cotton and soil. *J Qingdao Univ Sci Technol* 29:305–330.

## **Résumés**

## Résumé

Les sols agricoles sont exposés à des sources directes de pollution de diverses origines, parmi lesquelles les pesticides, qui sont largement utilisés pour contrôler, empêcher d'agir, détruire ou neutraliser un ravageur. Les pesticides font partie des polluants les plus dangereux pour l'environnement, en raison de leur stabilité, leur mobilité, et les effets à long terme sur les organismes non ciblés qui jouent un rôle important dans le sol. C'est le cas des collemboles qui participent au maintien de l'équilibre nutritionnel des sols et jouent un rôle non négligeable en tant que marqueurs éco-toxicologiques, telle que l'espèce *Folsomia candida* qui possède la particularité de bien se reproduire en laboratoire. Dans cette optique, le présent travail a pour but d'effectuer une recherche sur quelques travaux consacrés pour évaluer la toxicité de différents pesticides sur les collemboles par des tests aigus et chroniques. Les résultats obtenus montrent que les pesticides peuvent affecter la survie et la reproduction de l'espèce *F. candida* et causent leur létalité. Il faut noter que, les collemboles puissent fuir et éviter les zones de sol fortement contaminés.

**Mots clés :** sol, pollution, pesticide, collemboles, *Folsomia candida*

## Abstract

Agricultural soils are exposed to direct sources of pollution from various origins, including pesticides, which are widely used to control, prevent, destroy or neutralize a pest. Pesticides are among the most dangerous pollutants for the environment, due to their stability, mobility, and long-term effects on non-target organisms that play an important role in soil. This is the case of springtails, which help maintain the nutritional balance of soils and play a significant role as eco-toxicological markers, such as the species *Folsomia candida*, which has the particularity of reproducing well in the laboratory. In this perspective, the aim of this work is to carry out research on some studies devoted to evaluating the toxicity of various pesticides on springtails by acute and chronic tests. The results obtained show that pesticides can affect the survival and reproduction of the species *F. candida* and cause their lethality. Nevertheless, pesticides do not always affect Springtails because they can avoid areas of heavily contaminated soil.

**Keywords :** soil, pollution, pesticide, springtails, *Folsomia candida*

## المخلص

تتعرض التربة الزراعية لمصادر مباشرة للتلوث من مصادر مختلفة، بما في ذلك المبيدات الحشرية، التي تستخدم على نطاق واسع لمكافحة أو منع أو تدمير أو تحييد الآفات. تعتبر المبيدات من أخطر الملوثات على البيئة، وذلك بسبب ثباتها وحركتها وتأثيراتها طويلة المدى على الكائنات الحية غير المستهدفة التي تلعب دورًا مهمًا في التربة. هذه هي حالة الجوميول، الذي يساعد في الحفاظ على التوازن الغذائي للتربة ويلعب دورًا مهمًا كعلامات بيئية للسموم، مثل نوع *Folsomia candida*، الذي يتميز بخصوصية التكاثر الجيد في المختبر. مع أخذ ذلك في الاعتبار، فإن الهدف من هذا العمل هو إجراء بحث على بعض الدراسات المخصصة لتقييم سمية المبيدات الحشرية المختلفة على الجوميول عن طريق الاختبارات الحادة والمزمنة. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المبيدات يمكن أن تؤثر على بقاء وتكاثر النوع *F.candida* وتسبب موتها. ومع ذلك، لا تتأثر دائما بالمبيدات الحشرية، حيث يمكنها تجنب مناطق التربة شديدة التلوث.

**الكلمات المفتاحية:** التربة، التلوث، المبيدات، الجوميول، *Folsomia candida*

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Ecologie et environnement**

**Spécialité : Écologie Fondamental et appliquée**

**L'impact des pesticides sur les organismes du sol : cas des collemboles  
(*Folsomia candida*)**

**Résumé**

Les sols agricoles sont exposés à des sources directes de pollution de diverses origines, parmi lesquelles les pesticides, qui sont largement utilisés pour contrôler, empêcher d'agir, détruire ou neutraliser un ravageur. Les pesticides font partie des polluants les plus dangereux pour l'environnement, en raison de leur stabilité, leur mobilité, et les effets à long terme sur les organismes non ciblés qui jouent un rôle important dans le sol. C'est le cas des collemboles qui participent au maintien de l'équilibre nutritionnel des sols et jouent un rôle non négligeable en tant que marqueurs éco-toxicologiques, telle que l'espèce *Folsomia candida* qui possède la particularité de bien se reproduire en laboratoire. Dans cette optique, le présent travail a pour but d'effectuer une recherche sur quelques travaux consacrés pour évaluer la toxicité de différents pesticides sur les collemboles par des tests aigues et chroniques. Les résultats obtenus montrent que les pesticides peuvent affecter la survie et la reproduction de l'espèce *F. candida* et causent leur létalité. Il faut noter que, les collemboles puissent fuir et éviter les zones de sol fortement contaminés.

**Mot clés :** sol, pollution, pesticide, collemboles, *Folsomia candida*

**Membre du jury :**

**Président :** BAZRI Kamel-eddine      **MCA** Université des frères Montouri Constantine 1

**Rapporteur :** KERBOUA Fayçal      **MAA** ENS Assia Djebbar Constantine.

**Examineurs :** BOUTERAA Mahdia      **MAA** ENS Assia Djebbar Constantine

**Présentée par :**

Benelouezzane Mourad

Fatit Mohamed Aymen

**Année universitaire : 2019 -2020**