



Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques
Département de biologie animale et végétale

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie

Spécialité : Biodiversité et environnement

Effet des pesticides sur la pédofaune. Cas de vignoble de Baghlia et Dellys wilaya de Boumerdès

Présenté par :

M^{lle} BABACI Fazia
M^{lle} OUDJOUDI Yamina

Devant le jury:

Présidente :	M ^{lle} METNA F.	Maitre de conférences A à l'UMMTO.
Promotrice :	M ^{me} SADOUDI -ALI AHMED D.	Professeur à l'UMMTO.
Co- promotrice :	M ^{lle} OULTAF L.	Doctorante à l'UMMTO.
Examinatrice :	M ^{me} CHAOUCHI N.	Maitre de conférences A à l'UMMTO.

Remerciements

En premier, nous remercions le bon dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour être ce que nous sommes aujourd'hui et pour mener à terme ce travail ;

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice M^{me} SADOUDI professeur à l'UMMTO pour ses précieuses orientations, son aide, ses conseils et son souci de réaliser ce travail de recherche ;

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre Co-promotrices M^{lle} OULTAF doctorante à l'UMMTO pour tous les temps qu'elle nous a consacré, sa directive précieuse, sa patience et compréhension, et pour la qualité de son suivi durant toute la période de notre travail ;

Nous remercions aussi très sincèrement les membres de jury la présidente M^{lle} METNA maître de conférence A au département de biologie à l'UMMTO et l'examinatrice M^{me} CHAOUCHI d'avoir bien voulu accepté d'évaluer notre travail ;

Nos profonds remerciements vont aussi à M^r DIB doctorant à l'UMMTO, pour ce qu'il nous a accordé comme aide et conseils ;

Nous tenons également à remercier M^{me} ABROUS Ingénieur de laboratoire de recherche pour sa disponibilité et son aide ;

Nous voudrions aussi témoigner notre reconnaissance et exprimer toute notre gratitude à nos enseignants qui ont participé à notre formation ;

Nous tenons à remercier nos amis pour nous avoir donné le courage, le soutien moral pour mener ce travail à terme;

Enfin, nous adressons un grand merci à nos familles et à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à tous ceux qui nous ont apporté leur aide.

Dédicace

Je dédie ce travail à la mémoire de mon regrettable PAPA qui ma toujours encouragé

A ma chère maman qui a su m'épaulé que Dieu tout puissant me la garde

A mes chers frères Merzouk et Hocine

A mes très chères sœurs Kahina , Fahima Lmia et Sarah

A Yamina et toute sa famille

A tout mes amis.

A tous ceux et celles qui m'aime.....

Fazia



Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents pour leur soutien moral et matériel que Dieu tout

puissant me les garde

A mon frère Salim, Mouloud, Azouaou

A mes très chères sœurs Karima et Ouissam

A Fazia et sa famille

A tout mes amies

A tous ceux et celles qui m'aime.....

Yamina



Sommaire

Introduction	2
---------------------------	----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur la biologie du sol	3
I.1. Faune du sol	3
I.2. Classification de la pédofaune	3
I.2.1. Classification selon la taille	3
I.2.2. Classification selon le régime alimentaire	4
I.2.3. Classification fonctionnelle	4
I.3. Relation entre les êtres vivants et les fonctions du sol.....	5
I.4. Pesticides.....	5
I.4.1. Historique.....	6
I.4.2. Définition des pesticides	7
I.4.3. Classification des pesticides	7
I.4.3.1. Selon la cible.....	8
I.4.3.2. Selon la famille chimique	9
I.5. Effet des pesticides	10
I.5.1. Effet sur la santé humaine	10
I.5.2. Effet sur le sol	10
I.6. Devenir des pesticides dans l'environnement.....	11
I.6.1. Devenir dans l'atmosphère	11
I.6.2. Devenir dans le sol.....	12
I.6.3. Devenir dans l'eau	12
I.7. Contamination des produits agricoles	13

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

I. Situation géographique de la région d'étude.....	15
I.1. Présentation des régions d'étude.....	15
I.1.1. Baghlia	16
I.1.2. Dellys	16
I.2. Climat.....	17
I.2.1. Température	17
I.2.2. Précipitations.....	17
I.2.3. Diagramme Obmrothémique de BAGNOULS et GAUSSEN	18
I.2.4. Climagramme d'emberger	19

Chapitre III : Matériel et méthodes

I. Echantillonnage.....	20
I.1. Caractéristiques du sol	21
I.2. Récupération de la macrofaune du sol	22
I.3. Principe de l'appareil de Berlèse-Tullgren	22
I.4. Identification et dénombrement de la faune du sol.....	23
I.5. Analyse écologiques	24
I.5.1. Abondance relative	24
I.5.2. Indice de Shannon-Weaver (H')	24
I.5.3. Equitabilité (E).....	24
I.6. Analyses statistiques	25

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Résultats	26
I.1. Composition faunistique globale	26
I.2. Effets des pesticides sur la densité de la faune des parcelles du vignoble dans les régions de Baghlia et Dellys	27

I.3. Les différents ordres inventoriés dans les parcelles du vignoble de la région de Baghlia et Dellys.....	28
I.4. Abondance relative	31
I.5. Indice de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E).....	34
I.6. Analyse de la variance (ANOVA à un seul facteur).....	36
II. Discussion.....	37

Conclusion.....	39
------------------------	-----------

Références Bibliographique

Annexe

Liste des tableaux

Tableau 1: Historique de l'évolution des trois plus grandes classes de pesticides.	6
Tableau 2: Les principales familles chimiques des pesticides.....	9
Tableau 3: Températures moyennes mensuelles (°C) de la wilaya de Boumerdès durant la période 2006-2016.....	17
Tableau 4: Précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Boumerdès durant de la campagne 2006-2016.	17
Tableau 5: Caractéristiques physiques et chimiques des sols étudiés.	21
Tableau 6: Ensemble de groupes faunistiques identifiés dans les régions étudiées.....	26
Tableau 7: Résultats du test d'ANOVA à un seul facteur (période) pour la région de Baghlia	36
Tableau 8: Résultats du test d'ANOVA à un seul facteur (période) pour la région de Dellys	36
Tableau 9: Résultats du test de NEWMAN et KEULS (Baghlia)	36
Tableau 10: Résultats de test du NEWMAN et KEULS (Dellys)	36

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des principaux groupes d'organismes vivant dans les sols en fonction de leur taille (Bispo et <i>al.</i> , 2018).....	4
Figure 2 : Devenir et dispersion des pesticides dans l'environnement (Aubertot et <i>al.</i> , 2005). 12	
Figure 3 : Pourcentage des résidus de pesticides quantifiés-classement des fruits (Anonyme, 2019).....	13
Figure 4 : Pourcentage des résidus de pesticides quantifiés-classement des légumes (Anonyme, 2019).	14
Figure 5 : Localisation des régions d'étude.....	15
Figure 6 : Zone d'étude de Baghlia.	16
Figure 7 : Zone d'étude de Dellys 16	
Figure 8 : Diagramme Ombrothérmique de Bagnouls et Gausson de la willaya de Boumerdès (2006-2016).....	18
Figure 9 : Climagramme d'Emberger.	19
Figure 10 : Schéma représentant la méthode d'échantillonnage sur le terrain.....	20
Figure 11 : Les étapes de prélèvement des échantillons.	21
Figure 12 : Appareil de Berlèse-Tullgren.....	22
Figure 13 : Matériel utilisé au laboratoire.	23
Figure 14 : Effet des traitements des pesticides pendant trois périodes (avant, pendant et après traitement) sur la pédofaune dans la région de Baghlia.	27
Figure 15 : Effet des traitements des pesticides pendant trois périodes (avant, pendant et après traitement) sur la pédofaune dans la région de Dellys.	28
Figure 16 : L'ensemble des ordres inventoriés dans la parcelle du vignoble de Baghlia avant, pendant et après traitement par les pesticides 29	

Figure 17 : L'ensemble des ordres inventoriés dans la parcelle du vignoble de Dellys avant, pendant et après traitement par les pesticides.	30
Figure 18 : Abondance relative des individus recensés durant les trois périodes de traitement (avant, pendant et après) dans la région de Baghlia.	32
Figure19 : Abondance relative des individus recensés durant les trois périodes de traitement (avant, pendant et après) dans la région de Dellys.	33
Figure 20 : Indice de Shannon-Weaver (H') et l'Equitabilité (E) pour parcelle de Baghlia en fonction des profondeurs.	34
Figure 21 : Indice de Shannon-Weaver (H') et l'Equitabilité (E) de la parcelle de Dellys en fonction des profondeurs.	35

Introduction

L'usage des pesticides remonte à l'antiquité, avec l'utilisation du soufre, l'arsenic ou encore du tabac, mais c'est le développement de la chimie organique après la seconde guerre mondiale qui marque l'arrivée des molécules de synthèse. Les pesticides connaissent alors un fort développement (Cruz, 2015).

L'évolution des pratiques phytosanitaires en agriculture a permis de préserver les cultures contre les espèces nuisibles, et les « mauvaises herbes » et d'accroître les rendements. Néanmoins, cette évolution est à l'origine de la pollution de l'environnement par les pesticides (Salah, 2012).

La pollution par les pesticides touche préférentiellement les sols mais aussi les eaux superficielles ou souterraines à partir des zones agricoles. Après leur épandage, une importante quantité de pesticides se retrouve dans le sol et cela peut porter préjudice aux organismes vivants du sol (Gountan, 2013). Or, l'activité biologique d'un sol est, au même titre que ses propriétés physiques et chimiques, déterminante pour sa productivité (Mader et *al.*, 2002).

La viticulture non biologique utilise massivement les molécules de synthèse sous forme de fongicides pour faire face aux mildiou; sous forme d'insecticides pour lutter contre les dégâts des insectes (cicadelle) et sous forme d'herbicides pour détruire les végétaux venant faire concurrence à la vigne(Lakrouf,2017).

La vigne abrite une pédofaune diversifiée bien qu'elle ne soit pas la culture la plus riche. Toutefois, c'est une monoculture pérenne : elle constitue alors un terrain idéal pour les habitants du sol et l'air (Schreck, 2008). En ce qui concerne les effets sur la diversité, Johnsen et *al.* (2001) insistent sur l'importance de conduire des investigations à long terme pour en appréhender l'évolution. Des chercheurs ont montré les impacts des pesticides sur la diversité du sol, impacts confirmés par plusieurs paramètres d'évaluation (El Fantroussi et *al.*, 1999).

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail qui consiste à mener une étude sur les effets des pesticides sur la pédofaune des vignobles, et ce, en menant trois campagnes d'échantillonnage en fonction des périodes de traitement avec les produits phytosanitaires (80% des fongicides), dans les régions de Baghlia et Dellys.

Pour atteindre les objectifs cités ce présent mémoire se subdivise en trois parties

Introduction

-) Une première partie consacrée à un rappel bibliographique sur les généralités du sol et les pesticides ;
-) Une deuxième partie consacrée à la présentation des sites étudiés et la description de la méthodologie suivie ;
-) Dans la troisième partie, nous présenterons les résultats obtenus, leur interprétation et leur discussion.
-) Enfin nous terminons par une conclusion et des perspectives.

I. Généralités sur la biologie du sol

Le sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres. C'est une source de transfert, de production et de stockage d'eau et d'éléments nutritifs minéraux ou organiques, de même qu'un réservoir de la biodiversité (Girard et *al.*, 2011). Cette biodiversité représente l'ensemble des animaux qui passe une partie importante de leur cycle biologique dans le sol, elle est estimée actuellement à plus de 23 % de la biodiversité animale décrite de nos jours (Gountan, 2013).

I.1. Faune du sol

Elle comprend un grands nombre d'organismes aux caractéristiques morphologiques et physiologiques très variées. Tous ces organismes vivent dans l'espace poral du sol où leur localisation dépend de leur taille. Ces organismes réalisent diverses actions qui influent sur la qualité du sol(Calvet, 2013).

I.2. Classification de la pédofaune

La pédofaune est classée de différentes manières.

I.2.1. Classification selon la taille

Selon la taille, Bachelier (1963) a classé la faune du sol en (04) catégories (figure 1):

-) **La microfaune** est constituée d'animaux de 0,2 mm (diamètre 0,1 mm). Elle regroupe tous les protozoaires, organismes unicellulaires et elle comprend aussi les rotifères, les tardigrades et les plus petits des Nématodes.
-) **La mésofaune** dont la longueur varie entre 0,2 et 4 mm (diamètre de 0,1 à 2mm). Elle comprend la majorité des Nématodes, les acariens, les Collemboles, les Protoures et les Diploures.
-) **La macrofaune** dont la longueur des animaux varie de 4 à 80 mm environ (diamètre 2 à 20 mm).Elle comprend les Annélides, les Oligochètes (lombrics), les Mollusques, les Gastéropodes (limaces, escargot), les Arthropodes autres que les hexapodes : isopodes(Cloportes), Diplopodes, Chilopodes, les Arachnides et les insectes : Isoptères (termites), Orthoptères, Coléoptères (carabes), Diptères, Hyménoptères (fourmis).

-) **La mégafaune** dépasse 80 mm de longueur. Comprend des vertébrés qui agissent sur le sol par le creusement de galeries (reptiles, mammifères, fousseurs tels que les campagnols, les chiens de prairie et les taupes).

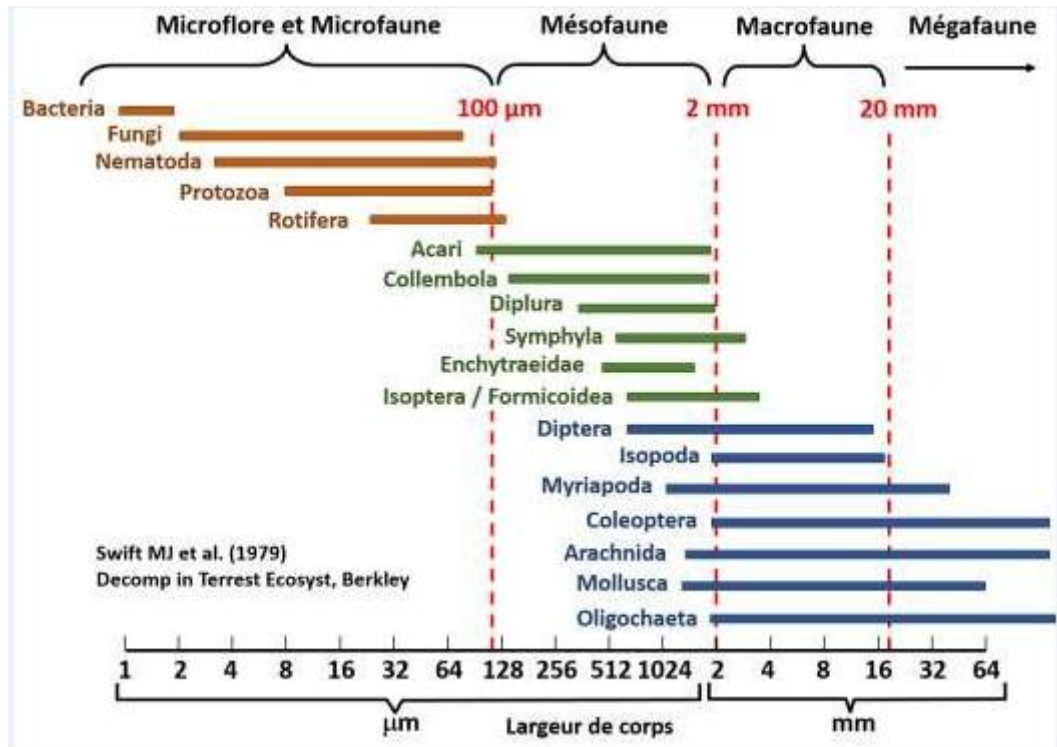


Figure 1 : Répartition des principaux groupes d'organismes vivant dans les sols en fonction de leur taille (Bispo et *al.*, 2018).

I.2.2. Classification selon le régime alimentaire

Cette classification regroupe les individus en fonction de leur manière de se nourrir, on y trouve des prédateurs, des saprophages, des parasites et des nécrophages (Bonetti et *al.*, 2016).

I.2.3. Classification fonctionnelle

La faune du sol, prise sous l'angle d'un facteur d'influence des processus du sol, a fait l'objet d'une classification fonctionnelle qui contient trois groupes basés sur leur capacité à créer des structures biogéniques et leur relation avec la microflore du sol:

-) **Les microprédateurs**: ces prédateurs régulent les communautés de microorganismes. Ce sont essentiellement des protozoaires et/ou des nématodes (Pye, 2010).

-) **Les décomposeurs:** ils fragmentent et consomment des matières organiques provenant essentiellement de la litière. Par ces deux activités, ils contribuent à réguler le cycle de la matière organique. Ce sont certains acariens (Oribates), des collemboles, certains vers (épigés et anéciques), des isopodes, des insectes (Pye, 2010).
-) **Les ingénieurs de l'écosystème:** ils consomment de la matière organique et de la matière minérale du sol, créant ainsi des structures organo-minérales. Ces structures contribuent à modifier physiquement la structure du sol et à modifier directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces.
- Les ingénieurs régulent ainsi la structure du sol et le cycle de la matière organique par leurs diverses influences sur les autres organismes de la faune et de la flore. Parmi les invertébrés du sol, les vers de terre jouent un rôle majeur. Ils ont une grande influence sur les processus physiques, chimiques et biologiques du sol et sont considérés comme les principaux ingénieurs de l'écosystème du fait du caractère homogène de leur déplacement dans le sol (Deprince, 2003).

I.3. Relation entre les êtres vivants et les fonctions du sol

La faune a un rôle plus ou moins important dans la genèse et la dynamique des sols. Son rôle fondamental est la transformation de la matière organique qu'elle prépare pour les champignons et les bactéries du sol, avec lesquels elle fait partie de chaîne de détrit.

Avec l'accroissement de l'intérêt porté à la biodiversité et à son rôle dans les écosystèmes, de nombreux écologistes du sol se sont penchés sur le lien potentiel existant entre la biodiversité de la faune et les divers processus.

Dans certains cas, l'augmentation du nombre d'espèces d'un même groupe taxonomique ou trophique peut aboutir à une augmentation de l'intensité des processus. Toutefois, cette relation n'est pas toujours vérifiée. Par exemple, il a été démontré que la minéralisation de l'azote peut diminuer avec une communauté complexe de mésofaune présentant des prédateurs par rapport à une communauté n'en présentant pas (Pye, 2010).

I.4. Pesticides

La définition précise et la classification des pesticides sont diverses en fonction des contextes d'utilisation et des réglementations (Afsset, 2010).

I.4.1. Historique

La première utilisation des pesticides en agriculture date de l'antiquité. Leur développement, ensuite, suivi celui de la chimie minérale. Les composés alors employés étaient des dérivés de composés minéraux ou de plantes comme ceux à base de l'arsenic, du cuivre, du zinc, du manganèse ou du sulfate de nicotine (Miquel, 2003).

Puis à partir de la seconde guerre mondiale, les pesticides ont bénéficié du développement de la chimie organique. Les composés synthétiques majoritaires ont, d'ailleurs, été à l'origine de l'expansion rapide des produits phytosanitaires à partir des années 1940 (Tableau 1) (Miquel, 2003).

Tableau 1: Historique de l'évolution des trois plus grandes classes de pesticides.

	HERBICIDES	FONGICIDES	INSECTICIDES
Avant 1900	Sulfate de cuivre Sulfate de fer	Soufre Sels de cuivre	Nicotine
1900 - 1920	Acide sulfurique		Sels d'Arsenic
1920 - 1940	Colorants nitrés		
1940 - 1950	Phytohormones...		Organo-chlorés Organo-phosphorés
1950 - 1960	Triazines, Urées substituées Carbamates	Dithiocarbamates Phtalimides	Carbamates
1960 - 1970	Bipyridyles, Toluidines...	Benzimidazoles	
1970 - 1980	Amino-phosphonates Propionates...	Triazoles Dicarboximides Amides, Phosphites Morpholines	Pyréthriinoïdes Benzoylurées (régulateurs de croissance)
1980 - 1990	Sulfonylurées...		
1990 - 2000		Phénylpyrroles Strobilurines	Néonicotinoïdes

TABEAU : HISTORIQUE DE L'ÉVOLUTION DES TROIS PLUS GRANDES FAMILLES D'ACTIVITÉ DES ANNÉES 1900 À NOS JOURS. SOURCE: WWW.SENAT.FR

I.4.2. Définition des pesticides

Selon la FAO (2006), un pesticide est toute substance ou mélange de substances qui est destiné à repousser, détruire ou combattre les ravageurs (y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales) et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois et des produits ligneux, ou des aliments pour animaux, ou qui peut être administrée aux animaux pour combattre les insectes, les arachnides et les autres endo- ou ecto parasites.

On distingue deux types de pesticides :

Les produits phytosanitaires : désignent les produits chimiques ou substances toxiques destinés à :

-) Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action ;
-) Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (ex : régulateur de croissances) ;
-) Détruire les végétaux indésirables ou les parties des végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux (Calvet, 2005).

Les biocides : sont des substances actives et des préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur. Elles sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toutes autres manières, par une action chimique ou biologique (Calvet, 2005).

I.4.3. Classification des pesticides

Les pesticides sont caractérisés par une telle variété de structures chimiques, de groupes fonctionnels et d'activités qui rendent leur classification complexe.

D'une manière générale, les substances actives peuvent être classées soit en fonction de la nature d'espèce à combattre (premier système de classification), soit en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose (deuxième système de Classification) (Byung-Youl, 2001)

I.4.3.1. Selon la cible

Le premier système de classification repose sur la nature des cibles vers lesquels ils sont plus particulièrement destinés. Il existe principalement trois grandes familles de produits phytosanitaires selon la nature des cibles visés: les herbicides, les fongicides et les insecticides.

) **Les insecticides**

Les insecticides sont des produits destinés à tuer ou empêcher le déroulement normal du cycle de vie des insectes par la perturbation des processus vitaux par action chimique. Ils peuvent être des produits organiques ou inorganiques naturel ou synthétiques. Les familles les plus importantes sont les organophosphorés, les organochlorés et les insecticides d'origine végétale (Calvet et *al.*, 2005)

) **les herbicides**

Les herbicides sont aussi appelés des désherbants. Ils sont destinés à limiter l'installation et la croissance des adventices ou de mauvaises herbes (Calvet et *al.*, 2005).

) **Les fongicides**

Les fongicides permettent, quant à eux, de combattre la prolifération des maladies des plantes provoquées par des champignons ou encore par des bactéries. Ils peuvent agir différemment sur les plantes soit en inhibant le système respiratoire ou la division cellulaire, soit en perturbant la synthèse des acides aminés, des protéines ou le métabolisme des glucides. Le fongicide le plus ancien est le plus courant est le soufre et ses dérivés (la bouillie bordelaise), ainsi que le cuivre, le triazole et le benzène (El fadil, 2016).

On distingue en outre :

) **Les nématocides** utilisés contre les nématodes(ou vers ronds).

) **Les rodenticides**, contre les rongeurs.

) **Les mollucides**, contre les mollusques : limaces et escargots.

) **les corvifuges**, contre les corbeaux.

) **les raticides**, contre les rats (El fadil, 2016).

I.4.3.2. Selon la famille chimique

Les pesticides regroupent plus de 1000 substances appartenant à plus de 150 familles chimiques différentes. Une famille chimique regroupe l'ensemble de molécules dérivées d'un groupe d'atomes constituant une structure de base (Tomlin, 2006), Les principaux groupes chimiques sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2: Les principales familles chimique de pesticides (El bakouri, 2006)

	Insecticides	Fongicides	Herbicides
Minéraux	<ul style="list-style-type: none">) Composés arsenicaux) Soufre) Composés fluorés) Dérivé de mercure) Dérivé de sélénium) Composé de base de silice, quartz, manganèse) Huiles de pétrole 	<ul style="list-style-type: none">) Sels de NH₄, de Ca, de Fe de Mg, K, Na) Sous forme de sulfates, de nitrates) Chlorures, Chlorates... 	<ul style="list-style-type: none">) Sel de Cuivre) A base de soufre) Composés arsenicaux) Huiles minérales
Organique	<ul style="list-style-type: none">) Organochlorés) Organophosphorés) Carbamates 	<ul style="list-style-type: none">) Phytohormones ;) Dérivés de l'urée) Carbamates) Triazines et Diazine) Dérivés de pyrimidines) Dérivés des dicarboximides) Dérivés des thiadiazines et thiadiazoles 	<ul style="list-style-type: none">) Carbamate et Dithiocarbamates) Dérivés de benzene) Dérivés des quinones) Amides) Benzonitriles) Toluidines) Organophosphorés
Divers	<ul style="list-style-type: none">) Pyréthrinoïdesde synthèse) Produits bactériens) Répulsif 	<ul style="list-style-type: none">) Dicamba) Pichlorame) Paraquot 	<ul style="list-style-type: none">) Carboxines) Chloropicrine) Doguanides) Formol

I.5. Effet des pesticides

Plusieurs études ont été menées pour connaître le devenir des produits phytosanitaires après leur épandage en zone agricole. Les résultats obtenus ont permis de conclure que le recours excessif aux pesticides peut porter préjudice à la santé des agriculteurs et des consommateurs, tout comme à l'environnement et à l'économie (Marie cruz,2016).

I.5.1. Effet sur la santé humaine

L'exposition chronique et aigue sont susceptibles de nuire à la santé humaine en perturbant le système nerveux, endocrinien, immunitaire, reproductif, rénal, cardiovasculaire, respiratoire et dermatologiques. Plusieurs pesticides ont été identifiés comme étant cancérogènes (Marie cruz, 2016).

I.5.2. Effet sur le sol

De l'utilisation accumulée de pesticides, résulte une dégradation lente et progressive de la biodiversité des sols agricoles qui peuvent être assimilés plus à des systèmes artificialisés dévolus à une culture intensive qu'à des écosystèmes terrestres naturels. Ce processus de dégradation de la vie biologique en milieu terrestre est consécutif à l'intensification du système de production qui a longtemps été la règle en agriculture. Ainsi, les produits phytosanitaires parviennent jusqu'au sol et touchent bactéries, champignons, algues, vers de terre et insectes ; ces dégradations cumulées ont un effet nocif sur la fertilité du sol (Heimbach, 1997).

Les produits phytosanitaires et plus particulièrement les insecticides sont également dangereux pour les prédateurs, parasites et compétiteurs des ravageurs cibles. Des études ont montré que l'emploi massif de pesticides conduit, en général, à la diminution des effectifs d'insectes et autres invertébrés (Mahant et *al.*, 2001).

Or, les arthropodes utiles comme les coccinelles, naturellement présents dans l'environnement permettent souvent de limiter le recours aux insecticides et il a été clairement montré que des insecticides tels la phosalone affectent ces insectes (Mahant et *al.*, 2001).

Certains peuplements, en particulier ceux de Lépidoptères, ont connu de ce fait un déclin spectaculaire comme en atteste la rareté des papillons diurnes et nocturnes dans l'espace rural en général (Ramade, 2012).

La régression des populations des rapaces est attribuée aux perturbations des fonctions reproductrices par les pesticides. La diminution de la diversité des peuplements des pollinisateurs, en dépit d'une toxicité peu élevée pour les abeilles, l'action neurotoxique des insecticides (néonicotinoïdes) provoque chez les ouvrières des troubles d'orientation fatals à ces dernières qui ne retrouvent plus leur ruche (Ramade, 2012).

Bien que la plupart des traitements soit appliquée sur les parties aériennes des plantes, une bonne partie du produit atteint toujours le sol. Durant les épisodes pluvieux, les pesticides présents sur les plantes ou adsorbés sur les particules du sol, peuvent rejoindre les écosystèmes aquatiques par l'intermédiaire des phénomènes de ruissellement et par conséquent impliquer une pollution des eaux des nappes phréatiques. Les propriétés phytotoxiques des pesticides peuvent également détruire le phytoplancton du milieu et briser ainsi la chaîne trophique. Cette microflore étant essentielle au maintien de la fertilité (Paris-Palacios et *al.*, 2001).

La faune des milieux aquatiques n'est pas non plus épargnée. En effet, des concentrations importantes en lindane ont été retrouvées dans des tissus d'anguilles pêchées dans la réserve naturelle de la Camargue entraînant la mortalité des poissons (Roche et *al.*, 2000).

I.6. Devenir des pesticides dans l'environnement

Lors de l'application des pesticides, on assiste à des pertes importantes en direction des différents compartiments de l'environnement. le transfert de ces pesticides est le résultat d'une très forte interaction entre les propriétés des molécules, les caractéristiques du milieu, les conditions climatiques pendant et après application et les pratiques agricoles (figure 2) (Aubertot et *al.*, 2011).

I.6.1. Devenir dans l'atmosphère

Les pesticides entrent dans l'atmosphère selon plusieurs phénomènes et processus : dérive lors d'application, volatilisation indirecte à partir des sols ou du couvert végétal après application, par érosion éolienne (mise en suspension particules / poussière d'un sol). Les pertes cumulées des pesticides après application peuvent atteindre 90 % de la dose appliquée. Des lors, ils peuvent être transportés (forme gazeuse ou aérosols), déposés par voie sèche ou humide, ou photodégradé (Aubertot et *al.*, 2005).

I.6.2. Devenir dans le sol

Les gouttelettes de pesticides peuvent atteindre directement le sol sans être stoppées par le feuillage, ou alors indirectement, lorsque la pluie va lessiver les gouttelettes, non encore absorbées par les feuilles. Une partie du produit peut être dispersée dans le compartiment atmosphérique et peut se déposer sur le sol, sous forme de dépôts secs ou humides (Aubertot *et al.*, 2005).

Le processus de rétention des pesticides dans le sol réduit leur mobilité et diminue ainsi, au moins temporairement, leur transfert vers l'air ou l'eau. Le processus de dégradation est un facteur de dépollution majeur des compartiments environnementaux. Il dépend de la stabilité chimique de la molécule et de facteurs abiotiques et biologiques (Aubertot *et al.*, 2005).

I.6.3. Devenir dans l'eau

Le risque maximal de contamination des eaux de surface correspond aux fortes averses qui se produisent peu de temps après l'application ou l'arrivée de produit au sol. Pour la contamination des eaux souterraines, le risque est essentiellement lié au régime pluviométrique, à l'épaisseur de la zone non saturée, aux interactions nappes-rivière, à la nature et à la vitesse des écoulements à travers le sol et le sous-sol (Aubertot *et al.*, 2011).

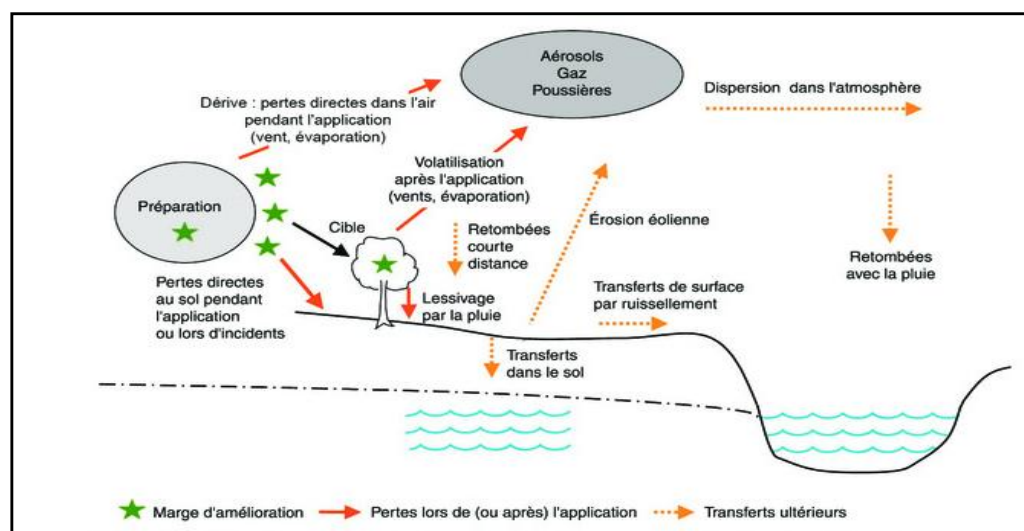


Figure 2 : Devenir et dispersion des pesticides dans l'environnement (Aubertot *et al.*, 2005).

I.7. Contamination des produits agricoles

Le milieu agricole peine à se passer des pesticides. La vigne est l'une des spéculations agricoles utilisant le plus de produits phytosanitaires par rapport à la surface : 20 % des fongicides utilisés sont ainsi pulvérisés sur 4 % de la surface cultivée.

Une étude a permis d'établir un classement inédit des fruits et légumes les plus contaminés, sur un total des 19 fruits étudiés. Le raisin est le plus contaminé avec 89 % des échantillons qui contiennent des résidus de pesticides quantifiables. Ce fruit est suivi de près par les clémentines/mandarines (88,4%) et les cerises (87,7 %) (Figure 3)

(Anonyme, 2019).

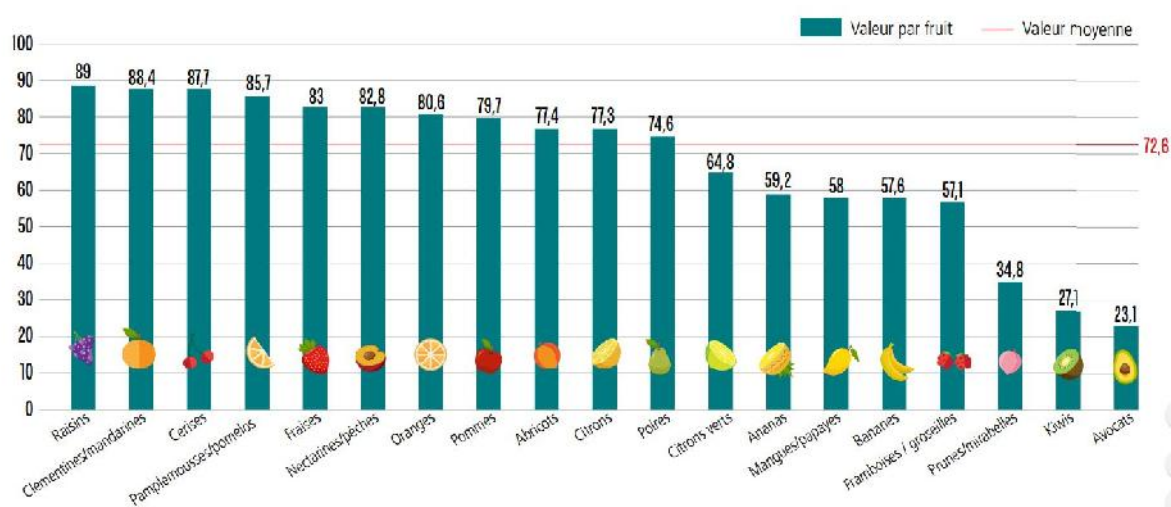


Figure 3 : Pourcentage des résidus de pesticides quantifiés-classement des fruits (Anonyme, 2019).

Parmi les 33 légumes analysés, le plus atteint est le céleri-branche avec 84,6 % des échantillons testés qui contiennent des résidus de pesticides. Il est suivi de près par les herbes fraîches (74,5 %), l'endive (72,7 %), le céleri-rave (71,7 %) et la laitue (65,8%) (Figure 4).

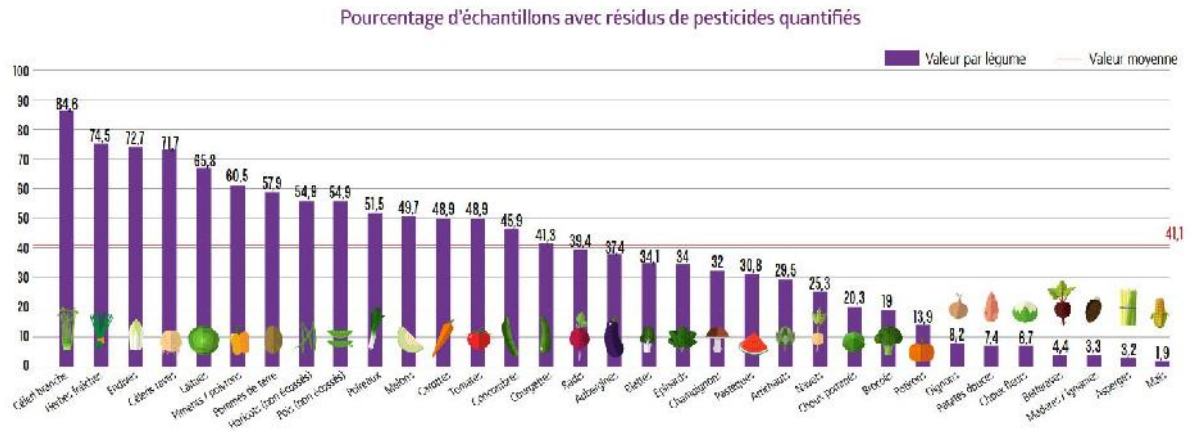


Figure 4 : Pourcentage des résidus de pesticides quantifiés-classement des légumes (Anonyme, 2019).

I. Situation géographique de la région d'étude

Notre région d'étude se situe au Nord centre de l'Algérie, plus précisément au niveau de la wilaya de Boumerdès. Elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par les wilayas d'Alger et Blida, à l'Est par la wilaya de Tizi-Ouzou et au Sud par la wilaya de Bouira. Elle est divisée administrativement en 32 communes et 9 Daïras dont la daïra de Dellys et Baghlia qui constituent les deux zones de la présente d'étude (figure 5).

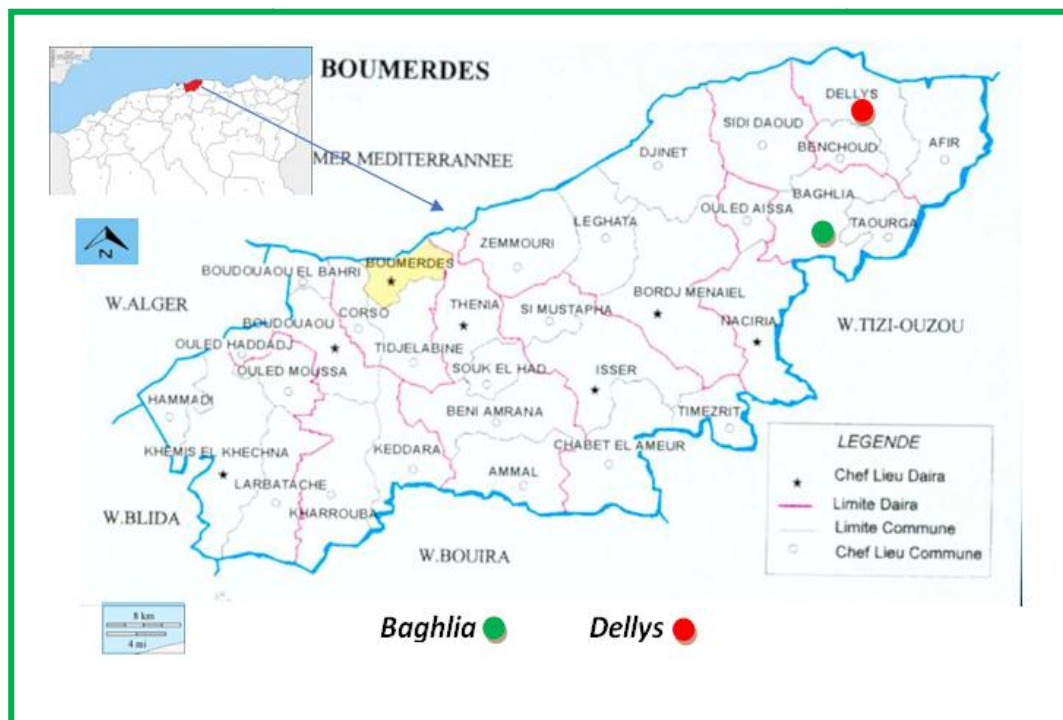


Figure 5: Localisation des régions d'étude.

I.1. Présentation des régions d'étude

La wilaya de Boumerdès est une wilaya à vocation agricole, la superficie totale de la culture viticole à Boumerdès est de l'ordre de 11.000 hectares. La majorité de ces terrains se trouve dans la partie Est de la wilaya, notamment à Dellys et Baghlia, où l'on trouve les vastes vignobles. À rappeler qu'entre 40 à 45 % de la production nationale de raisin de table provient de la Wilaya de Boumerdès. Chaque année, la surface dédiée à la viticulture augmente d'environ 500 ha.

I.1.1. Baghlia

Baghlia se situe à 45 Km du Chef lieu de la willaya de Boumedès et à 80 Km de la capitale(Alger). La superficie de la région de Baghlia est de 6055 ha avec une superficie agricole totale de 3709 ha dont la superficie utile est de 3038 ha, et la superficie de la vigne est de 1173 ha. Elle produit 87 de raisin de table de la wilaya (DSA, 2017).La vocation de la commune de Baghlia est agricole et spécialement viticole (figure 6).



Figure 6: Zone d'étude de Baghlia.

I.1.2. Dellys

Elle se trouve à 50 Km du chef lieu de la willaya de Boumerdès. Sa superficie est de 50,6 Km², c'est une ville côtière sur le littoral nord Algérien (figure 7).



Figure 7 : Zone d'étude de Dellys.

I.2. Climat

Les zones d'études sont soumises à l'influence climatique du bassin méditerranéen et de la diversité des reliefs, dont la température et les précipitations sont des éléments importants pour la biodiversité des sols. Le climat de Boumerdès est chaud et tempéré. En hiver, les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne le sont en été.

Dans le cadre de l'étude climatique, nous avons utilisé les données météorologiques fournies par l'Office National Météorologique de Boumerdès (O.N.M) de la période 2006-2016.

I.2.1. Température

La température est un facteur qui influe sur l'activité d'un écosystème. Le tableau 3 donne les températures moyennes mensuelles enregistrées dans la wilaya de Boumerdès durant la campagne 2006-2016.

Tableau 3: Températures moyennes mensuelle (°C) de la wilaya de Boumerdès durant la période 2006-2016.

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
T(°C)	12,9	13	13,2	17	18,1	22,9	25,3	26,6	25,8	20,5	17,3	11,6

Selon le tableau 3, Boumerdès affiche une température moyenne de 18.5 °C. Nous remarquons que les moyennes mensuelles les plus élevées sont enregistrées durant les mois de Juillet et Août (25,3 et 26,5 °C) respectivement et les plus basses sont enregistrées au mois de Décembre avec une moyenne de 11,6°C. Entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 14,9 °C.

I.2.2. Précipitations

Le tableau 4 nous donne les précipitations mensuelles enregistrées dans la wilaya de Boumerdès sur 10 ans durant la campagne 2006-2016.

Tableau 4: Précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Boumerdès durant la campagne 2006-2016.

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
P(mm)	73,2	50	85,8	2,6	5,9	4,84	0	0	8,80	40	71	160

Selon ces données pluviométriques, le total des précipitations est de 502,14 mm. Durant l'année, la précipitation moyenne est de 41,8 mm. Entre le plus sec et le plus humide des mois, l'amplitude des précipitations est de 160 mm. La répartition des précipitations montre une période pluvieuse durant l'hiver et une baisse des précipitations durant l'été et l'automne, la période estivale de la région est sèche.

Le maximum des pluies est enregistré durant le mois de Décembre avec une moyenne de 160 mm et le minimum est enregistré au mois d'Avril avec 2,6 mm.

I.2.3. Diagramme Obmrothémique de BAGNOULS et GAUSSEN

Il permet d'évaluer la durée et l'importance de la saison sèche. D'après Bagnouls et Gausсен un mois est sec lorsque le total des précipitations (P), exprimé en millimètre est égale ou inférieur au double de la température, exprimée en degré Celsius (figure 8).

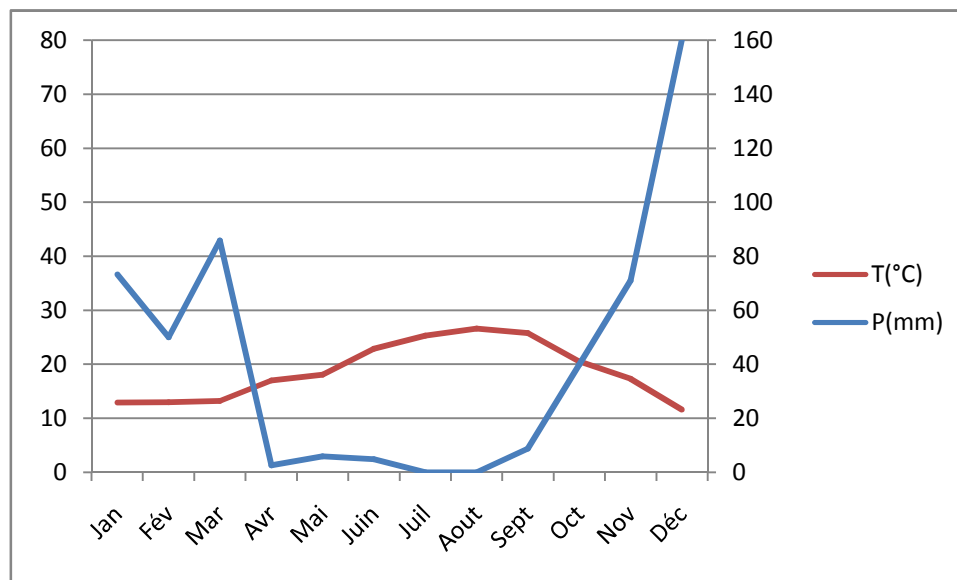


Figure 8: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la willaya de Boumerdès (2006-2016).

A travers l'examen du diagramme Obmrothémique de Bagnouls et Gausсен de la campagne de 2006-2016, le climat de la région de Boumerdès est caractérisé par une période humide s'étalant d'Octobre à Mars et une période sèche entre Avril à Octobre.

I.2.4. Climagramme d'Emberger

Sur le climagramme d'Emberger, les valeurs moyennes des températures minima (m) du mois le plus froid sont portées sur l'axe des abscisses et en ordonnées celles de Q3. Ce climagramme permet de déterminer les étages et les sous étages bioclimatiques (figure 9).

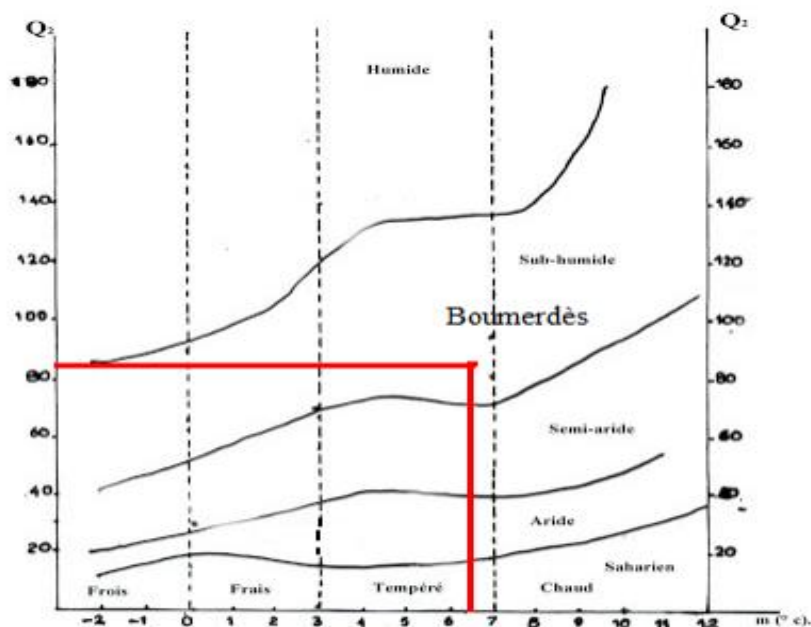


Figure 9 : Climagramme d'Emberger.

La valeur de Q3 est la suivante :

$$Q3 = 3,43 P / (M - m) = 3,43 \times 502,14 / (26,8 - 6,5) = \mathbf{84,84}$$

Q3: Le quotient pluviométrique d'Emberger.

P : La somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M: La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en °C.

m : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimée en °C.

Selon le climagramme d'emberger, la wilaya de Boumerdès est classée dans l'étage climatique sub-humide à hiver doux.

Dans le but de mettre en évidence l'effet des pesticides sur la faune du sol dans deux régions du domaine viticole algérien, nous avons adopté la méthodologie suivante.

I. Echantillonnage

Dans le cadre de notre étude une méthode d'échantillonnage a été adoptée qui permet de capturer les organismes dans leur milieu et de faire un inventaire (figure10).

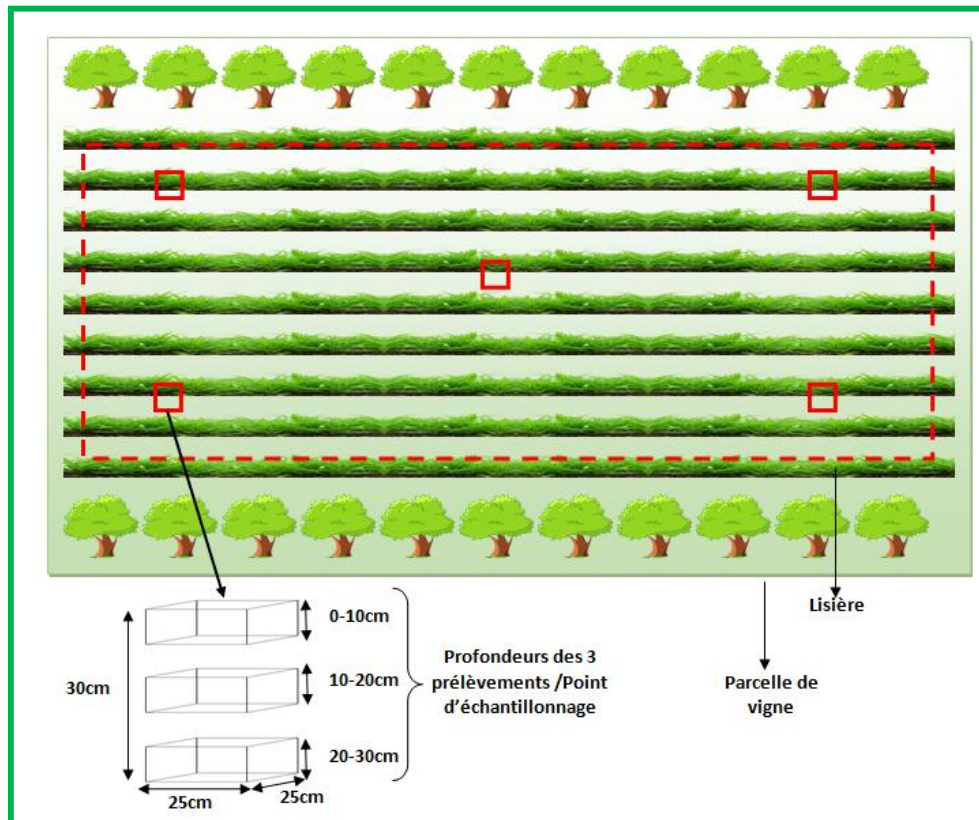


Figure 10 : Schéma représentant la méthode d'échantillonnage sur le terrain.

L'échantillonnage a été effectué dans une parcelle de vigne à l'aide d'un quadrat 25x25 cm où les échantillons ont été prélevés sur 5 points à des distances différentes et des niveaux d'échantillonnages différents de 0 à 30 cm repartis comme suit :

Le premier niveau (N1) correspond à la couche 0 à 10 cm de profondeur.

Le deuxième niveau (N2) correspond à la couche 10 à 20 cm de profondeur.

Le troisième niveau (N3) correspond à la couche 20 à 30 cm de profondeur.

Les échantillons sont mis dans des sacs en plastique fermés, étiquetés et sont transférés au laboratoire, où ils seront préparés pour analyse. Nous représentons dans la figure suivante les différentes étapes d'échantillonnage sur le site de prélèvement.



Figure 11 : Les étapes de prélèvement des échantillons.

L'échantillonnage a été répété sur trois périodes :

- ✓ Avant traitement par les produits phytosanitaires (Avril).
- ✓ Pendant traitement par les produits phytosanitaires (Juin).
- ✓ Après traitement par les produits phytosanitaires (Août).

I.1. Caractéristiques du sol

Pour l'étude analytique des sols, les échantillons ont été séchés à l'air libre, puis broyés et tamisés avec un crible de 2 mm de diamètre.

Les résultats des analyses physiques et chimiques de nos deux régions d'étude sont donnés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques physiques et chimiques des sols étudiés (Belkhef et al, 2019).

Régions	Analyses physique				Analyses chimique		
	<i>A %</i>	<i>LF%</i>	<i>SF %</i>	<i>SG%</i>	<i>pH</i>	<i>calcaire Total</i>	<i>Carbone organique</i>
Baghlia	43	33	10	14	8	8,7	0,84
Dellys	37,36	33,96	19,45	18,87	7,90	6,2	2,11

Ces résultats montrent que le pH de ces sols est alcalin, c'est des sols modérément calcaires et moyennement pourvus en matière organique. Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que les sols de Baghlia et Dellys appartiennent à la classe texturale Argilo-limoneuse.

I.2. Récupération de la macrofaune du sol

Toute la macrofaune visible à l'œil nu est prélevée et mise dans des flacons contenant de l'alcool conservateur à 75° pour une bonne conservation. Cependant, dans certains cas nous avons utilisés du formol à 4° pour conserver certains caractéristiques telle que la couleur c'est le cas pour les vers de terre.

Les flacons contenant la faune récoltée sont étiquetés afin de faciliter l'identification tout en indiquant la région de l'échantillonnage, le numéro de l'échantillon et le niveau d'échantillonnage. Pour la faune non visible à l'œil nu ou difficilement repérable dans le sol, nous avons fait recours à l'appareil de Berlèse.

I.3. Principe de l'appareil de Berlèse-Tullgren

L'extraction de la faune du sol consiste à les séparer de leur substrat. Dans la présente étude, nous avons utilisé la méthode classique de Berlèse-Tullgren qui consiste à modifier les conditions de la vie de la faune du sol par l'utilisation d'agents thermodynamiques : l'éclairage et l'élévation de la température incitant les animaux à quitter l'échantillon.

Le principe de cette technique consiste à placer un volume connu de terre sur un tamis à large maille posé sur un entonnoir, la faune quitte son logis dans les récipients collecteurs contenant de l'alcool à 75° (figure 12).



Figure 12 : Appareil de Berlèse-Tullgren.

I.4. Identification et dénombrement de la faune du sol

Une fois les invertébrés du sol collectés, nous avons procédé à leur tri, leur comptage et leur détermination. C'est la partie la plus délicate du travail.

L'identification de la faune du sol s'est faite à l'aide de plusieurs clés d'identification parmi lesquelles, nous citons :

- ✓ Clé de détermination de la faune du sol SVT Lyon : <https://www2.ac-lyon.fr> > Accueil du site > Ressources scientifiques > Biologie

Cette dernière nous a aidé à différencier et classer les taxons trouvés dans les échantillons du sol récupérés sur le terrain.

Pour pouvoir observer les détails et pour une meilleure précision nous avons utilisé une loupe binoculaire (figure 13).

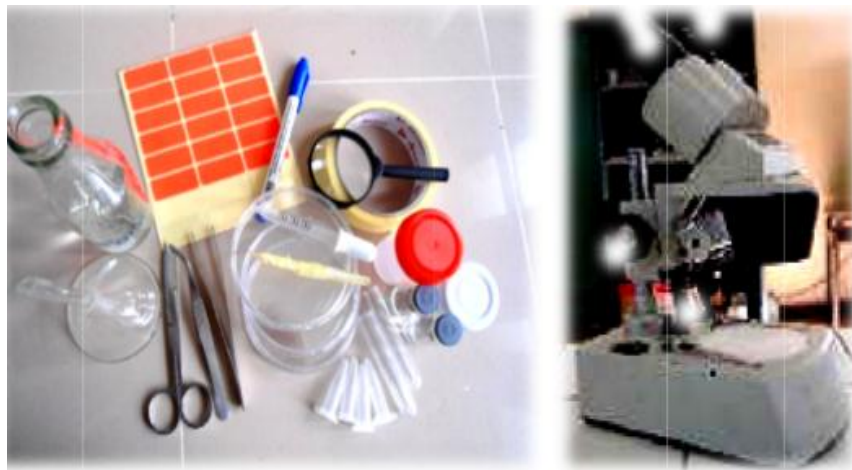


Figure 13 : Matériel utilisé au laboratoire.

Les individus extraits sont mis dans une boîte de Pétri pour entamer la séparation de chaque groupe faunistique, et les différencier en groupes. Un premier comptage est réalisé permettant de déterminer le nombre total d'individus de chaque taxon présent dans chaque échantillon.

I.5. Analyse écologiques

Plusieurs indices de diversité fonctionnelle ont été proposés .Parmi ces dernières, il est possible de citer :

I.5.1. Abondance relative

Elle correspond au nombre d'individu du taxon (i) rapport au nombre total d'individus des taxons.

$$P_i = n_i/N$$

pi: proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude

ni : nombre d'individus de l'espèce (i).

N : effectif total des individus de toutes les espèces.

I.5.2. Indice de Shannon-Weaver (H')

Selon DAJOZ (1985), H' permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné et de comparer la faune de différents milieux, malgré la variation du nombre d'individus récoltés. Il est exprimé en bits par la formule suivante :

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Une communauté est d'autant plus diversifiée que l'indice de Shannon-Weaver (H') sera plus grand.

I.5.3. Equitabilité (E)

L'Equitabilité correspond au rapport entre la diversité observée (H') et la diversité maximal (H max). Elle est donnée par la formule suivante :

$$E = H' / H \text{ max}$$

Avec $H \text{ max} = \log S$ où S, est la richesse totale.

D'après Ramade (1984), l'équitabilité varie de 0 à 1. Si E tend vers 0, ça signifie qu'il y a dominance de quelques espèces ; mais si (E) tend vers 1, toutes les espèces présentent la même dominance.

I.6. Analyses statistiques

Afin d'évaluer l'impact des produits phytosanitaire sur la pédofaune, nous avons opté pour des analyses statistiques appropriées à notre thème d'étude, réalisées avec le logiciel 'Statistica'.

Dans la présente étude, nous avons utilisé ANOVA à un seul facteur (période), réalisée dans le but de déterminer l'abondance des groupes faunistiques en fonction de trois périodes différentes. Dans le cas significatif, cette analyse est complétée par le test de Newman et Keuls qui permet la comparaison des moyennes puis la détermination des groupes homogènes.

I. Résultats

Pour l'évaluation des effets des pesticides sur la faune de deux terrains viticoles, les invertébrés de ces sols ont été récoltés et identifiés et les résultats obtenus sont représentés ci-dessous.

I.1. Composition faunistique globale

Les résultats de l'échantillonnage révèlent la présence d'un total de 22 ordres dans la région de Dellys et 27 dans la région de Baghlia (Tableau 6).

Tableau 6: Ensemble de groupes faunistiques identifiés dans les régions étudiées.

Région	Groupes	Ordres	Région	Groupes	Ordres
Baghlia	Collemboles	Entomobryomorpha Poduromorpha Symphyléona	Dellys	Collemboles	Entomobryomorpha Poduromorpha
	Diplours	Dicellurata Rhhabdura		Diplours	Dicellurata Rhhabdura
	Myriapodes	Chilopoda Diplopoda Symphyla Pauropoda		Myriapodes	Chilopoda Diplopoda Symphyla Pauropoda
	Acariens	Mesostigmata Ixodida Oribate Holothyrida Prostigmata Metastigmata		Acariens	Mesostigmata Ixodida Oribate Holothyrida
	Insectes	Coléoptèra Hémiptèra Diptèra Psocoptera Fourmis		Insectes	Coléoptèra Hémiptèra Diptèra Psocoptera Fourmis
	Opilions	Opilions		Opilions	Opilions
	Nématodes	Oligochètes		Nématodes	Oligochètes
	Annélides	Haplotoxida		Annélides	Haplotoxida
	Araignées	Araneae		Araignées	Araneae
	Pseudoscorpions	Pseudoscorpions		Pseudoscorpions	Pseudoscorpions
	Mollusques	Mollusque		Mollusques	/
	Crustacés	Cloportes		Crustacés	/

D'après le tableau 6, la faune du sol est représentée dans les deux régions d'étude par les Acariens, les Insectes, les Myriapodes, les Collemboles, les Diplours, les Nématodes, les Opilions, les Crustacés, les Annélides, Les Araignées et les Pseudoscorpions.

I.2. Effets des pesticides sur la densité de la faune des parcelles du vignoble dans les régions de Baghlia et Dellys

Après avoir collecté et identifié la faune de la parcelle de Baghlia, un total de 3354 individus est dénombré avant le traitement par les pesticides. Une forte diminution des individus a été enregistrée avec un total de 277 pendant l'application des pesticides.

Ensuite, une recolonisation a été observée après traitement par les pesticides. Nous avons dénombré 513 individus (figure 14).

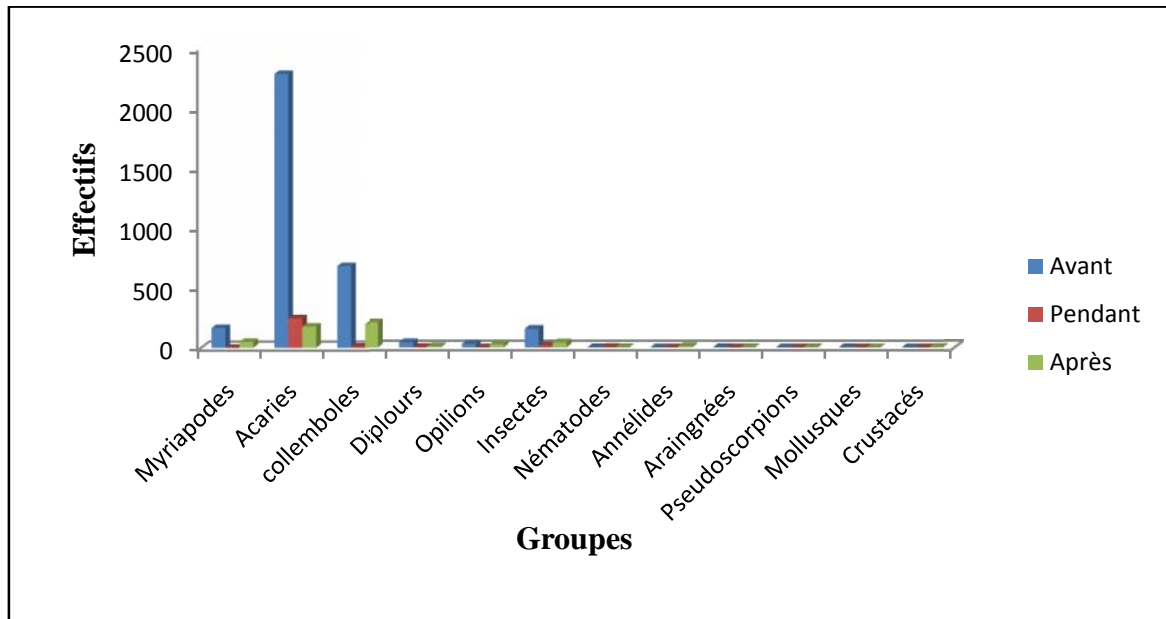


Figure 14 : Effet des traitements des pesticides pendant trois périodes (avant, pendant et après traitement) sur la pédofaune dans la région de Baghlia.

La faune recensée et identifiée dans la région de Dellys avant, pendant et après traitement par les pesticides est composée de 2294, 385 et 1602 individus respectivement (figure 15).

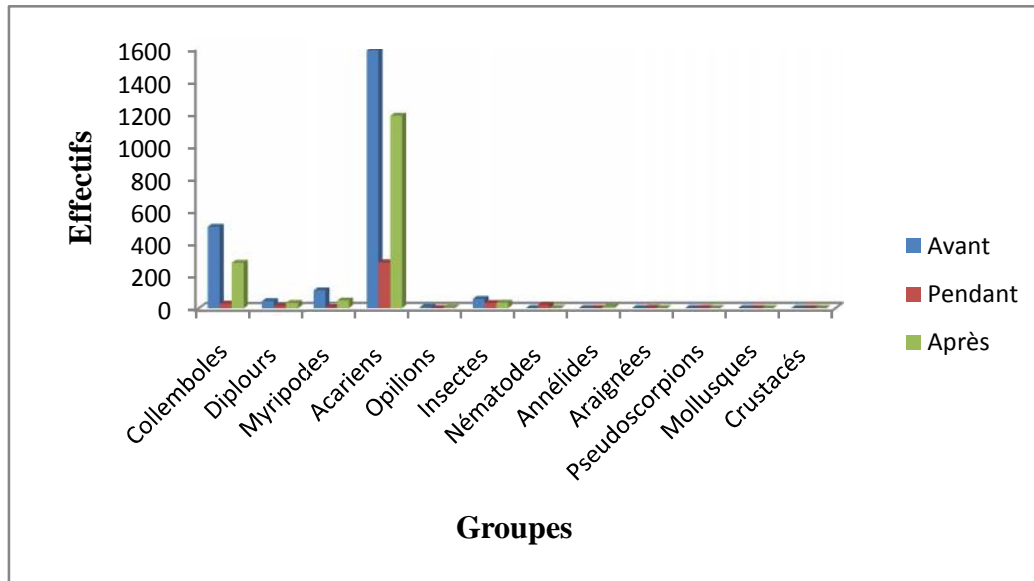


Figure 15 : Effet des traitements des pesticides pendant trois périodes (avant, pendant et après traitement) sur la pédofaune dans la région de Dellys.

Par comparaison entre les groupes faunistiques recensés dans les deux parcelles Baghlia et Dellys nous constatons une dominance des Acariens.

I.3. Les différents ordres inventoriés dans les parcelles du vignoble de la région de Baghlia et Dellys

Les figures ci-dessous représentent l'ensemble des ordres recensés dans les régions de Baghlia et Dellys durant trois périodes (avant, pendant et après) le traitement par les pesticides.

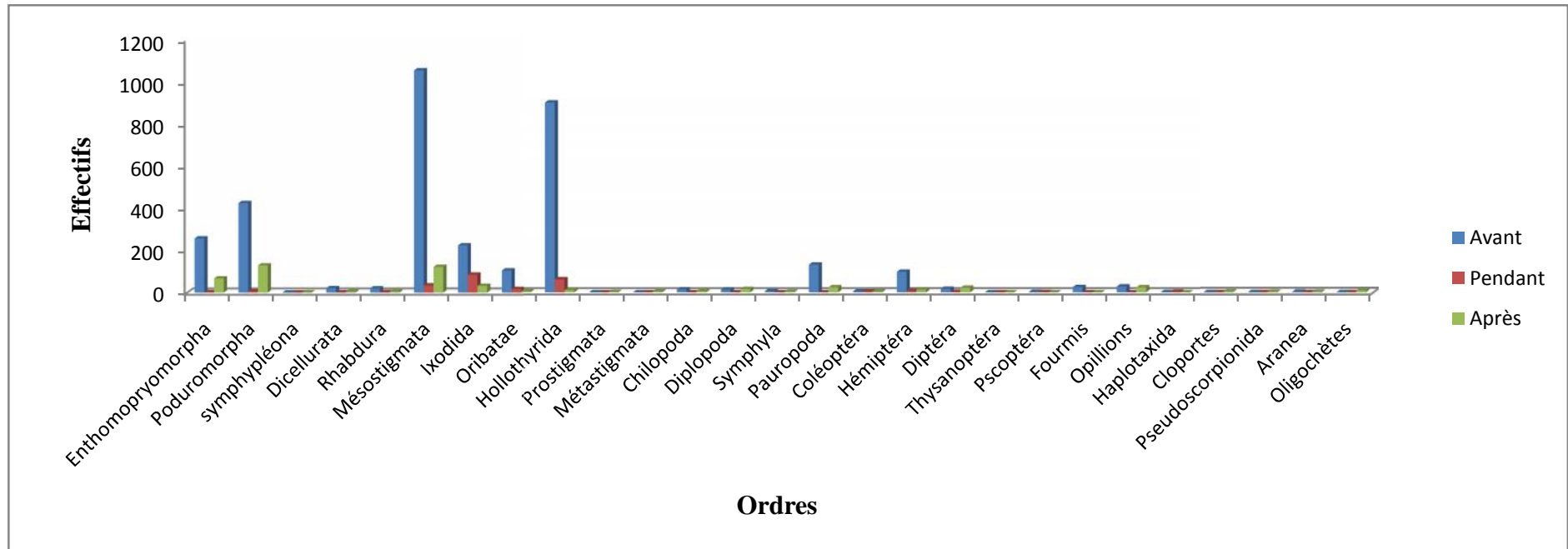


Figure 16 : L'ensemble des ordres inventoriés dans la parcelle du vignoble de Baghlia avant, pendant et après traitement par les pesticides.

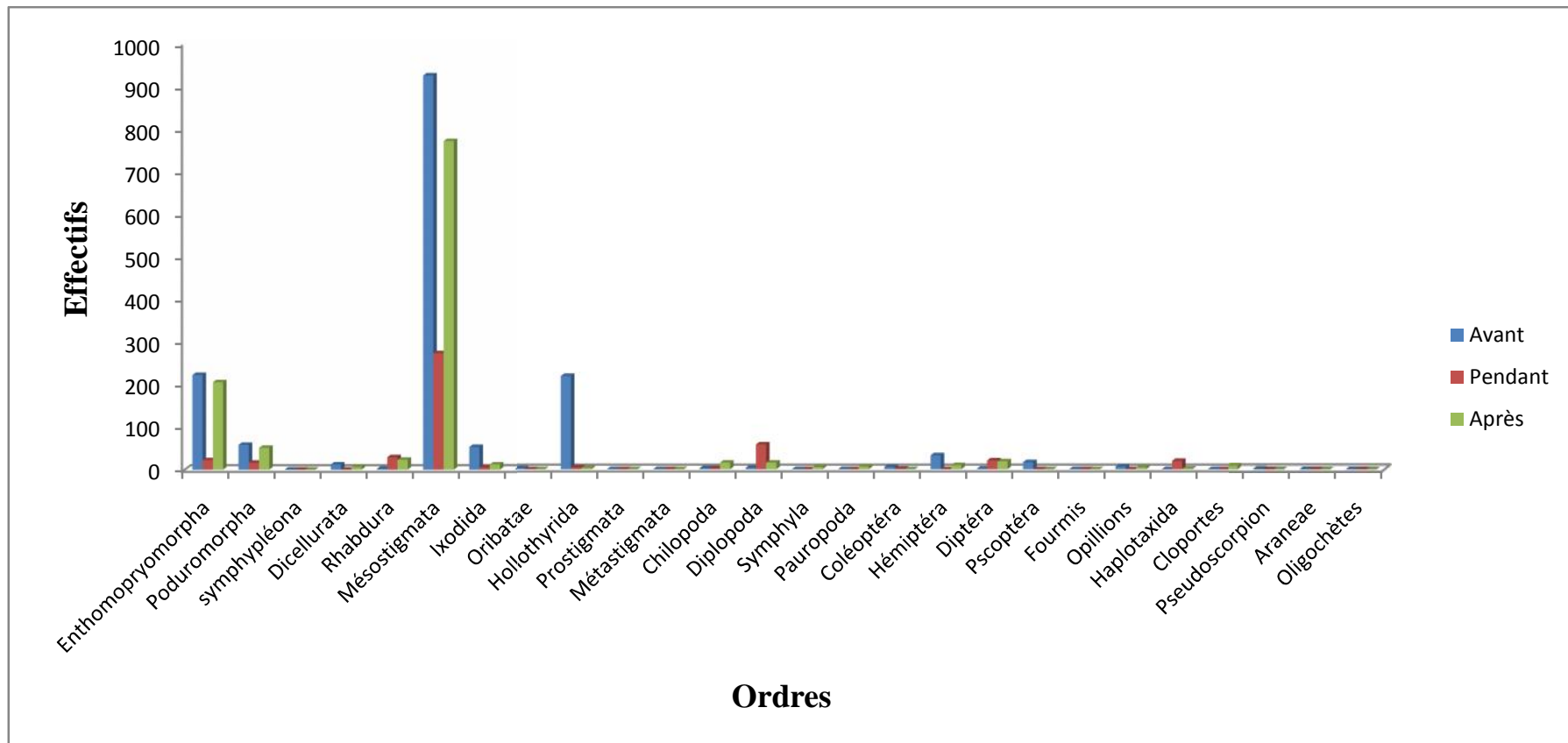


Figure 17: L'ensemble des ordres inventoriés dans la parcelle du vignoble de Dellys avant, pendant et après traitement par les pesticides.

Dans l'ensemble des échantillons étudiés, nous avons obtenu des abondances variables pour chaque ordre, le plus dominant c'est l'ordre de Mésostigmata avec 1055 individus dans la région de Baghlia et 925 dans la région de Dellys. Cet ordre représente l'une des formes parasitaires des Acariens. Néanmoins, il diminue durant la période de traitement par les pesticides comme les autres.

I.4. Abondance relative

Les figures suivantes représentent l'abondance relative des individus recensés dans la région de Baghlia et Dellys pendant trois périodes (avant, pendant et après) traitement par les pesticides.

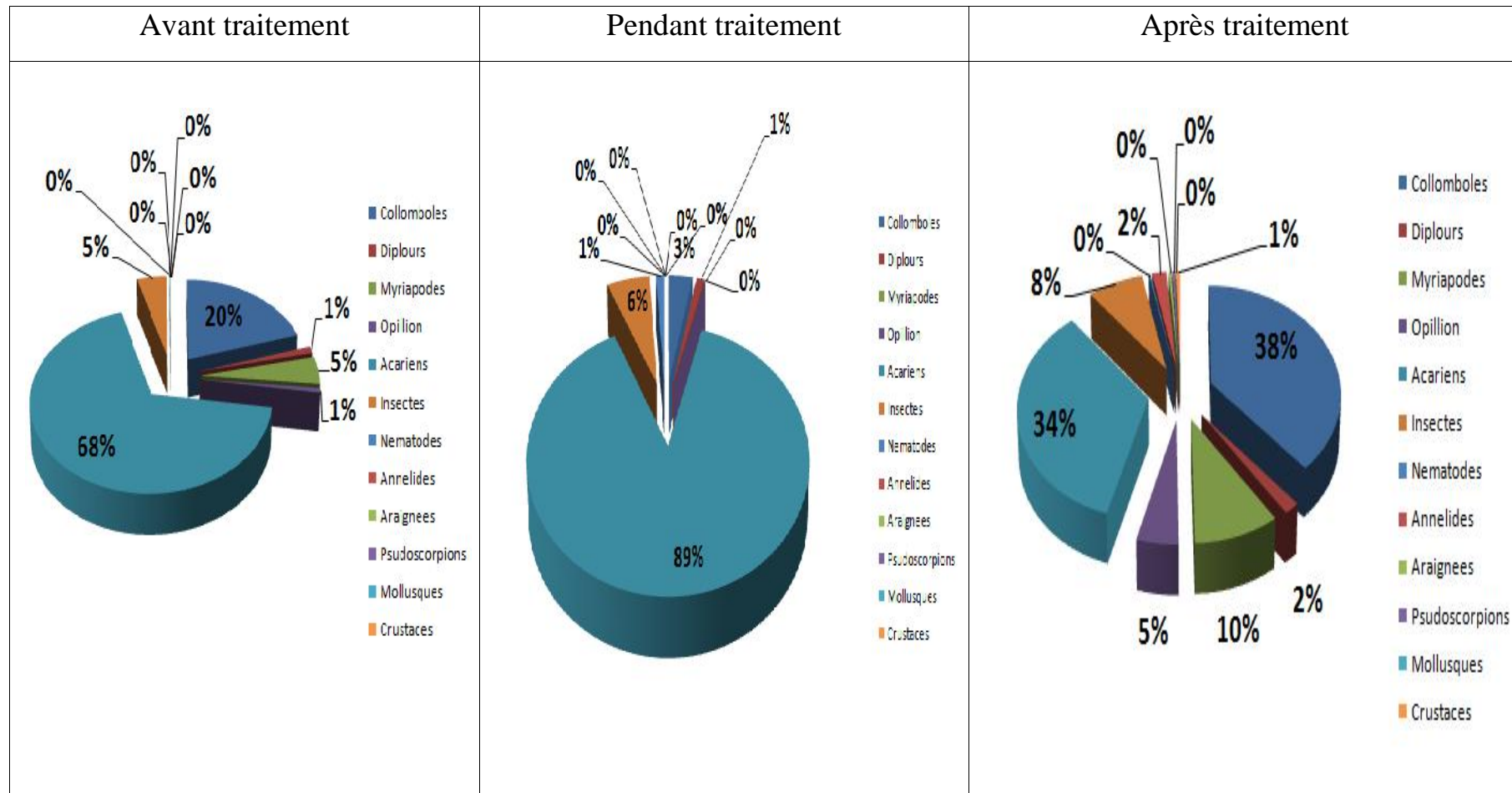


Figure 18: Abondance relative des individus recensés durant les trois périodes de traitement (avant, pendant et après) dans la région de Baghlia.

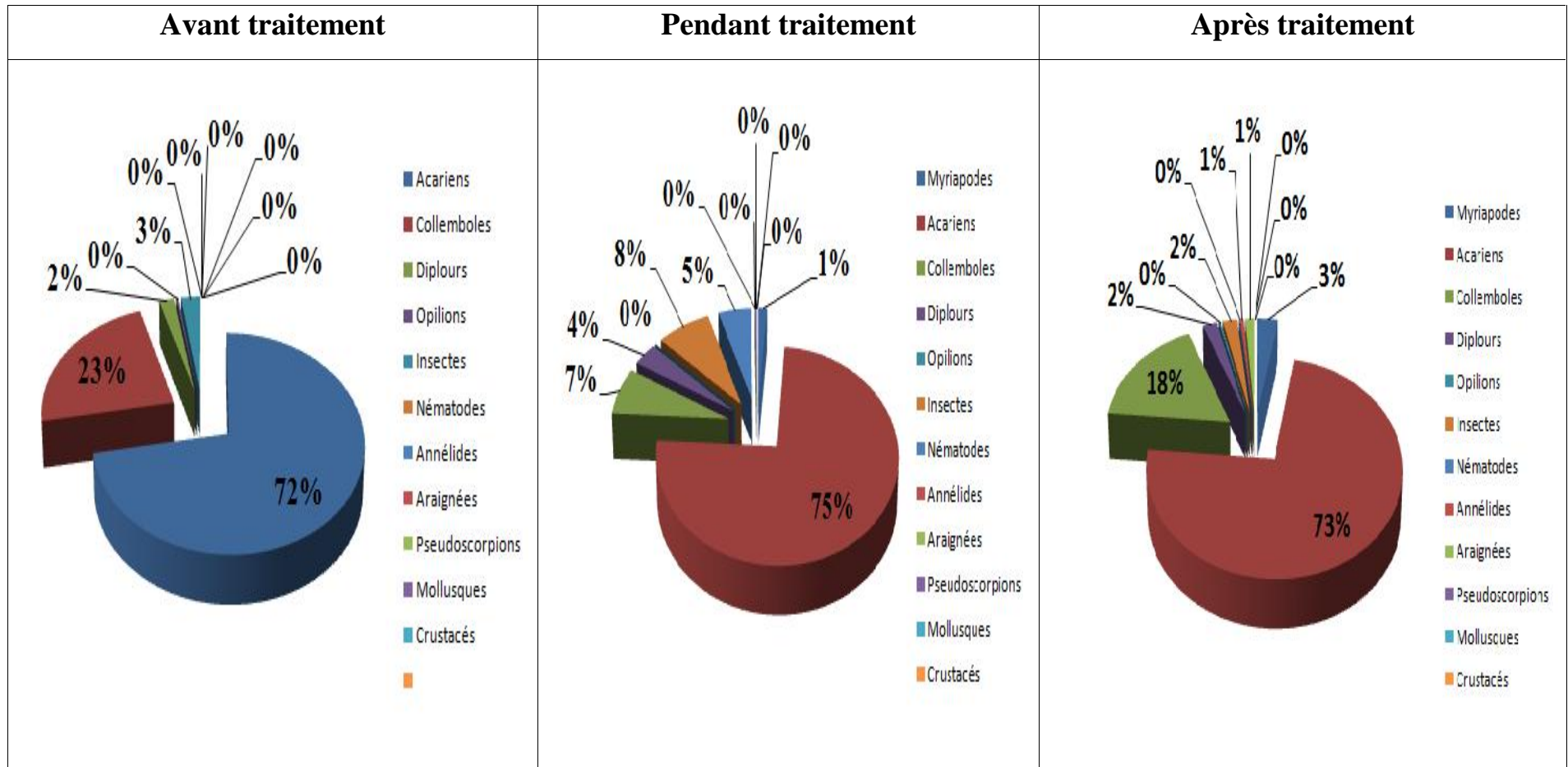


Figure 19: Abondance relative des individus recensés durant les trois périodes de traitement (avant, pendant et après) dans la région de Dellys.

D'après les figures 18 et 19; le sol de Baghlia et Dellys regroupe les Acariens comme groupe le plus abondant durant les trois périodes de traitement (avant, pendant et après) avec des taux 68 , 89 et 34 respectivement, suivie par les collemboles avec des taux 20 , 6 et 38 .

Pour la région de Dellys les taux sont de l'ordre 72 ,75 et 73 respectivement, suivie par les collemboles avec des taux 23 ,7 et 18 .

Nous constatons que les Insectes, les Myriapodes, les Diplours, les Nématodes, les Opilions, les Crustacés, les Annélides, Les Araignées et les Pseudoscorpions présentent des taux faible dans les deux régions.

I.5. Indice de Shannon-Weaver (H') et l'Equitabilité (E)

Nous avons opté pour le calcul de l'indice de diversité de Shannon-Weaver afin de mettre en évidence la diversité des taxons de chaque période dans les deux parcelles. Cet indice est accompagné par l'indice de l'équitabilité (figures 18 et 19, annexe 1).

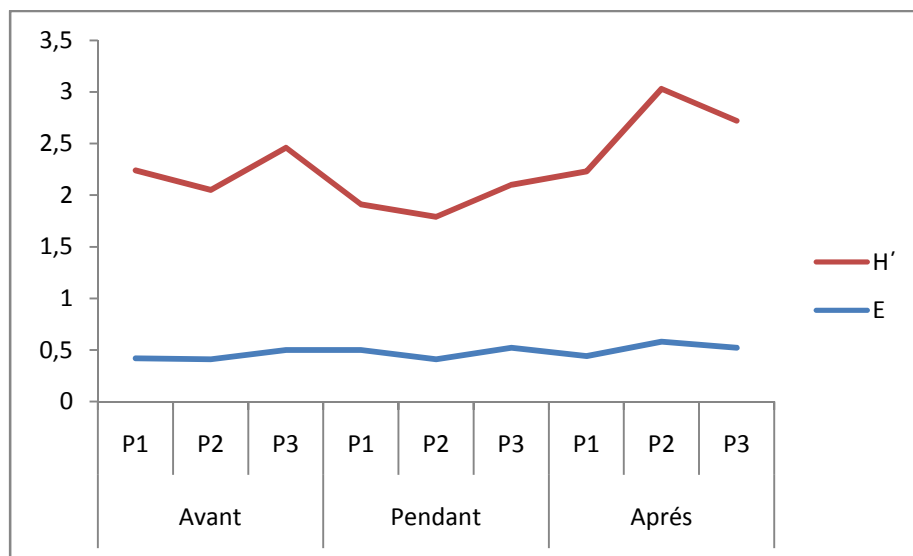


Figure 20 : Indice de Shannon-Weaver (H') et l'Equitabilité (E) pour parcelle de Baghlia en fonction des profondeurs.

Selon la figure 18, nous remarquons qu'au niveau de la parcelle de Baghlia, les valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon H' sont enregistrées avant et après traitement par les pesticides avec 1,96 et 2,20 respectivement dénotant une diversité importante. Cependant, lors du traitement par les pesticides, nous remarquons une diminution des valeurs de l'indice H' jusqu'à une valeur de 1,38. Cette diminution fait suite à l'application des produits phytosanitaires et leurs effets sur la diversité. Nous remarquons également une relation entre

cet indice et les profondeurs du sol, en effet, ce dernier augmente avec la profondeur, ceci indique que les couches profondes abritent plus d'espèces que les couches superficielles directement exposées aux pesticides.

Selon la figure 18 ; l'équitabilité est inférieure à 1 avec un maximum de 0,50 et 0,58 avant et après traitement par les pesticides respectivement, cet indice est moins important durant la période de traitement par les pesticides avec une valeur de 0,41.

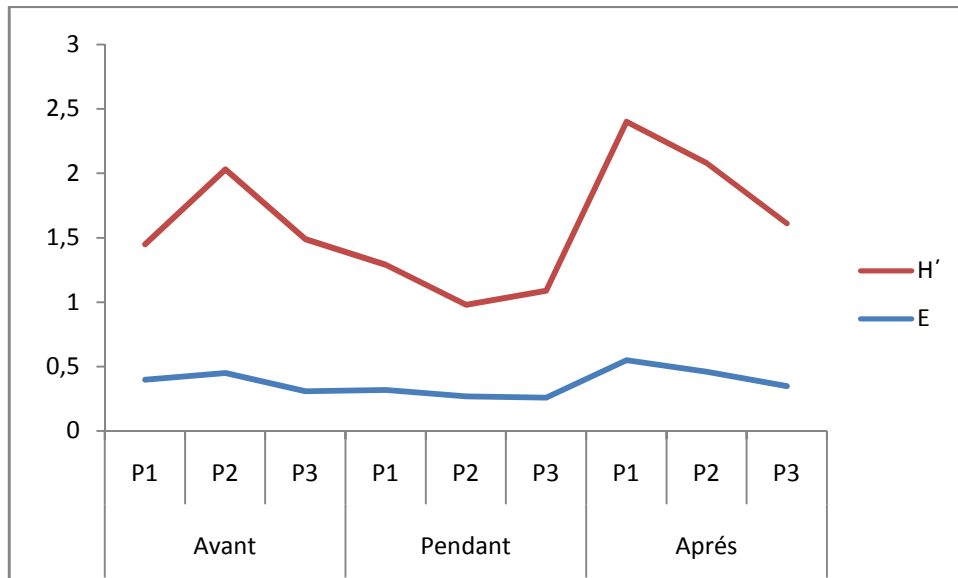


Figure 21: Indice de Shannon-Weaver (H') et l'Équitabilité (E) de la parcelle de Dellys en fonction des profondeurs.

Selon la figure 19, au niveau de la parcelle de Dellys, les valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon H' sont enregistrées avant et après traitement par les pesticides avec des valeurs de 1,58 et 1,85. Ces valeurs ont diminué jusqu'à 1,38 durant la période de traitement, nous remarquons que les valeurs sont proches ; néanmoins, avec une diminution légère durant la période après traitement par les pesticides.

L'indice de l'Équitabilité (E) est inférieure à 1 avec des valeurs maximales de 0,45 et 0,55 avant et après traitement par les pesticides respectivement. Cet indice est moins important durant la période de traitement par les pesticides avec une valeur de 0,41, un faible nombre de taxons.

I.6. Analyse de la variance (ANOVA à un seul facteur)

L'analyse de la variance (annexe 2) pour la variable abondance d'individus de chaque ordre pendant les trois périodes avant, pendant et après traitement par les pesticides a donné les résultats représentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 7 : Résultats du test d'ANOVA à un seul facteur (période) pour la région de Baghlia.

Effet	SC	Degr .de liberté	MC	F	P
Ord .origine	97768 ,07	1	97768,07	7,595111	0,017410
Période	128044 ,9	2	64022,07	4,973585	0,026719
Erreur	154470 ,0	12	12872,50		

Tableau 8 : Résultats du test d'ANOVA à un seul facteur (période) pour la région de Dellys.

Effet	SC	Degr .de liberté	MC	F	P
Ord .origine	21432 ,60	1	21432,60	5,920444	0,031548
Période	39101,20	2	19555,60	5,400569	0,021249
Erreur	43441,20	12	3620 ,10		

Les résultats de l'analyse de variance ont montré que les pesticides ont eu un effet significatif sur le nombre d'individus de la faune du sol ($P=0,02$ au seuil de 5 %) dans les deux parcelles Baghlia et Dellys.

Tableau 9 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS (Baghlia)

Cellule	Périodes	Var 2 Moyenne	1	2
2	T2	6,8000	****	
3	T3	24,4000	****	
1	T1	211,0000		****

Tableau 10 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS (Dellys)

Cellule	Périodes	Var 2 Moyenne	1	2
2	T2	1,0000	****	
3	T3	2,40000	****	
1	T1	110,0000		****

Les tableaux 9 et 10 représentent les résultats obtenus par le test de Newman et Keuls. Il a classé les différentes périodes du traitement en 2 groupes homogènes. La période T1 (avant le traitement) est classée dans le groupe '2' avec des effectifs plus importants par rapport aux autres périodes T2 et T3 (pendant et après traitement) classées compte à elles, dans le même groupe '1', cette classification peut être due à l'application des produits phytosanitaires qui ont conduit à une diminution significative des effectifs de la faune du sol.

II. Discussion

L'utilisation des pesticides contribue à la réduction de la vie dans les sols. Cette recherche nous a permis de mettre en évidence l'effet des pesticides sur la pédofaune vu son importance dans l'écosystème.

La vigne abrite une pédofaune diversifiées. C'est une monoculture pérenne et elle constitue un terrain idéal pour les habitants du sol et de l'air (Schreck , 2008).

Dans la region de Boumerdès, la majorité des agriculteurs (95%) utilisent régulièrement les pesticides pour protéger leur vignoble (Lakrouf, 2017).

Nos sols sont caractérisés par la quasi absence de la macrofaune (vers de terre, cloportes, escargots) et la dominance des acariens. L'utilisation des pesticides contribuent ainsi à la réduction de la vie dans les sols et peuvent éliminer jusqu'à 90% de la macrofaune, les prédateurs à biomasse élevée se trouve alors remplacés par les acariens (Gountan, 2013). Ceci explique également la réduction de l'abondance de certains groupes faunistiques notamment les prédateurs tel que les insectes, les araignées, les opilions et les pseudoscorpions. Ces dernier jouent un role important dans le réseau alimentaire.

Certains fongicides peuvent induire des modifications de comportement chez les vers de terre, avec des différences selon les espèces et le stade biologique (Christensen & Mather, 2004). Les modifications de comportement, mesurées par l'abondance de vers retrouvés à différentes profondeurs de sol, traduisent des réactions de fuite des parcelles traitées en réponse à l'exposition aux pesticides.

Nos résultats sont en parfait accord avec la synthèse de Holland (2004) ; les suivis réalisés sur des surfaces arables ont montré une richesse et une abondance supérieures dans les systèmes biologiques que dans les systèmes conventionnels. En effet, des études ont relevé une abondance des populations d'insectes, arachnides, annélides et nématodes, plus élevée dans les systèmes biologiques que dans les systèmes conventionnels. Peu de différences liées au système de culture ont été constatées pour les collemboles. Quant aux populations

d'isopodes et myriapodes, elles sont souvent considérées comme les organismes du sol les plus sensibles (avec les gastéropodes) aux altérations associées aux cultures et ils sont généralement rares dans les milieux agricoles. Ceci expliquerait l'absence d'information sur les impacts possibles des pesticides sur ces organismes sur le terrain.

Le processus de recolonisation des sites traités, qui conditionne le risque d'effet à long terme des pesticides sur les invertébrés, a été abordé dans quelques études dédiées, soit en relation avec les éléments du paysage, soit en relation avec une dynamique de réduction des apports de pesticides au cours du temps. Nous avons néanmoins, remarqué dans cette étude une recolonisation de la faune du sol des deux vignobles durant la période après traitement, avec des effectifs plus importants. L'impact des apports phytosanitaires à long terme est donc susceptible de varier selon la taille des parcelles et la présence de végétation en bordure de champs, qui conditionnent la possibilité de recolonisation (Basedow, 1998).

L'exposition des organismes du sol est inévitable dans les parcelles cultivées soumises à des traitements phytosanitaires. Néanmoins, tous ne sont pas exposés aux mêmes doses de substances actives, la distribution de celles-ci n'étant pas homogène dans la profondeur du sol, et leur biodisponibilité n'étant pas nécessairement identique pour tous les organismes. Sur ce dernier point, le statut écotoxicologique des résidus liés doit être discuté sur le long terme.

Il y a un retour du terrain très limité en ce qui concerne l'évolution des communautés d'organismes du sol ces dernières années, même si un déclin est, en général, évoqué depuis que les pesticides sont utilisés de façon intensive.

Il existe également une relation entre les caractéristiques physiques et chimiques des sols et le comportement des pesticides utilisés sur la vigne. Ainsi, Vig et *al.* (2001) ont étudié les effets de l'utilisation répétée des pesticides sur les propriétés des sols. Les résultats ont montré, 21 jours après la première application, une réduction des taux de matière organique, de la capacité d'échange cationique, de l'azote assimilable et du phosphore assimilable, mais des valeurs de pH inchangées.

Pareillement, les caractéristiques physiques et chimiques du sol déterminent le devenir des pesticides dans ce dernier. En effet, Clavet et *al.* (2005), ont montré que les fractions de matière organique et d'argile sont les constituants principaux qui affectent le comportement des pesticides. Les pesticides carboniques sont mieux absorbés par les sols riches en minéraux argileux et les sols faibles en particules sableuses.

Conclusion

Conclusion

La problématique de l'impact des pesticides sur la faune du sol a été abordée dans cette étude. L'objectif global était de déterminer, en milieu réel et à court terme, l'impact des résidus de pesticides sur la biologie des sols en zone viticole.

D'après les résultats obtenus au cours de notre travail, nous pouvons conclure que l'effet des pesticides se traduit par une réduction de l'effectif des individus de la pédofaune.

Dans la parcelle de Baghlia, sur un total de 3354 individus appartenant à différents groupes faunistiques (Insectes, Collemboles, Myriapodes, Crustacés, Annélides, Acariens, Diplours, Araignées, Opilions, Mollusques, Nématodes), répartis en 27 ordres, sont recensés avant le traitement par les pesticides. Ils semblent être affectés avec une diminution confirmée durant la période de traitement par les pesticides pour atteindre un effectif de 277 individus.

Une recolonisation importante de la faune durant la période après traitement par les pesticides est constaté avec un effectif de 513 individus dans la même région.

Dans la parcelle de Dellys, un effectif de 2294 individus est recensé avant traitement par les pesticides et 385 individus sont dénombrés durant la période de traitement par les pesticides, ce qui montre l'effet négatif de ces derniers.

Une augmentation importante des effectifs de la faune durant la période après traitement par les pesticides est observée avec un effectif de 1602 individus.

La structure et la diversité de la faune recensée dans les deux régions d'étude semblent être affectées. Ceci est dû à la dominance du groupe des Acariens dans les deux parcelles des vignobles, en raison de l'absence de la macrofaune.

Dellys et Beghlia présentent une forte teneur en argiles, ce qui laisse prédire que dans ces endroits, les pesticides seront beaucoup plus adsorbés et complexés par conséquent nous pouvons assister à une importante accumulation.

L'étude s'est limitée à l'évaluation de l'impact des résidus sur uniquement la faune du sol. Afin de permettre une meilleure connaissance de l'impact des pesticides sur la biologie du sol, les paramètres microbiologiques doivent être pris en compte pour la suite des activités du projet. On devrait par exemple s'intéresser à l'impact des pesticides sur:

-) la diversité microbienne et les activités enzymatiques;

Conclusion

) l'activité respiratoire et la biomasse microbienne de la microfaune du sol.

Ces résultats obtenus durant cette étude ouvrent de nouvelles portes pour une recherche et un suivi plus détaillé, arriver au stade de l'espèce afin de définir les espèces indicatrices de cette pollution.

Enfin, cette étude a concerné uniquement les effets à court terme. Dans l'objectif d'une agriculture productive, durable et soucieuse de l'environnement, des études à long terme de l'impact des pesticides sur la biologie des sols doivent être réalisées et la recherche des alternatives pour de nouvelles pratiques et des voies de remédiation pour les sols déjà pollués.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. AFSSET, 2010. Portail des bases de données des propriétés des pesticides. Rapport scientifique, édition scientifique, 68p. Disponible sur: http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/upload/bibliotheque/741344397813583452993824825587/bdd_proprietes_pesticides_2010.pdf
2. Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P.H., Savary S., Voltz M., 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Edition Quae. P : 14-15.
3. Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P.H., Savary S., Voltz M., 2011. Pesticides, agriculture et environnement. Edition Quae. p 33-35.
4. Anonyme., 2019. Etat des lieux des résidus de pesticides dans les fruits et légumes. <https://www.generations-futures.fr/wp-content/uploads/2019/06/residus-2019-v6-bd.pdf>.
5. Bachelier G., 1963. La vie animale dans les sols. Ed .O.R.S.T.O.M, Paris, France. 279 p.
6. Basedow T., 1998. The species composition and frequency of spiders (Araneae) in fields of winter wheat grown under different conditions in Germany. Journal of Applied Entomology 122 : 585–590.
7. Belkhef K ., Abdous S.A., 2019. caractéristiques physiques et chimiques des sols sous vigne traités par fongicides. Mémoire de Master en science agronomiques. Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou. 43p.
8. Bonetti M., Fritsch J., Godet L., Grenet L., Perrin C., Perry M., Rosin L., Schaub B., Sueur M., Silvent C., 2016. Caractérisation de la biodiversité du sol. Projet professionnel .Université Lorraine. 81p.
9. Byung-Youl O., 2001. "Pesticide Chemistry and Biochemistry", FAO/IAEA Training and Reference Centre for Food and Pesticide Control, Director of Pesticide Division, NIAST, RDA, Suweon : 441-707.
10. Bispo A ., Bougon N., Eglin T., Gascuel C., Gelin S., Jaillard B., Ranjard L., Schnebelen N., 2018. De la connaissance de la biologie des sols et de ses fonctions, à son pilotage. INRA. 108p.
11. Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M.P., Coquet Y., 2005. Les pesticides dans le sol: Conséquences agronomiques et environnementales. Editions France agricole, 637p.

Références bibliographiques

12. Calvet R., 2013. Le sol. 2^{ème} édition. Ed. [La France agricole](#), 678p.
13. Christensen O.M., Mather J.G., 2004. Pesticide-induced surface migration by lumbricid earthworms in grassland: life-stage and species differences. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 57 : 89–99.
14. Clé de détermination de la faune du sol SVT Lyon : <https://www2.ac-lyon.fr> > [Accueil du site](#) > [Ressources scientifiques](#) > [Biologie](#)
15. Cruz J.M., 2015. Etude de la contamination par les pesticides des milieux eau, air et sol : développement de nouveaux outils et application à l'estuaire de la Gironde. Thèse de doctorat. Université Bordeaux. 485 p.
16. Deprince A., 2003. La faune du sol diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Courrier de l'environnement de INRA* 49: 123-138.
17. DSA., 2017. Direction des services agricoles de la wilaya de Boumèrdes.
18. El bakouri H., 2006. Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par utilisation des substances organiques naturelles (S.N.O). Thèse de Doctorat. Université Mohammed V-Agdal, Rabat, 108p.
19. El Fadil I., 2016. Etude de l'adsorption des pesticides sur les sols agricoles marocain – région Loukous-cas de l'Imazalil et Thiabendazole. Thèse de doctorat. Université Rabat. 129 p.
20. FAO., 2003. International Code of conduct on the Distribution and Use of Pesticides (revised version), Food and Agricultural Organization, Rome.
21. Girard M.C., Schwartz C., Jabiol B., 2011. Etude des sols. Description, cartographie, utilisation. Edition Dunod (Paris, France), 404 p.
22. Gountan A ., 2013. Effet des pesticides et de différents types de matière organique sur la macrofaune et la microfaune d'un sous sol culture pluviale de tomate. Mémoire de master en science du sol. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (U.P.B), 77p.
23. Heimbach F., 1997. Field tests on the side effects of pesticides on earthworms: Influence of plot size and cultivation practices. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 671-676.
24. Holland P., 2004. Glossary of terms relating to pesticides. *Pure Appl. Chem.* 78: 2075–2154.

Références bibliographiques

25. Lakrouf F., 2017. Enquête sur l'utilisation des pesticides sur la vigne dans la willaya de Boumerdès (commune de Baghlia et Sidi Daoud). Mémoire de Master en science agronomiques. Université M'hamed bougara de Boumerdès.45p.
26. Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P., Rossi J-P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42: S3-S15.
27. Mader P., Peng S., Fliessbach A., 2002. Effets des produits phytosanitaires sur les microorganismes du sol. *VB/J-Bulletin*, 6 : 6-7.
28. Mahant T., Deleu R., Rasquin B., Schiffers B., 2001. Comparaison de la toxicité directe et des effets sublétaux de 4 pesticides à l'égard de différents stades de développement d'*Adalia bipunctata* (Coleoptera ; Coccinellidae) Actes du 30ème congrès du groupe français des pesticides, 183-189.
29. Miquel G., 2003. La qualité de l'eau et de l'assainissement en France
<http://www.senat.fr/rap/102-215-2/102-215-21.pdf>
30. Paris-Palacios S., Biaganti-Risbourg S., Vernet G., 2001. Perturbations hépatiques induites par la procymidone chez le gardon : approches biochimique et structurale" Actes du 30ème congrès du groupe français des pesticides : 167-174.
31. Pye B., 2010. Contribution de la faune du sol au fonctionnement et à l'évolution des Technosols. Thèse de doctorat, université de Lorraine. 226p.
32. Ramade F., 1984. *Eléments d'Ecologie: Ecologie fondamentale*. Me Graw-Hill, 397 p.
33. Ramade F., 2012. *Elément d'écologie (écologie appliquée : Action de l'homme sur la biosphère)*.Edition Dunod, 824p.
34. Roche H., Buet A., Jonot A., Ramade F., 2000.Organochlorine residues in european eel (*Anguilla anguilla*), crusian carp (*Carassius carssius*), and catfish (*Ictalurus nebolosus*) from Vaccares lagoon (Frensh National Reserve of Camargue)- Effects on some physiological parameters" *Aquatic Toxicology*, 48: 443-449.
35. Salah A., 2012.Gestion des risques environnementaux des produits phytosanitaires liés à la variabilité des sols. Application sur des systèmes de la production des bassins de l'étang d'Or. Master of science Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier.83p.
36. Schreck E., 2008. Influence des modes d'entretien de sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration- Impacts sur les lombriciens .Thèse de doctorat. Université de Toulouse III. 301p.

Références bibliographiques

37. Tomlin C., 2006. The e-pesticide manual. Edition British Crop Protection Council. 351p.
38. Vig K., Singh D.K., Agarwal H.C., Dhawan A.K., Dureja P., 2001. Effect of repeated pesticide applications on soil properties in cotton fields: II. Insecticide residues and impact on dehydrogenase and arginine deaminase activities. In: "Impact of long term pesticides usage on meeting ., 24-28 May 1999: 119-128.

Tableau 1 : Indice de Shannon-Weaver (H') et l'Équitabilité (E) de la parcelle de Baghlia

Avant traitement		Pendant traitement		Après traitement	
N_1	$H'=1,05$	N_1	$H'=0,97$	N_1	$H'=1,85$
	$E=0,40$		$E=0,32$		$E=0,55$
N_2	$H'=1,58$	N_2	$H'=0,71$	N_2	$H'=1,62$
	$E=0,45$		$E=0,27$		$E=0,46$
N_3	$H'=1,18$	N_3	$H'=0,83$	N_3	$H'=1,26$
	$E=0,31$		$E=0,26$		$E=0,35$

Tableau 2 : Indice de Shannon-Weaver (H') et l'Équitabilité (E) de la parcelle de Dylles.

Avant traitement		Pendant traitement		Après traitement	
N_1	$H'=1,82$	N_1	$H'=1,41$	N_1	$H'=1,79$
	$E=0,42$		$E=0,50$		$E=0,44$
N_2	$H'=1,64$	N_2	$H'=1,38$	N_2	$H'=2,45$
	$E=0,41$		$E=0,41$		$E=0,58$
N_3	$H'=1,96$	N_3	$H'=1,58$	N_3	$H'=2,20$
	$E=0,50$		$E=0,52$		$E=0,52$

Tableau 1 : Résultats des test d'ANOVA a un seul facteur (Baghlia)

Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	97768,1	1	97768,07	7,595111	0,017410
période	128044,9	2	64022,47	4,973585	0,026719
Erreur	154470,0	12	12872,50		

Tableau 2 : Résultats de test du NEWMAN et KEULS (Baghlia)

Cellule N°	periodes	Var2 Moyenne	1	2
2	T2	6,8000	****	
3	T3	24,4000	****	
1	T1	211,0000		****

Tableau 3 : Résultats des test d'ANOVA a un seul facteur (Dylles)

Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	21432,60	1	21432,60	5,920444	0,031548
période	39101,20	2	19550,60	5,400569	0,021249
Erreur	43441,20	12	3620,10		

Tableau 4 : Résultats de test du NEWMAN et KEULS (Dylles)

Cellule N°	periodes	Var2 Moyenne	1	2
2	T2	1,0000	****	
3	T3	2,4000	****	
1	T1	110,0000		****

Résumé

Le présent travail concerne l'étude des effets des pesticides sur la pédofaune de deux terrains viticoles ; Baghlia et Dellys dans la wilaya de Boumerdès. Pour cela nous avons procédé à des prélèvements durant trois périodes avant, pendant et après traitement par les pesticides dans les parcelles de vignobles.

A la lumière des résultats obtenus, nous avons inventorié 27 et 22 ordres dans les régions de Baghlia et Dellys respectivement. Un total de 3354 individus est dénombré avant traitement par les pesticides dans la parcelle de Baghlia, suivi par une forte diminution d'effectifs pendant l'application des pesticides avec un total de 277. Ensuite, une recolonisation d'individus a été observée après traitement par les pesticides, dont le total est estimé à 513. La faune recensée et identifiée dans la région de Dellys avant, pendant et après traitement par les pesticides est de l'ordre de 2294, 385 et 1602 individus respectivement.

Mot clé : pesticides, pollution du sol, faune, vignoble.

Abstract

The present work concerns pesticides effects on the pedofaune of two vineyards lands Baghlia and Dellys city of Boumerdes. For this, we proceed to process three samples on three periods After, before and during pesticides treatment in the parcel of vineyard.

As a result obtained, we found 27 and 22 orders in the city of Baghlia and Dellys. Total of 3345 individuals counted before the application and it goes down to 277 with application. Then after the application individual recolonization goes up to 513 total. The fauna reviewed and identified in the city of Dellys before, after and with pesticides treatment approximately 2294, 385 and 1602.

Keys words : pesticides, soil pollution, fauna, vineyard.